

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ELÉTRICO DOS MICROCOMPUTADORES NA OCORRÊNCIA DE DISTÚRBIOS DOS PARÂMETROS ELÉTRICOS

ANALYSIS OF THE ELECTRICAL BEHAVIOR OF MICROCOMPUTERS IN THE OCCURRENCE OF ELECTRICAL PARAMETERS DISTURBANCES

Flávio Henrique Cerqueira Soares ¹

¹ Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário Nobre, Feira de Santana, Bahia, Brasil. cross.assistencia@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho analisa a correlação entre a variação de parâmetros elétricos e o funcionamento de microcomputadores a partir de uma pesquisa de revisão de literatura. Buscou-se elencar os principais distúrbios elétricos capazes de alterar o funcionamento ou impactar o tempo de vida útil dos equipamentos, listando causas e consequências do fornecimento de energia elétrica de má qualidade ou fora dos parâmetros exigidos por esses equipamentos para o seu pleno funcionamento. Constatou-se uma lacuna significativa nos estudos sobre o tema, assim como a necessidade de realização de testes, especialmente no que concerne à distúrbios de curta duração. Os microcomputadores sofrem uma série de vícios de funcionamento e deterioração de hardware em função da má qualidade de energia, apesar do desenvolvimento tecnológico e da grande utilização destes dispositivos em todos os setores da vida moderna.

Palavras-chave: *Qualidade da Energia Elétrica, Microcomputadores, Variação, Parâmetros, Energia.*

ABSTRACT

This work analyzes the correlation between the variation of electrical parameters and the functioning of microcomputers from literature review research. We sought to list the main electrical disturbances capable of altering the operation or impacting the useful life of the equipment, listing causes and consequences of the supply of electrical energy of poor quality or outside the parameters required by these equipment for their full operation. There was a significant gap in studies on the subject, as well as the need for tests, especially with regard to short-term disorders. Microcomputers suffer from a series of malfunctions and hardware deterioration due to poor power quality, despite technological development and the widespread use of these devices in all sectors of modern life.

Key-words: *Electric Power Quality, Microcomputers, Variation, Parameters, Energy.*

INTRODUÇÃO

Após horas de testes em equipamentos que apresentaram parada ou mau funcionamento, muitas vezes o profissional de manutenção de computadores informa aos usuários que não há qualquer irregularidade física e a suspeita recai sobre a qualidade do suprimento de energia elétrica ofertado pela concessionária local.

Os sistemas digitais, em geral, são intensamente sensíveis no que se refere à qualidade da energia elétrica. Picos de tensão e irregularidades diversas no suprimento de energia podem afetar a integridade das máquinas, provocando falhas ou mesmo a perda de computadores.

A relação existente entre distúrbios da rede elétrica, principalmente quando se trata de distúrbios de curta duração, e suas consequências sobre o funcionamento de computadores não está bem sistematizada na literatura e, em geral, o conhecimento se apoia na experiência prática de profissionais que trabalham no setor de manutenção dessas máquinas.

Um dos trabalhos mais bem desenvolvidos sobre o tema foi realizado em 1987 e continua sendo uma das maiores referências sobre o assunto. Isso demonstra que, apesar de os computadores serem um dos equipamentos mais utilizados na atualidade, responsáveis por controlar o processo de produção em fábricas, organizar estoques em empresas, sistematizar a operação em lojas, fornecer estrutura para realização de atividades de ensino e estar disponível na residência de milhares de pessoas em todo o Brasil, os estudos que demonstram a relação entre qualidade de energia e o mau funcionamento e perda de equipamentos não tem sido objeto de estudos suficientes.

Por isso, este trabalho buscou analisar, teoricamente, as possíveis consequências do comportamento elétrico de computadores frente à ocorrência de variação dos parâmetros elétricos.

A partir da análise dessas variáveis é possível refletir de forma mais aprofundada nas soluções que podem reduzir o impacto dessas variações na energia elétrica, analisando entre os equipamentos existentes, aqueles que sejam mais adequados e

eficientes.

A organização do artigo está estruturada do seguinte modo: no segundo capítulo apresentam-se as referências que estruturam os parâmetros passíveis de causarem problemas em microcomputadores. O terceiro capítulo apresenta a metodologia do trabalho, incluindo as fontes de pesquisa. No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos na pesquisa sobre o tema, considerando outros trabalhos desenvolvidos sobre o assunto. Por fim, no quinto capítulo apresenta-se a conclusão.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Qualidade da energia e variação dos parâmetros elétricos

A Qualidade da Energia Elétrica (QEE) expressa as mais variadas características da energia elétrica que é entregue pelas concessionárias aos consumidores e entre as possíveis definições que abrangem o conceito está a que aponta que se trata de uma medida do quão bem essa energia pode ser utilizada pelos consumidores (DECKMANN; POMILIO, 2017).

Considerando que o conceito de boa qualidade de energia se relaciona diretamente ao funcionamento adequado e sem falhas das cargas elétricas que existem em um sistema e que demanda tensões e frequências dentro de valores nominais, sem que haja oscilações ou perturbações de qualquer natureza, na Figura 1 é demonstrado esse conceito, onde a fonte G fornece uma tensão que, ao ser interligada a uma carga elétrica, faz circular uma corrente (PADILLA, 2008).

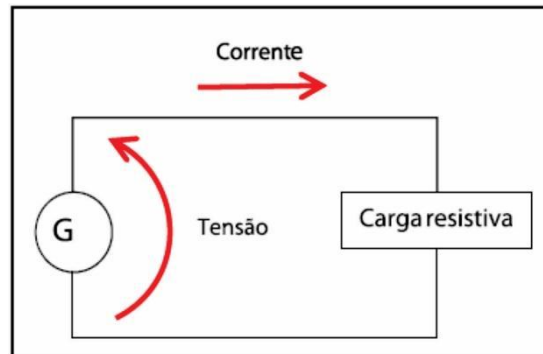


Figura 1- Exemplo do conceito de qualidade de energia elétrica. Fonte: Padilla (2008).

Essa medida de qualidade inclui características relacionadas à continuidade no suprimento de energia e também à conformidade no que concerne à parâmetros considerados desejáveis para que ocorra a operação segura do sistema e das cargas elétricas (DECKMANN; POMILIO, 2017).

Entre os parâmetros a serem considerados para avaliação da qualidade da energia podem ser citados: a) as distorções; b) as flutuações de tensão; c) as variações de tensão de curta duração; d) o desequilíbrio dos sistemas trifásicos e; e) os transitórios rápidos (SILVA, 2008).

O aumento de cargas de natureza não-linear, entre os quais se incluem os sistemas microprocessados, provoca o aumento de ocorrência de distúrbios nos sistemas de distribuição e, conseqüentemente, a perda de qualidade de energia elétrica (ARRILLAGA *et al.*, 2000).

Assim, os distúrbios relacionados à qualidade de energia vão se manifestar como deformidades na forma da onda da tensão e corrente, sendo que essas deformidades identificadas nos sistemas elétricos de potência afetam significativamente as atividades, causando interrupção da produção, baixa velocidade nas redes de computadores, queima de equipamentos, etc.

Nesse contexto, os distúrbios de QEE podem durar desde 50ns, em transitórios impulsivos, até vários minutos, em afundamentos e, desse modo, o monitoramento da qualidade de energia considerando os distúrbios, inclusive classificando-os, é uma atividade fundamental para localizar e identificar as fontes geradoras (FERREIRA, 2010).

Essa preocupação com a QEE faz parte de uma mudança de paradigma do setor

elétrico que inclui um papel ativo das agências reguladoras no monitoramento das informações sobre as condições de operação e dos detalhes relacionados a eventos ocorridos e, também, do próprio mercado, tendo em vista que o consumidor busca adquirir energia de qualidade ao menor custo possível (SILVA, 2008).

Tendo em vista que na atualidade a eletricidade é compreendida como bem comum, sendo essencial ao funcionamento de todas as áreas sociais, é de fundamental relevância tratar deste recurso de forma a garantir que o mesmo seja utilizado nos diversos setores e atividades humanas sem que haja interferência em outras atividades do ponto de vista biológico ou tecnológico e garantindo, também, a compatibilidade eletromagnética (CEM) (DECKMANN; POMILIO, 2017).

A má qualidade da energia elétrica pode afetar os consumidores de diversas formas e isso inclui desde incômodos visuais que podem ser provocados pela má regulação da tensão que gera variação luminosa até a interferência em equipamentos eletrônicos causada por interrupções ou variações de frequência no fornecimento de energia, por exemplo (SILVA, 2008).

Na atualidade, cada vez mais os equipamentos eletrônicos dependem das condições de operação dos sistemas de energia elétrica e isso deve-se ao aumento da complexidade das funções requeridas através de controle de processos, sendo que possíveis interrupções podem ocasionar paralisação de atividades (SILVA, 2008; DECKMANN; POMILIO, 2017).

Além disso, a avaliação e o controle da qualidade de energia devem considerar não apenas a variedade de perturbações no sistema elétrico, mas também os efeitos que essas perturbações podem ocasionar, como, por exemplo, o sobreaquecimento de máquinas devido às harmônicas, as oscilações de potência entre as cargas e a rede durante a operação de cargas não lineares e variáveis e mesmo as interrupções de tensão causadas, em geral, por curtos-circuitos (SILVA, 2008).

A nova geração de equipamentos eletrônicos, com destaque para os microprocessados, é mais sensível aos distúrbios relacionados a fenômenos de QEE do que equipamentos similares utilizados nas décadas anteriores (SILVA, 2008).

Variação de parâmetros elétricos

São diversos os fenômenos elétricos que podem ocorrer em um sistema elétrico e quando se trata de avaliar a qualidade de energia, podem ser elencados: os fenômenos transitórios; as variações de tensão de longa e de curta duração; os fenômenos relacionados à distorção de forma da onda; as variações na frequência dos sinais do sistema de geração, além das interrupções e dos afundamentos de tensão (SILVA, 2008).

Nesse contexto, de acordo com a Resolução nº 505/2011 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que define os limites das variações dos níveis de tensão em regime permanente, classificando essas variações em adequadas, precárias e críticas, ficou estabelecido que as concessionárias devem informar aos seus consumidores quais os limites permitidos na variação do suprimento de energia.

Na Figura 2 é demonstrada, com base em diferentes formas de onda, os distúrbios comumente encontrados nos sistemas elétricos que afetam a qualidade da energia.

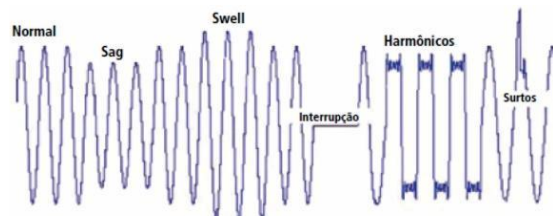


Figura 2- Distúrbios que afetam a qualidade de energia elétrica. Padilla (2008).

No rol dos fenômenos transitórios ou surtos estão os impulsos transitórios, atribuídos especialmente às descargas atmosféricas – impulsivos - e que têm o potencial de excitar as frequências naturais de um sistema elétrico de potência, causando oscilações transitórias, como se pode ver na Figura 3.

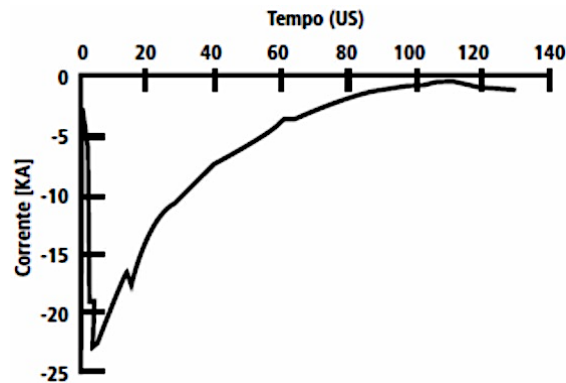


Figura 3- Corrente transitória impulsiva proveniente de descarga elétrica. Padilla (2008).

Além dos impulsos transitórios, pode-se citar, também, as oscilações transitórias causadas, em geral, pela energização de capacitores e de cabos de potência (SILVA, 2008), como pode-se ver na Figura 4.

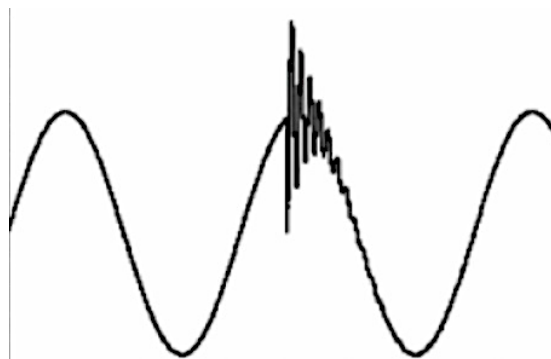


Figura 4- Exemplo de transitório oscilatório. Fonte: Padilla (2008).

Esses transitórios decorrem da energização de linhas de transmissão, assim como de corte de corrente indutiva, eliminação de faltas, chaveamento de bancos de capacitores e transformadores, entre outros.

Variação de tensão de curta duração

Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD) são definidas por desvios significativos na amplitude do valor eficaz da tensão durante um intervalo de tempo menor do que três minutos (PRODIST, 2015).

Nesse contexto podem ser citadas as interrupções (Figura 5), que podem resultar de faltas no sistema elétrico, assim como de falhas de equipamentos e até mesmo

mau funcionamento dos sistemas de controle e estas interrupções vão ocasionar desligamento ou mau funcionamento dos equipamentos eletroeletrônicos, a exemplo dos microcomputadores.

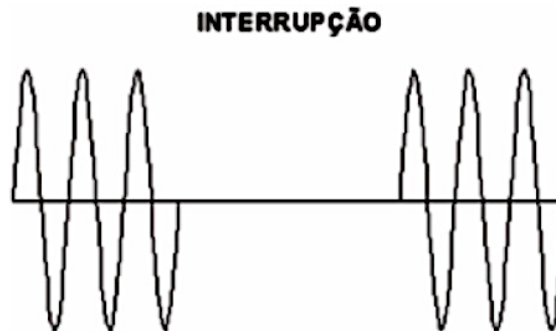


Figura 5- Exemplo de interrupção. Fonte: Padilla (2008).

As variações de tensão de curta duração podem ser definidas como alterações instantâneas (0,5 ciclo a 30 ciclos) ou momentâneas (30 ciclos a 3 s) ou temporárias (3 s a 1 min), a depender da duração do evento (RODRIGUES, 2008). No Brasil as variações de curta duração são classificadas somente em dois grupos: momentâneas (de 1 ciclo a 3 s) ou temporárias (3s a 1 min) (PRODIST, 2015).

O salto de tensão *swell* pode ser definido como um aumento da tensão ou da corrente eficaz na ordem de 1,1 até 1,8 pu¹, sendo que a duração se situa na faixa entre 0,5 ciclos até um minuto. Do mesmo modo que as sobretensões são causadas por desligamentos de grandes cargas e pela energização do banco de capacitores (SILVA, 2008; DECKMANN; POMILIO, 2017).

Na Figura 6 é demonstrado um *swell* causado por uma falta fase-terra. O fenômeno pode estar associado, também, à saída de grandes blocos de cargas ou até mesmo à energização de grandes bancos de capacitores.

¹ pu ou sistema por unidade é uma forma de expressão de grandezas elétricas em um circuito de forma normalizada, com base em valores pré-determinados.

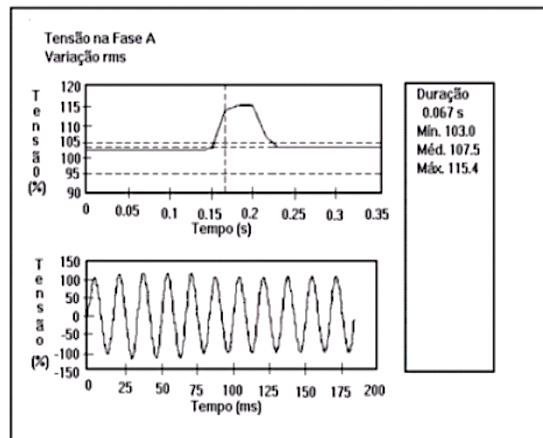


Figura 6- Exemplo de variação de tensão de curta duração. Fonte: Martinho (2011).

É importante ressaltar que essas variações de tensão são, em geral, causadas por condições de faltas, assim como de energização de grandes cargas que necessitam de altas correntes de partidas, ou ainda por perda intermitente de conexões nos cabos no sistema sendo que, a depender da condição do sistema ou da localização, a falta pode causar afundamento, elevação ou mesmo interrupção total da tensão (RODRIGUES, 2008).

Variação de tensão de longa duração

Os distúrbios com duração superior a três minutos são chamados de Variações de Tensão de Longa Duração (VTLD) (PRODIST, 2015).

As variações de tensão de longa duração podem ser definidas como desvios que ocorrem no valor eficaz da tensão, na frequência do sistema, cuja duração é superior a 1 minuto, sendo que essas variações podem caracterizar uma situação de interrupção sustentada, sobretensão ou subtensão e todas estas variações são causadas, em geral, por variações na carga e ou operações de chaveamento sobre o sistema (RODRIGUES, 2013).

Para se analisar as VTLDs, é preciso analisar os níveis de tensão da rede elétrica, com base em curvas de carregamento e geração. Além disso, podem ser utilizados fluxos de potência sequenciais para verificar os valores de magnitude de tensão a partir de curvas diárias de carga alterando os pontos de operação dos sistemas avaliados (SANTOS, 2013).

Uma vez definidas as curvas de carga e geração, é possível verificar o impacto

nos perfis de tensão ao longo de um período de tempo determinado.

Entre as variações de tensão de longa duração, a sobretensão provoca um aumento da tensão nominal em cerca de 100%, cuja duração é superior a um minuto e é provocada pelo desligamento de grandes cargas num sistema ou pela energização do banco de capacitores em caso de deficiência no controle ou regulação de tensão. Por sua vez, a subtensão é causada pela energização de grandes cargas e desligamento do banco de capacitores causando um decréscimo na tensão em torno de 90% com duração maior que um minuto (SILVA, 2008).

Queda de tensão

Uma das atribuições das companhias de energia é a oferta de tensão de qualidade aos consumidores e um dos indicadores de qualidade é caracterizado pelo limite de queda de tensão, limite este que estabelece a tensão, sendo que esta deve permanecer dentro de uma faixa apropriada (SANTOS, 2013; ARRILAGA; BOLLEN; WATSON, 2000).

Na Tabela 1 é apresentada a conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente, cujas tensões apropriadas são definidas pela ANEEL.

Tabela 1- Tensões nominais padronizadas. Fonte: Resolução N° 505, ANEEL (2001).

Tensão Nominal (TN)		Faixa de Valores Adequados das Tensões de Leitura (TL) em relação à TN (Volts)	Faixa de Valores Precários das Tensões de Leitura (TL) em relação à TN (Volts)	Faixa de Valores Críticos das Tensões de Leitura (TL) em relação à TN (Volts)
Ligação	Volts			
Trifásica	220/127	($201 \leq TL \leq 231$) ($116 \leq TL \leq 133$)	($189 \leq TL \leq 201$) ou ($203 \leq TL \leq 233$)/ ($109 \leq TL \leq 116$) ou ($133 \leq TL \leq 140$)	($TL < 189$ ou $TL > 233$)/ ($TL < 109$ ou $TL > 140$)

	380/220	$(348 \leq TL \leq 396)$ $(201 \leq TL \leq 231)$	$(327 \leq TL \leq 348)$ ou $(396 \leq TL \leq 403)$ / $(189 \leq TL \leq 201)$ ou $(231 \leq TL \leq 233)$	$(TL < 327$ ou $TL >$ $403)$ / $(TL < 189$ ou $TL >$ $233)$
Monofásica	254/127	$(232 \leq TL \leq 264)$ $(116 \leq TL \leq 132)$	$(220 \leq TL \leq 232)$ ou $(264 \leq TL \leq 269)$ / $(109 \leq TL \leq 116)$ ou $(132 \leq TL \leq 140)$	$(TL < 220$ ou $TL >$ $269)$ / $(TL < 109$ ou $TL >$ $140)$
	440/220	$(402 \leq TL \leq 458)$ $(201 \leq TL \leq 229)$	$(380 \leq TL \leq 402)$ ou $(458 \leq TL \leq 466)$ / $(189 \leq TL \leq 201)$ ou $(229 \leq TL \leq 233)$	$(TL < 380$ ou $TL >$ $466)$ / $(TL < 189$ ou $TL >$ $233)$

Em circuitos de distribuição, tanto a tensão primária quanto a secundária caem devido ao fluxo de corrente através da impedância da linha e parte da energia transmitida é perdida sob a forma de calor, o que se denomina efeito Joule. A mitigação da queda de tensão é realizada a partir do uso de reguladores de tensão e de bancos de capacitores que são instalados ao longo da rede de distribuição (SANTOS, 2013).

Fenômenos relacionados à distorção de forma da onda

Entre os fenômenos que se relacionam à distorção da forma da onda se pode citar: os harmônicos; os inter-harmônicos; notching e ruído.

Os harmônicos (Figura 7) podem ser definidos como sinais de frequência que são múltiplos da frequência fundamental de tensão ou corrente nominal que é fornecida pelo sistema de geração de energia.

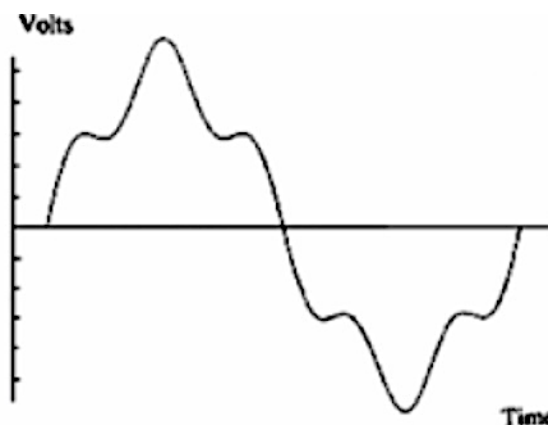


Figura 7- Exemplo de distorção harmônica. Fonte: Padilla (2008).

Nesse contexto, os harmônicos são causados por uma não-linearidade das cargas e por dispositivos eletrônicos que utilizam chaves estáticas (SILVA, 2008).

Assim, os harmônicos são descritos através da amplitude e do ângulo de fase que estão presentes em um espectro harmônico e podem ser mensurados a partir do valor da distorção harmônica total.

Por seu turno, os inter-harmônicos se referem aos sinais de tensão ou de corrente nos quais a frequência não se trata de múltiplos da frequência fundamental que é fornecida pelo sistema de geração. A fonte desses fenômenos se deve a dispositivos como os ciclo-conversores, conversores estáticos de frequência e dispositivos que se utilizam de arcos elétricos (MARQUES, 2011).

O notching é compreendido como um distúrbio periódico que ocorre na onda de tensão, distúrbio este causado pela operação normal de um dispositivo quando há comutação de corrente de uma fase para outra (MARQUES, 2011).

Por último, os ruídos podem ser definidos como sinais elétricos indesejados num sistema no qual a banda espectral é inferior a 200 kHz, sendo causados por cargas conectadas em retificadores de estado sólido, dispositivos que usam eletrônica de potência, assim como fonte de tensão chaveada, sendo considerados extremamente prejudiciais ao funcionamento correto de microcomputadores (SILVA, 2008; MARQUES, 2011).

Variações na frequência dos sinais do sistema de geração e interrupções

Pode-se definir as variações na frequência dos sinais do sistema de geração como sendo um desvio da frequência fundamental de geração de 50 ou 60 Hz, sendo que essa frequência se relaciona diretamente à velocidade de rotação dos geradores. É importante ressaltar que uma pequena variação é considerada normal, estando relacionada às características do sistema de controle da geração de energia e às alterações de cargas conectadas ao sistema (MARQUES, 2011).

Por sua vez, as variações consideradas anormais, embora ocorram raramente, são causadas por uma grande quantidade de carga desconectada do sistema, por faltas nos sistemas de transmissão ou pelo desligamento de uma grande quantidade de geração de energia, sendo que quanto mais robusto se torna um sistema elétrico, menor a possibilidade de ocorrência desse fenômeno (SILVA, 2008).

Já as interrupções, assim como ocorre com os afundamentos de tensão, são

eventos aleatórios causados, em geral, por falhas nos equipamentos, por problemas relacionados aos sistemas de controle e por faltas nos sistemas de potência ocasionados por curtos-circuitos (SILVA, 2008).

Variações na frequência dos sinais do sistema de geração e interrupções

Entre os equipamentos que fornecem segurança à operação de microcomputadores em razão de variações na qualidade da energia as fontes de alimentação instaladas nos equipamentos são um dispositivo considerado preliminar, tendo em vista estas têm como função filtrar e estabilizar as correntes elétricas (MORIMOTO, 2010).

Ao atenuar essas variações na corrente elétrica, quando absorve os picos de tensão e quando mantém os equipamentos funcionando em caso de queda momentânea da tensão, as fontes de alimentação operam como uma barreira inicial de proteção (MORIMOTO, 2010).

Dispositivos como os estabilizadores de tensão, filtros de linha e nobreaks, são essenciais, especialmente em um contexto de desconfiança quanto à qualidade da energia elétrica existente no Brasil (VIEIRA, 2003).

Nesse contexto, os estabilizadores de tensão são reguladores chaveados que são capazes de suprir cargas elevadas de potência com baixo peso, baixo volume e rendimento elevado, o que resulta em baixas perdas. Os estabilizadores evitam a queima de equipamentos causadas por sub ou sobretensão na rede de suprimento de energia. Mesmo a subtensão, quando ocorre de forma isolada, pode provocar perda de dados ou de arquivos em microcomputadores (VIEIRA, 2003).

Destaca-se, ainda, a importância dos filtros de linha que pode ser definido como um dispositivo eletrônico de proteção contra ruídos de origem eletromagnética ou de radiofrequência e surtos de tensão existentes na rede elétrica. É composto por um circuito interno formado por indutores e capacitores que formam um dispositivo do tipo 'filtro passa baixa frequência' que atenua, inclusive, surtos de tensão com valor de pico elevado por intervalos de duração pequeno (VIEIRA, 2003).

Por sua vez, os nobreaks têm como função evitar que as anomalias na rede de energia elétrica perturbem a operação dos microcomputadores, comprometendo a

confiabilidade dos sistemas e pode afetar o hardware ao danificar semicondutores, discos rígidos, cabeças de gravação e causar perda de dados e/ou arquivos (VIEIRA, 2003).

Para fabricação de nobreaks são usadas topologias on-line e off-line, sendo que no que se refere à topologia off-line quando é registrada a ocorrência de uma anomalia na rede elétrica, a tensão de saída fornecida pelo nobreak é interrompida por milésimos de segundos a fim de que o conjunto de baterias passe a fornecer energia ao sistema. No tocante à topologia on-line, quando ocorre anomalia na rede elétrica, a tensão de saída não é interrompida e não ocorre falta no suprimento de energia nem em intervalos mínimos (VIEIRA, 2003).

MÉTODOS E MATERIAIS

A metodologia a ser utilizada no desenvolvimento desta proposta de trabalho será o estudo de natureza exploratório-descritiva baseado em pesquisa em fontes bibliográficas disponíveis em portais de periódicos científicos indexados e repositórios de trabalhos produzidos em instituições de ensino nacionais em nível de graduação e pós-graduação, como a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

Esses procedimentos vão amparar a seleção de materiais sobre o tema da pesquisa, tendo em vista que após uma busca minuciosa deverão ser selecionados trabalhos de referência que tratem de assuntos que permitam analisar o que vem sendo produzido sobre as consequências da variação dos parâmetros elétricos no desempenho de microcomputadores.

Poderão servir como referência, ainda, documentos, relatórios e manuais disponíveis em órgãos oficiais e empresas do setor que tratem do tema desta pesquisa ou de temas afins, além de livros e revistas produzidos sobre o assunto.

Os materiais de referência referidos acima poderão auxiliar tanto na construção do referencial teórico quanto podem possibilitar o aprofundamento das análises que vierem a contribuir para o entendimento do problema da pesquisa. Trata-se, portanto, de um estudo de natureza qualitativa, baseado em revisão bibliográfica, se configurando como um estudo de síntese.

RESULTADOS

Conforme o que pode ser constatado na pesquisa realizada, a depressão de tensão é um dos parâmetros que mais afeta a parada de equipamentos eletroeletrônicos, com destaque para os microcomputadores, objeto de análise deste trabalho.

A depressão de tensão ou SAG (Figura 8) se configura como uma redução momentânea da tensão, da ordem de 10 a 90%, cuja duração fica entre 0,5 ciclos até 1 minuto e, em geral, está associada a falhas no sistema, mas também pode se relacionar a entrada de cargas ou partida de grandes motores.

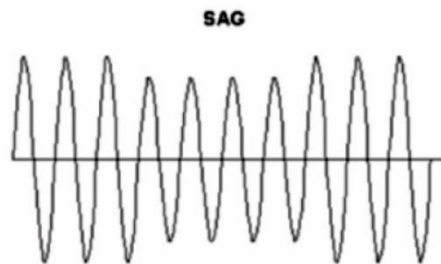


Figura 8- Exemplo de distorção harmônica. Fonte: Padilla (2008).

Ao parar os equipamentos eletroeletrônicos a depressão de tensão pode gerar a paralisação de processos produtivos, o que causa preocupação nas empresas e, também, nos órgãos de pesquisa de qualidade de energia (PADILLA, 2008).

Como se trata de um evento imprevisível, o processo de determinar os níveis de sensibilidade desses equipamentos é complexo. Porém, de acordo com pesquisa baseada em estudos de caso denominada Projeto do Sistema Integrado para Diagnóstico e Análise da Qualidade da Energia Elétrica (SIDAQEE), desenvolvidas pelo Instituto de Pesquisa de Energia Elétrica (EPRI), pelo Instituto Nacional Americano de Padrões e pelo Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos, todas organizações sediadas nos Estados Unidos, os computadores são a principal fonte de preocupação no que se refere aos afundamentos, uma vez que os dados armazenados na memória desses equipamentos podem ser perdidos quando da ocorrência de sobretensões.

Assim, para limitar as perdas, foram estabelecidos limites de tolerância relacionados ao sistema elétrico com ênfase especial para o caso de

microcomputadores.

Na Figura 9 são demonstrados os limites aos quais um computador padrão pode suportar os níveis de tensão sem apresentar falhas, com a ressalva de que o grau de suportabilidade depende do período de duração do distúrbio.

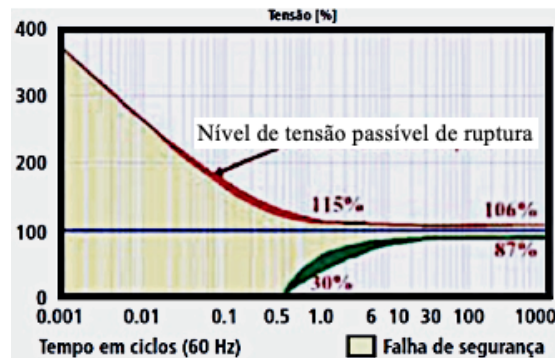


Figura 9 – Falha de segurança em computadores. Fonte: Padilla (2008).

Importante observar que, além do afundamento de tensão, a distorção nos harmônicos também é uma das principais responsáveis por perturbações no funcionamento de microcomputadores (PADILLA, 2008).

Ademais, a oscilação de voltagem pode ser suficiente para prejudicar o funcionamento dos microprocessadores de computadores, especialmente no verão, quando a demanda de consumo aumenta por causa do calor e do uso de ventiladores e condicionadores de ar e, assim, provocar danos ao equipamento ou perda de dados. Outro complicador para esses aparelhos, de acordo com a agência, é a ocorrência de chuvas intensas e acompanhadas de raios (ANEEL, 2020).

Em caso de queda de energia, os microcomputadores terão seu funcionamento interrompido bruscamente e o trabalho poderá ser perdido. Já quando se trata de oscilação de energia e a frequência continua operando em um nível baixo, os microcomputadores podem continuar a operar, embora essas ocorrências possam causar danos definitivos no hardware.

Dados de uma consultoria de informática destacam que surtos, quedas de tensão, blackouts e eventos similares, como uma queda de raio pode gerar um pico de tensão que atravessará a fiação elétrica ou a rede telefônica e danificar a placa de modem, placa de rede, a placa mãe, disco rígido, entre outros dispositivos de hardware. Quedas de voltagem costumam provocar panes em discos rígidos e a

possível destruição de dados. Dados armazenados na memória do sistema e em cache também serão perdidos, já que houve interrupção da alimentação (SOARES, 2022).

Em caso de ocorrência de sobtensões, que abrange 85% de todos os tipos de problemas relacionados à qualidade de energia elétrica, podem drenar a energia que um microcomputador precisa para operar plenamente e, assim, causam congelamento do sistema, panes inesperadas com consequente perda de dados, arquivos corrompidos e danos e comprometimentos de partes ou do computador como um todo (SOARES, 2022).

Blackouts/apagões ocasionam perda do trabalho não armazenado nos meios fixos de armazenamento, perda da tabela de alocação de arquivos e até mesmo perda total nos dados e informações do disco rígido (SOARES, 2022; MEFANO, 2022).

Picos de tensão, além de perda de dados pode penetrar nos microcomputadores através da linha de energia elétrica e danificar ou mesmo destruir o equipamento definitivamente. Por sua vez, os surtos, que superam a faixa de voltagem suportada pelos computadores podem provocar o estresse em componentes mais delicados provocando falhas prematuras e reduzindo o tempo de vida útil dos equipamentos (SOARES, 2022; MEFANO, 2022).

Pesquisa em redes de computadores constatou que os distúrbios elétricos foram extremamente prejudiciais para o funcionamento de redes de computadores conectados nas tomadas das redes elétricas da área da pesquisa, mesmo com a existência de sistema de aterramento. O autor chamou atenção para o fato de que a execução do aterramento deve ser realizada em toda a rede, o que garante, inclusive, o funcionamento dos circuitos de proteção, sendo que o cabeamento da rede elétrica (Figura 10) deve ser aterrado em um único ponto (PINHEIRO, 2006).

Outra solução para reduzir o impacto da má qualidade de energia é o investimento em sistemas alternativos de energia (ou energia reserva/backup), especialmente em se tratando de empresas que dependem da operação dos computadores e dispositivos processados baseados em microcomputadores para a continuidade da produção, especialmente em localidades cuja concessionária têm histórico de flutuações no fornecimento ou operam fora do padrão tolerável pelos

equipamentos (PINHEIRO, 2006).

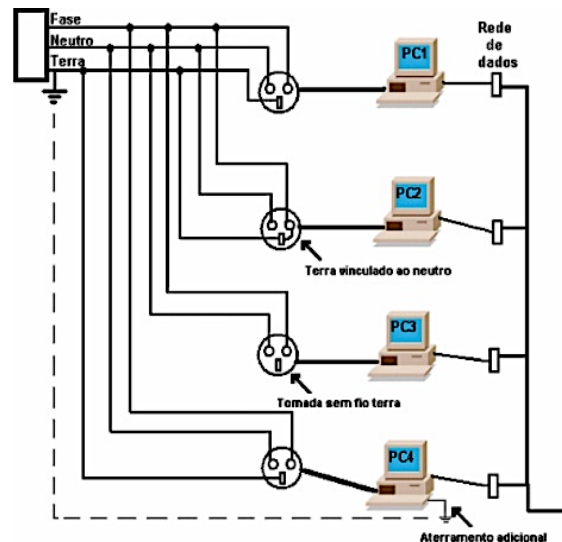


Figura 10 – Esquema de rede elétrica para rede de computadores. Fonte: Pinheiro (2006).

É importante destacar que, apesar de se tratar de um trabalho bastante antigo, a melhor pesquisa realizada, encontrada no contexto deste trabalho foi feita por Trindade Júnior em 1987. O autor, durante o desenvolvimento de sua pesquisa de doutoramento, acessou diversas fontes de pesquisa realizadas nos Estados Unidos que, já naquele período era o local onde se concentravam os trabalhos sobre o tema, o que permanece até hoje.

Desde aquele contexto ficava claro nas pesquisas a relação entre a má qualidade de energia e o funcionamento de computadores, fato que se intensificou com o desenvolvimento de novas tecnologias que têm produzidos computadores mais sensíveis à variação de energia (TRINDADE JÚNIOR, 1987). E já naquela época, a perda de dados e a deterioração das peças de hardware era o que chamava atenção nas fontes que Trindade Júnior (1987) pesquisou.

Exemplo disso é a seguinte afirmação do autor, baseado em Key (1979) que diz que os sensores de sobretensão e subtensão que estavam presentes nas fontes de alimentação de grande parte dos equipamentos podem ser ativados em caso de ocorrência de falhas e redução dos níveis de tensão, por exemplo, provocando desligamentos dos computadores.

A pesquisa constatou a falta de discussões e dados relacionados a distúrbios de

curta duração e suas consequências para os microcomputadores e aponta, inclusive, a inexistência de trabalhos que tratem da caracterização dos distúrbios de energia elétrica associado ao uso de computadores (TRINDADE JUNIOR, 1987), fato que se mantém e foi constatado também nesta pesquisa pela imensa dificuldade em encontrar referências sobre o tema da pesquisa.

Trindade Júnior (1987) baseado em Key já discutia a importância de se melhorar a capacidade de suporte dos equipamentos às oscilações/variações de energia elétrica e, apesar de toda a tecnologia, isso ainda não é possível, embora existam equipamentos complementares que visam auxiliar e reduzir a vulnerabilidade dos computadores.

O autor também pontuou certa negligência dos autores que estudam o tema em caracterizar melhor as causas e consequências dos distúrbios nos computadores, o que demonstra a importância de realização de mais testes nesse sentido ainda hoje, tendo em vista a carência de informações sistematizadas (TRINDADE JÚNIOR, 1987).

Os testes realizados por Trindade Júnior demonstraram que os distúrbios com polaridade negativa são mais prejudiciais aos equipamentos do que os de polaridade positiva e sugere o emprego de supressores para a ocorrência de descargas elétricas e sobretensões e o uso de dispositivos adicionais para provimento de energia necessária em sobtensões (TRINDADE JÚNIOR, 1987).

Dispositivos de Proteção

O uso de estabilizadores (Figura 11) costuma ser indicado para correção e estabilização da tensão em casos de subtensão e sobretensão, além de prevenir surtos e transitórios. Os estabilizadores podem possuir filtro de linha interno, ampliando a proteção em casos de pico de tensão e são comumente usados em residências e pequenos escritórios (MEFANO, 2022).



Figura 11 – Falha de segurança em computadores. Fonte: TechTudo (2022).

Porém, como a maioria dos estabilizadores costumam operar com velocidade de trabalho de 60 Hz e a maioria das fontes de microcomputadores operam em 100 KHz e em se tratando de computadores gamers estes chegam a 400 KHz, durante uma descarga elétrica o estabilizador não conseguirá suportar e é provável que venha a queimar, deixando o equipamento vulnerável (ALDABO LOPEZ, 2013).

Os protetores eletrônicos (Figura 12), comumente confundido com régua de tomada extensoras, protegem contra sobrecargas, curto circuitos, surtos de tensão e, inclusive, protegem quando do retorno da energia após uma ocorrência de queda (MEFANO, 2022).



Figura 12 – Exemplo de protetor eletrônico. Fonte: Intelbras (2022).

Desse modo, esses equipamentos servem como extensão e, ao mesmo tempo, protegem os computadores, assegurando melhor proteção contra alterações na rede elétrica.

Há ainda a possibilidade de utilização de dispositivos de proteção contra surtos

elétricos que, conectados às tomadas, protegem os equipamentos contra sobrecargas, surtos de tensão e raios (Figura 13).

Esses dispositivos protegem todos os pinos, incluindo o condutor terra, proporcionando até mesmo proteção contra choque elétrico. Ademais, possuem filtro de linha para barrar interferências, colaborando, portanto, para a qualidade de áudio e de imagem dos equipamentos (MEFANO, 2022).



Figura 13 – Modelo de dispositivo de proteção contra surtos elétricos. Fonte: Intelbras (2022).

Porém, na atualidade, a indicação mais efetiva se baseia na utilização de nobreaks (Figura 14), uma vez que esses últimos, além de alimentar os dispositivos conectados quando há falta de energia, também protegem de oscilações na rede, mantendo a energia estável, sem sobrecargas, inclusive (MEFANO, 2022).



Figura 14 – Exemplo Nobreak. Fonte: Kabum (2022).

Os nobreaks são aparelhos mais desenvolvidos, com capacidade energética de,

no mínimo, 800VA, possuem tamanhos e capacidade de proteção variada, podendo proteger desde computadores individuais até grandes redes, com suporte entre 1400VA e 10.000VA.

Na Tabela 2 são listados os principais problemas na rede elétrica, impactos causados nos equipamentos e soluções.

Tabela 2 - Problemas, impactos e soluções.

Problema	Impacto	Solução
Subtensão, sobretensão, surtos e transitórios.	<ul style="list-style-type: none"> - Desligamento inesperado. - Erros em processamentos. - Aquecimentos abruptos. - Desgastes prematuros dos componentes eletrônicos. 	Estabilizadores
Sobrecarga, curto-circuitos, surtos de tensão.	<ul style="list-style-type: none"> - Aquecimentos abruptos. - Desgastes prematuros dos componentes eletrônicos. - Alterações na rede elétrica 	Filtros de linhas
Sobrecargas, surtos de tensão e raios.	<ul style="list-style-type: none"> - Queima do circuito. - Choques ao usuário. - Aquecimento abruptos. 	Protetor de Curtos
Subtensão, sobretensão, surtos e transitórios, Sobrecargas, curto circuitos, surtos de tensão, raios interrompimento da energia e harmônicos de 3ª e 5ª ordem.	<ul style="list-style-type: none"> - Desligamento inesperado. - Erros em processamentos - Aquecimentos abruptos do circuito. - Alterações na rede elétrica <ul style="list-style-type: none"> - Choques ao usuário. - Desgastes prematuros dos componentes eletrônicos, - Efeito fantasma, falhas de vídeos, erros em dados de rede. - Queima de placas mães, HDs e memórias. <ul style="list-style-type: none"> - Erros em blocos de memória, falhas em portas USB. - Perda dos dados em HDs por falha na tensão e corrente. - Queima de fontes de alimentação. - Falha de sistema operacional. 	Nobreaks

	- Erros de comunicação dos periféricos como: mouses, teclados, câmeras, paca de áudio, placas de vídeo, placas de edições, placas de redes, impressoras e scanner.	
--	--	--

Problema Recorrente

A questão da Qualidade de Energia Elétrica e o problema das variações, interrupções e afins que costumam trazer problemas para equipamentos eletroeletrônicos microprocessados é recorrente.

Exatamente por isso, entre os direitos do consumidor está previsto que a concessionária de energia venha a arcar com o reparo e até mesmo a substituição de equipamentos que tenham sido danificados pela má qualidade de energia ofertada. Trata-se de um direito assegurado tanto pela ANEEL quanto pelo Código de Defesa do Consumidor (ANEEL, 2010).

Nesse contexto, o consumidor lesado tem até 90 dias para efetuar o envio da reclamação à concessionária e esta tem 10 dias corridos para realizar a inspeção e a vistoria do aparelho danificado.

Na sequência a empresa tem 15 dias para informar o resultado e, caso o pedido seja aceito, ou seja, se ficar comprovado o dano em razão da má qualidade de energia elétrica, o consumidor deverá ser ressarcido em até 20 dias, seja em dinheiro, reparo ou substituição do microcomputador (e outros eletroeletrônicos). Em caso de recusa, a concessionária deverá justificar e o consumidor poderá recorrer à ANEEL (MIRANDA, 2019).

CONCLUSÃO

Este artigo investigou a relação entre a qualidade de energia elétrica e a variação dos parâmetros elétricos com o comportamento elétrico de microcomputadores.

Além de destacar a dificuldade em encontrar pesquisas sobre o tema atuais, constatou-se que, apesar de todo o desenvolvimento da tecnologia, os microcomputadores atuais sofrem tanto com a variação dos parâmetros elétricos quando sofria décadas atrás, estando susceptíveis à perda de dados, desligamentos

bruscos, mau funcionamento e deterioração de peças a ponto de ter reduzida a sua vida útil.

Em um contexto em que todos os segmentos da vida social têm no uso de microcomputadores o desenvolvimento de suas atividades produtivas, esse é um dado preocupante, assim como é instigante e significativo que os microcomputadores ainda dependam de dispositivos externos como nobreaks e geradores para garantir a estabilidade de seu funcionamento, apesar de haver padronização da oferta de qualidade de energia garantida por resolução por parte da agência reguladora.

Para trabalhos futuros propõem-se o desenvolvimento de testes em laboratório a fim de sistematizar resultados atuais e confiáveis sobre o tema na atualidade, especialmente em se tratando dos distúrbios de curta duração onde a lacuna é ainda maior.

REFERÊNCIAS

ALDABO LOPES, R. **Qualidade na energia elétrica: efeitos dos distúrbios, diagnósticos e soluções.** 1 ed. São Paulo: Artliber, 2013.

ARRILAGA, A; BOLLEN, MHJ; WATSON, N. R. **Power quality following deregulation.** In: Proceedings of the IEEE, vol. 88, no. 2, pp. 246-261, Feb. 2000, doi: 10.1109/5.824002. Disponível em: <
<https://ieeexplore.ieee.org/document/824002>>. Acesso em: 06 mai. 2022.

DECKMANN, S. M.; POMILIO, J. A. **Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica.** Campinas: UNICAMP, 2017.

FERREIRA, D. D. **Análise de distúrbios elétricos em sistemas de potência.** 2010. 233 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.

MARQUES, Jeferson Prates. **Modelagem e Análise da Distorção Harmônica de Computadores em Instalações Elétricas.** 2011. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica). Fundação Universidade Federal do Pampa. Alegrete, 2011.

MEFANO, A. **5 problemas na rede elétrica que afetam seus equipamentos.** Instituto Brasileiro de Desenvolvimento de Arquitetura/IBDA. Fórum da Construção. 2022. Disponível em:
<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=28&Cod=1858>. Acesso em 01 jun. 2022.

MIRANDA, C. **Ressarcimento por danos causados por queda de energia.** Publicado em 06 de março de 2019. PROCON. 2019.

MORIMOTO, Carlos Eduardo. **Hardware II: o guia definitivo.** Porto Alegre: Sul Editores, 2010. 1086 p.

PADILLA, J. V. Qualidade de energia elétrica. **O Setor Elétrico**, março de 2009.

PINHEIRO, J. M. S. **Problemas de energia elétrica em redes de computadores.** Projeto de Redes. 2022. Disponível em: https://www.projetoederedes.com.br/artigos/artigo_problemas_de_energia_eletrica_em_redes.php. Acesso em 01 jun. 2022.

RODRIGUES, L. C. P. **Técnicas para a detecção, classificação e localização no tempo das variações de tensão de curta e longa duração.** 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

SANTOS, E. N. A. **Cálculo de queda de tensão e perdas em redes de distribuição de energia elétrica.** 2013. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013.

SILVA, J. L. R. E. **Avaliação da confiabilidade em sistemas elétricos com base nos parâmetros de qualidade da energia.** 2008. 79 f. Monografia (Especialização em Sistemas de Energia Elétrica). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

TRINDADE JUNIOR, O. **Uma contribuição ao estudo dos efeitos dos distúrbios da rede elétrica sobre a operação confiável de microcomputadores.** 1987. 211. Tese (Mestre em Física Aplicada). Universidade de São Paulo. São Carlos, 1987.

VIEIRA, A. S. B. Proteção Elétrica de Equipamentos de Informática. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 24, n. 1, p. 82-96, jun., 2003.