

# Evolução fluorescente

Lâmpadas fluorescentes e reatores eletrônicos chegam ao topo da eficiência e são considerados como os mais indicados para muitas aplicações

Edição especial  
Fiee - SP

E MAIS:

CADERNO DE ILUMINAÇÃO

Em pauta: Medições com esfera integradora

Estudo de caso: Automação predial

CADERNO DE ELETRICIDADE

Em pauta: Instalações elétricas em piscinas

Guia de compras: Sistemas de canalização

# Análise de falhas verificadas nos disjuntores residenciais nos ensaios de curto-circuito

Elaborado por Hélio Eiji Sueta, Luis Eduardo Caires e Miltom Shigihara

O presente trabalho tem como objetivo apresentar e analisar algumas falhas que ocorrem nos ensaios de interrupção em disjuntores tipo NBR 5361/1998 [1] (substituído pela Portaria RTQ 243 de 2006 [2] do INMETRO) e NBR NM 60898/2004 [3] (que substituiu a norma NBR IEC 60898/1998 [4]). Esses disjuntores são amplamente utilizados para proteção contra sobrecarga e curto-circuito, principalmente em residências e são projetados, inclusive, para serem manuseados por pessoas não qualificadas. Para tal, são mostrados alguns casos de ensaios em que os disjuntores foram submetidos aos ensaios de interrupção e, em seguida, são feitas algumas análises referentes a essas falhas. Um disjuntor é definido como “dispositivo de manobra (mecânico) e de proteção capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito, assim como estabelecer, conduzir por tempo especificado e interromper correntes em condições anormais especificadas do circuito, tais como as de curto-circuito”, segundo a norma NBR 5459 [5].

## Introdução

Segundo as normas pertinentes a esse trabalho, os disjuntores residenciais são amplamente utilizados para a proteção dos condutores elétricos em edificações e em aplicações similares.

Na Seção Técnica de Altas Correntes do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo, são feitos diversos ensaios elétricos que simulam a sobrecarga, curto-circuito, bem como a verificação da coordenação entre os dispositivos envolvidos quando os disjuntores fazem parte do equipamento. Para ensaios completos, dependendo do tipo de sequência ou programa, são feitos também os ensaios antes e após os ensaios de interrupção, como a calibração da corrente e elevação de temperatura (aquecimento). Esses ensaios seguem os procedimentos definidos em normas nacionais e

internacionais, citam-se Portaria RTQ 243, NBR NM 60898, UL 489 [6], NBR IEC 60947-2 [7], entre outras.

## Normas pertinentes

Cada norma tem como objetivo direcionar cada ensaio com fundamento técnico. Geralmente, esses ensaios se baseiam em condições próximas a uma realidade de uso em campo, ou seja, em condições normais de serviço.

No Brasil, as normas mais utilizadas para a realização dos ensaios de disjuntores residenciais são: Portaria RTQ 243 e NBR NM 60898. Como já citado, essas normas são voltadas para fins de aplicações residenciais, são produtos dimensionalmente pequenos e feitos em caixa moldada, conforme ilustram as fotografias da Figura 1.

A Tabela 1 mostra a tolerância dos parâmetros para a calibração do circuito de ensaio; a Tabela 2 mostra as relações entre os parâmetros de ensaio (tensão, corrente e fator de potência).

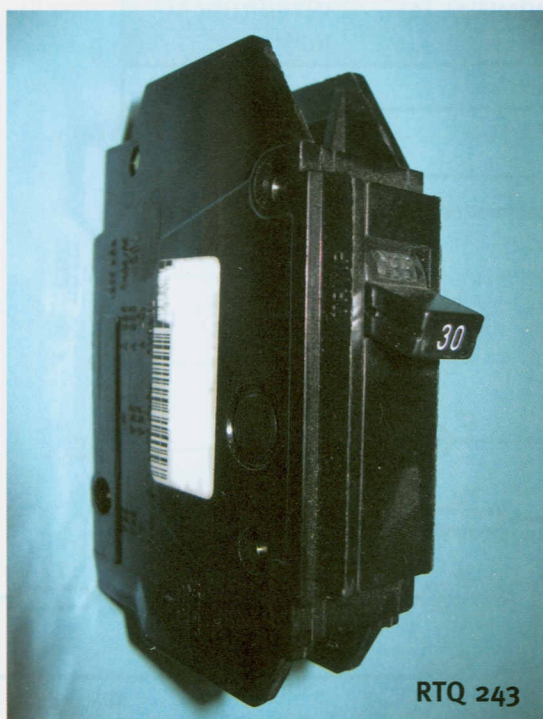
Na Tabela 1, verifica-se que as tolerâncias para a calibração do circuito de ensaio são semelhantes; já na Tabela 2, nota-se que para correntes de curto-circuito até 6 kA, os valores do fator de potência entre as normas são relativamente diferentes.

A Tabela 3 mostra os limites dos parâmetros aplicáveis às normas.

Na Tabela 3, o valor da corrente de interrupção é simétrico e eficaz e a tensão nominal é entre fases (tensão de linha). Esses valores são aplicáveis para corrente alternada, tipicamente em 60 Hz. Entretanto, na norma NBR NM 60898, aplica também para a frequência nominal de 50 Hz.

## Teoria e aplicação do ensaio de interrupção em disjuntores

A norma NBR 5459 define a capacidade de interrupção como “um valor de corrente presumida de interrupção que um dispositivo de manobra e/ou proteção é capaz de interromper,



RTQ 243



NBR NM 60898

Figura 1 – Ilustração dos disjuntores segundo a Portaria RTQ 243 e NBR NM 60898.

NORMA/ANO	CORRENTE DE ENSAIO $I_e$	TENSÃO DE ENSAIO $U_e$	FATOR DE POTÊNCIA	FREQUÊNCIA DO CIRCUITO DE ENSAIO
NBR NM 60898/2004	+ 5%	5%	- 0,05	5%
RTQ 243/2006	+ 5%	5%	- 0,05	5%

Tabela 1 – Tolerância dos parâmetros citados nas normas (adaptada das refs [2-3])

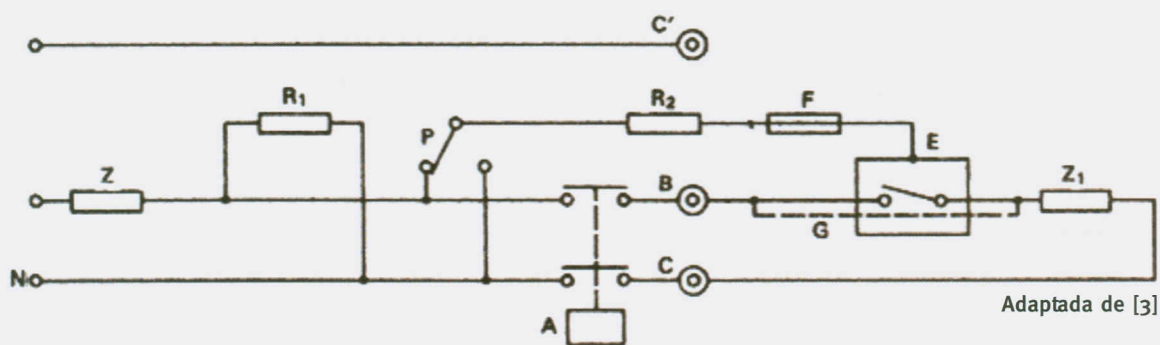
CORRENTE DE ENSAIO ( $I_{cc}$ em A)	NBR NM 60898/2004	RTQ 243/2006
$I_{cc} \leq 1500$	0,93 - 0,98	0,45 - 0,50
$1500 < I_{cc} \leq 3000$	0,85 - 0,90	0,45 - 0,50
$3000 < I_{cc} \leq 4500$	0,75 - 0,80	0,45 - 0,50
$45000 < I_{cc} \leq 6000$	0,65 - 0,70	0,45 - 0,50
$6000 < I_{cc} \leq 10000$	0,45 - 0,50	0,45 - 0,50
$10000 < I_{cc} \leq 20000$	0,20 - 0,25	0,25 - 0,30
$20000 < I_{cc} \leq 25000$	0,20 - 0,25	0,20 - 0,25
$25000 < I_{cc} \leq 30000$	Não especificado (nota)	0,20 - 0,25
$30000 < I_{cc} \leq 50000$	Não especificado (nota)	0,20 - 0,25
$50000 < I_{cc} \leq 65000$	Não especificado (nota)	0,15 - 0,20
$65000 < I_{cc}$	Não especificado (nota)	0,15 - 0,20

Nota: Corrente de ensaio acima do limite da norma

Tabela 2 – Tolerância do fator de potência (adaptada das refs. [2-3])

NORMA/ANO	TENSÃO NOMINAL (V)	CORRENTE NOMINAL (A)	CORRENTE DE INTERRUPTÃO (kA)
RTQ 243/2006	380	400	65
NBR NM 60898/2004	440	125	25

Tabela 3 – Limites dos parâmetros estabelecidos nas normas [2-3].



Adaptada de [3]

Figura 2 – Típico exemplo de circuito utilizado em ensaios de disjuntores monophasicos pela norma NBR NM 60898.

sob uma tensão dada e em condições prescritas de emprego e funcionamento, dadas em normas individuais”. A mesma norma define a capacidade de estabelecimento como “valor de crista máximo de corrente de estabelecimento presumida que um disjuntor é capaz de estabelecer, sob uma tensão dada e nas condições prescritas de emprego e de funcionamento” e define a capacidade de interrupção de curto-circuito como “capacidade de interrupção para a qual as condições prescritas incluem um curto-circuito nos terminais de saída do disjuntor”.

Um ensaio de interrupção de curto-circuito inclui o ajuste dos parâmetros do circuito: tensão, corrente e fator de potência. A Figura 2 mostra um circuito monofásico típico para ensaios de disjuntores monophasicos, em particular para ensaios conforme a norma NBR NM 60898.

Na Figura 2, “Z” corresponde à impedância para ajuste da capacidade de corrente de curto-circuito nominal (impedância a montante do corpo de prova), “Z1” para ajuste da corrente com valor inferior à capacidade de corrente de curto-circuito nominal (impedância à jusante do corpo de prova), “A” à chave síncrona (faz fechamento do circuito com determinado ângulo em relação à tensão), “F” ao fusível (fio de cobre) para detecção da corrente de fuga entre o corpo do disjuntor à fase do circuito, “E” corresponde ao invólucro do disjuntor, “R1” à resistência para atenuação do TRT (tensão de restabelecimento transitória), “G” ao condutor de impedância desprezível utilizado para calibração, “N” ao condutor de

neutro do circuito de ensaio, “R2” à resistência de 0,5  $\Omega$  que serve para limitar a corrente de fuga.

Detalhes da metodologia para ajuste dos parâmetros do circuito de ensaio de interrupção podem ser encontrados em [8]. Os cálculos pertinentes ao modelo matemático da interrupção de curto-circuito no disjuntor podem ser encontrados em [9].

As Figuras 3 e 4 ilustram oscilogramas típicos (corrente e tensão) de operação de abertura “O” e outro de operação “CO” (fechamento e abertura), respectivamente.

Os efeitos decorrentes dos ensaios de interrupção de curto-circuito em disjuntores são: térmico, dinâmico e o arco elétrico formado entre os contatos. Considera-se, nesse sentido, a parte tecnológica dos materiais utilizados nos disjuntores, tais como a pastilha do contato, o bimetal, elementos selantes, material da caixa moldada, a câmara de extinção de arco etc. como componentes de grande relevância. Por outro lado, deve-se atribuir ao bom desempenho do disjuntor no curto-circuito a parte referente ao conjunto de mecanismos construtivos como a ação das molas, atuador magnético, forma de expulsão dos gases oriundos do arco elétrico etc.

### Avaliação de casos

Segundo a Portaria RTQ 243, durante o ensaio de interrupção, “o disjuntor não deve mostrar sinais excessivos de desgaste nem colocar em perigo o operador. Durante os ensaios não devem existir arco permanente, descarga entre polos ou entre pólos

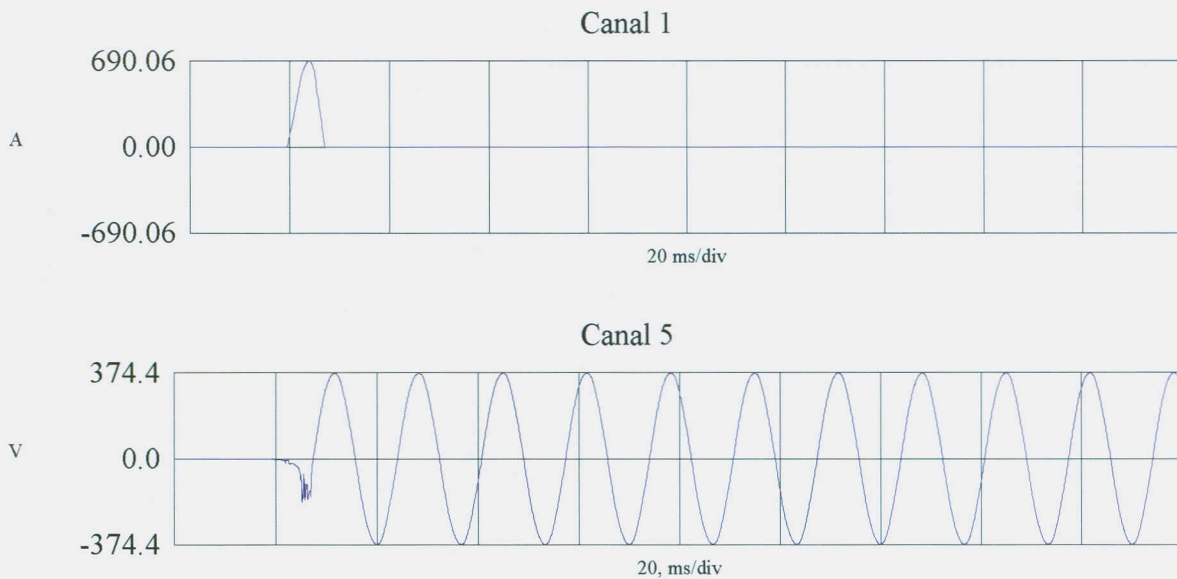


Figura 3 – Oscilogramas típicos de operação “O” sofrida pelo disjuntor (Canal 1: corrente; Canal 5: tensão).

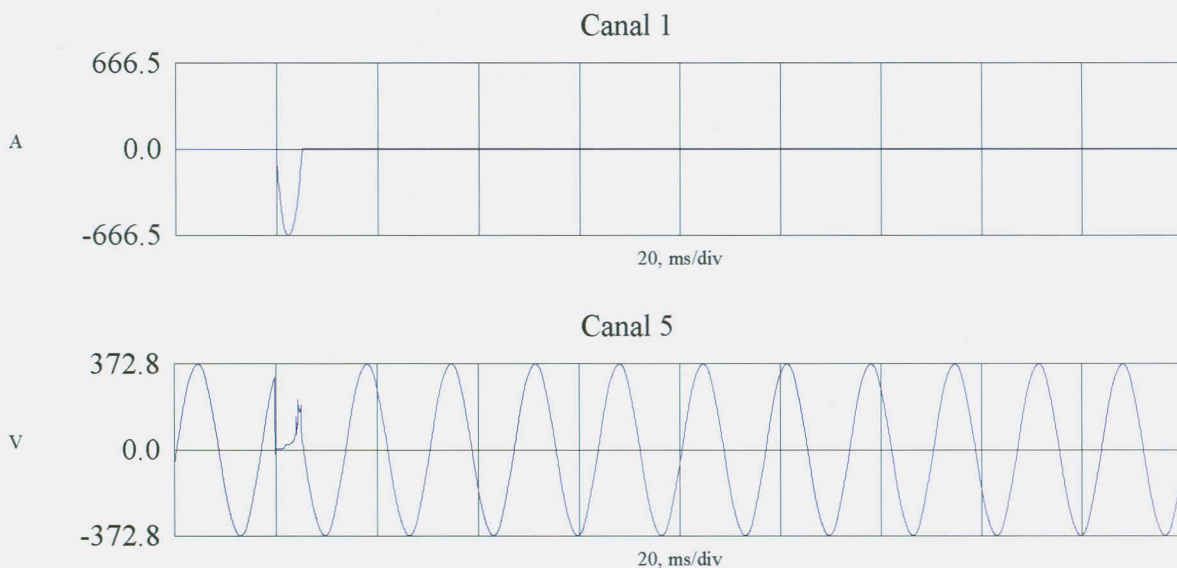


Figura 4 – Oscilogramas típicos de operação “CO” sofrida pelo disjuntor (Canal 1: corrente; Canal 5: tensão).

e a estrutura, nem fusão do dispositivo fusível do circuito de aterramento”. Dessa forma, o disjuntor deve manter algumas características que são avaliadas em ensaios realizados posteriormente ao ensaio de interrupção. De uma maneira geral são verificados nos ensaios que envolvem aquecimento com passagem de corrente elétrica (corrente nominal ou inferior), calibração (fator vezes a corrente nominal) e tensão aplicada (fator vezes a tensão nominal). As avaliações básicas após o ensaio de interrupção são: visualização de danos, como trincas no disjuntor, rearme e continuidade elétrica em cada polo.

O ensaio de aquecimento (elevação de temperatura) avalia basicamente o aquecimento nas partes do disjuntor, como a

entrada, saída, manipulador, laterais e fundo. Normalmente, pelos ensaios realizados no Laboratório de Altas Correntes, o ponto mais quente é verificado na entrada do disjuntor. Em alguns casos, quando o disjuntor é submetido ao ensaio de aquecimento após o ensaio de interrupção, a temperatura medida na entrada do polo pode atingir valores superiores a 100 °C. Esse valor tende a danificar o material isolante do cabo de entrada que, no caso do PVC, opera em regime contínuo à máxima temperatura de 70 °C [10].

A calibração pós-interrupção avalia o tempo de atuação em função de um fator vezes a corrente nominal. Por exemplo, na norma NBR NM 60898, após o ensaio de capacidade de

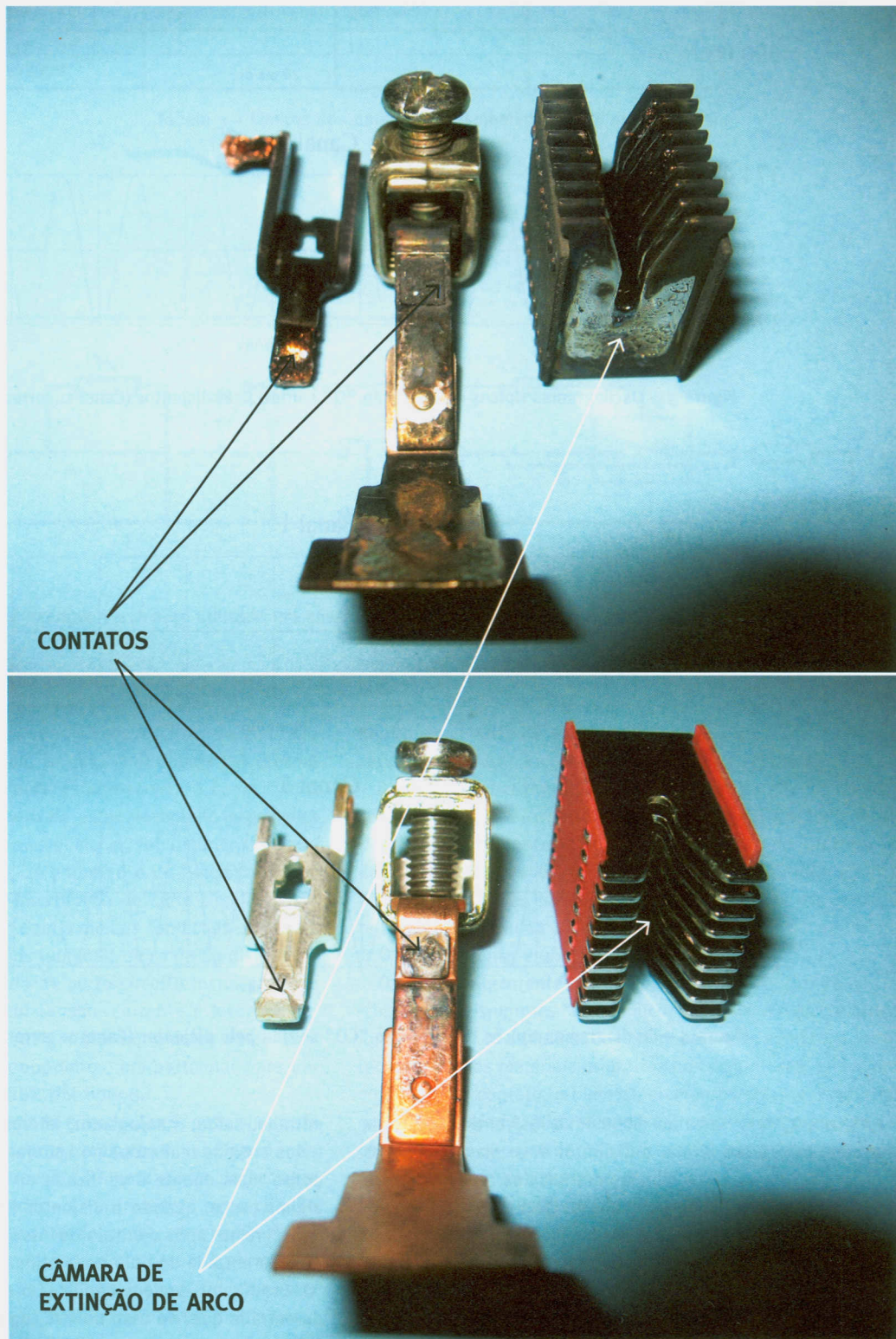


Figura 5 – Ilustração de dois disjuntores, um submetido ao ensaio de curto-circuito e outro ao ensaio de atuação instantânea.

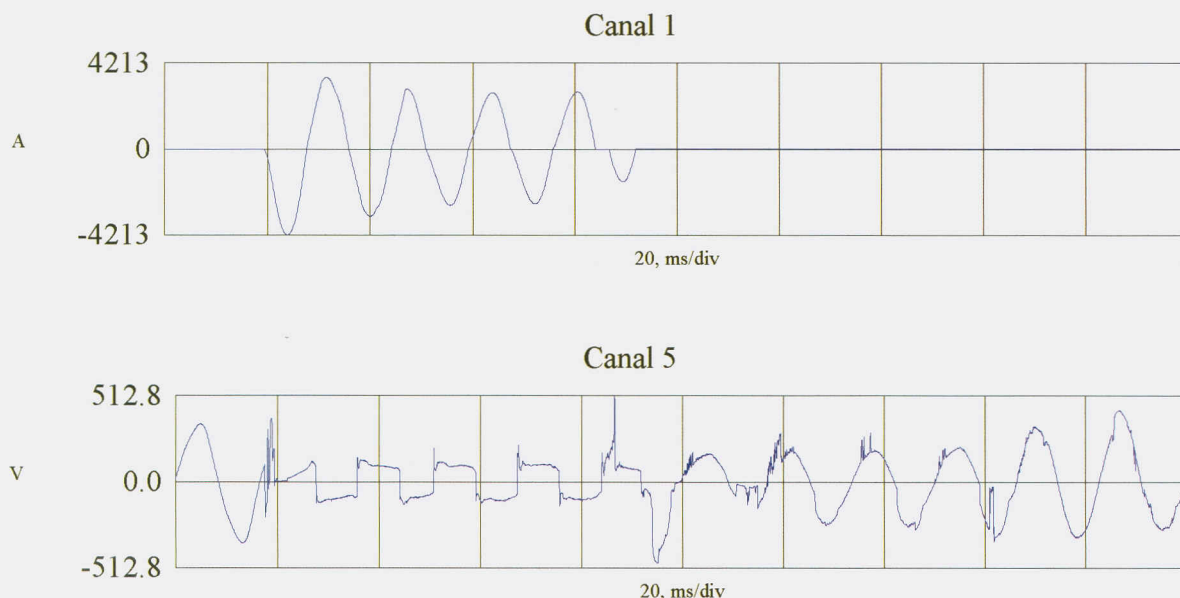


Figura 6 – Oscilogramas de corrente e tensão durante um arco elétrico na operação “CO” (Canal 1: corrente; Canal 5: tensão).

curto-circuito nominal ( $I_{cn}$ ), é feito uma calibração com 2,8 In, sendo que o limite do tempo de atuação é tabelado na norma. Esse ensaio avalia basicamente se o disjuntor apresentou avarias em seu mecanismo de atuação durante a aplicação do ensaio de interrupção.

O ensaio de tensão aplicada (tensão suportável à frequência industrial) pós-interrupção avalia eventuais danos ocasionados em seu invólucro e mecanismos. Um exemplo é a ocorrência de descarga disruptiva em algumas regiões quando há rompimento de elementos selantes, constituindo-se em um ponto frágil. Ocorre também quando há algum deslocamento nos mecanismos internos, como na aproximação entre os contatos na posição aberta.

A Figura 5 mostra a parte interna de dois disjuntores monopolares, um submetido ao ensaio de atuação instantânea (com 250 e 500 A em sequência e em tensão reduzida) e outro ao ensaio de curto-circuito (com 4,5 kA, na tensão de

242 V). Ambos os ensaios foram realizados conforme a norma NBR NM 60898.

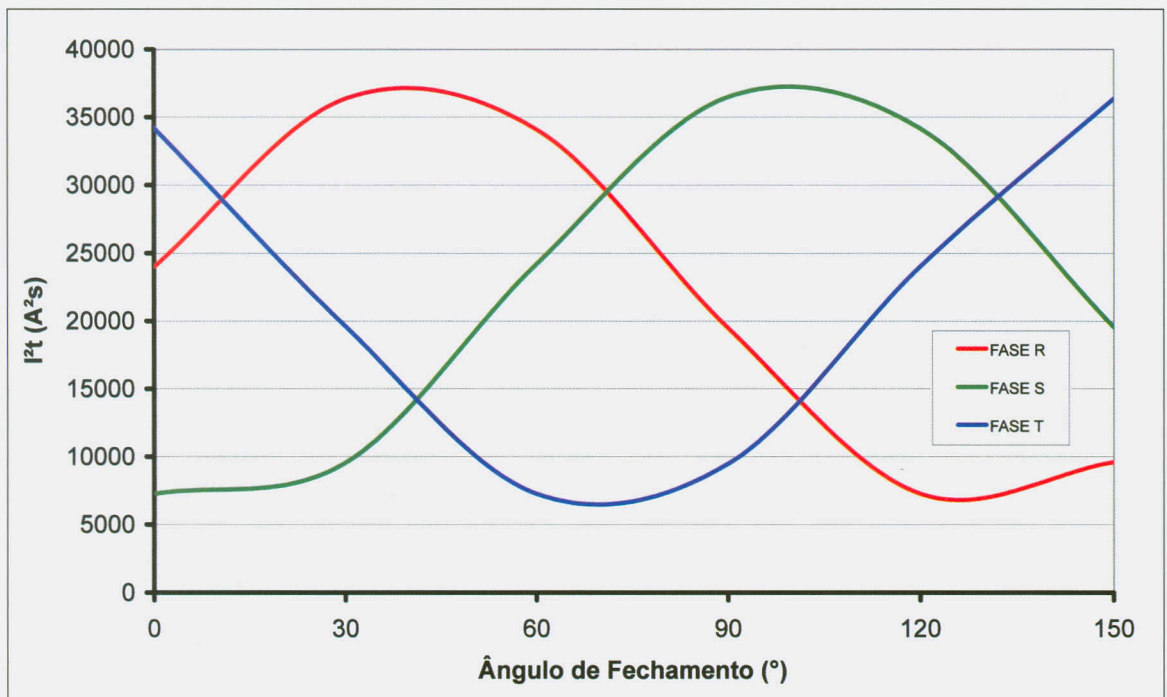
A Figura 5 mostra que os danos causados pelo ensaio curto-circuito são bem severos, ocorrendo fusão da parte dos materiais que compõem os contatos, como a pastilha do contato fixo e a parte do contato móvel. Pode-se verificar também a fusão de parte dos metais que compõem a câmara de extinção de arco. No caso do ensaio de atuação instantânea, não ocorre esse tipo de fenômeno com tanta intensidade. Ainda que a corrente seja elevada, a Figura 5b mostra apenas pequenos pontos de fusão na pastilha do contato fixo e pequenos pontos de carbonização ao redor deste contato.

Uma falha que ocorre nos ensaios de interrupção em disjuntores se refere à manutenção de arco elétrico entre os contatos do polo durante a aplicação do ensaio. Isso pode ser verificado nos oscilogramas de corrente e tensão, conforme mostra a Figura 6.

Tipicamente, nota-se que o arco elétrico formado devido à condução da corrente entre os contatos do disjuntor se as-

LOTE CALIBRAÇÃO	NÚMERO DO CORPO DE PROVA	OPERAÇÃO	CORRENTE EFICAZ (A)	CORRENTE DE PICO (A)	TEMPO DE CONDUÇÃO (ms)	$I^2t$ (A <sup>2</sup> s)
Lote 1	1	"O"	4153	6035	9,0	155227
127V-5kA		"CO"	4084	6014	8,5	142106
	2	"O"	4108	6082	9,0	151881
		"CO"	2983	4684	13,1	116568
	3	"O"	4116	6070	9,1	154167
		"CO"	4126	5969	8,2	139596
Lote 2	1	"O"	3143	4742	10,0	98784
220V-3kA		"CO"	3321	4817	9,0	99261
	2	"O"	3099	4727	10,2	97959
		"CO"	3056	4582	9,8	91524
	3	"O"	3092	4752	10,2	97517
		"CO"	2372	3842	14,0	78769

Tabela 4 – Resultados de ensaios

Figura 7 – Relação entre o ângulo de fechamento (em graus) e o Integral de Joule (em A<sup>2</sup> s).

semelha a uma lâmpada de descarga. Esse tipo de fenômeno acarreta danos severos para os contatos de disjuntor, com grande possibilidade de o disjuntor não conduzir a corrente elétrica e nem rearmar posteriormente, como já verificado em diversos ensaios de interrupção realizados no Laboratório de Altas Correntes. Nota-se ainda a grande quantidade de energia suportada por esse disjuntor. Ressalta-se, nesse ponto, a importância de se manter um baixo valor do Integral de Joule ( $I^2t$ ) em relação aos ensaios de interrupção para um dado lote de disjuntores. A Tabela 4 mostra resultados de ensaios de interrupção de um conjunto de disjuntores monoplares separados em dois lotes (Lote 1 Lote 2). Nessa tabela, são mostrados parâmetros relevantes aos ensaios de interrupção:

valor eficaz da corrente, valor de pico da corrente, tempo de condução e integral de joule.

Na tabela acima, pode-se notar que tanto o Lote 1 (tensão de ensaio de 127V e corrente de curto-circuito de 5 kA simétrico) como o Lote 2 (tensão de ensaio de 220V e corrente de curto-circuito de 3 kA simétrico) possuem valores de corrente de pico e integral de joule com valores relativamente próximos entre si, tanto para a operação "O" como para a operação "CO". Isso significa também que há uma homogeneidade em relação ao desempenho para o ensaio de curto-circuito. Apesar dessa homogeneidade mostrada na Tabela 4, a Figura 7 mostra um gráfico obtido por simulação da relação entre o ângulo de fechamento e o Integral de



NORMA/ANO	TENSÃO $U_e$ (POR FASE)	CORRENTE $I_e$ (POR FASE)	FATOR DE POTÊNCIA	RESISTÊNCIA R (POR FASE)	INDUTÂNCIA L (POR FASE)
NBR NM 60898/2004	230 V	3000 A	0,90	69,00 mW	88,64 $\mu$ H

Tabela 4 – Típicos valores utilizados na simulação em SPICE.

NORMA/ANO	TENSÃO $U_e$ (POR FASE)	CORRENTE $I_e$ (POR FASE)	FATOR DE POTÊNCIA	RESISTÊNCIA R (POR FASE)	INDUTÂNCIA L (POR FASE)
NBR NM 60898/2004	240 V	3000 A	0,90	72,00 mW	34,87 $\mu$ H

Tabela 5 – Caso real.

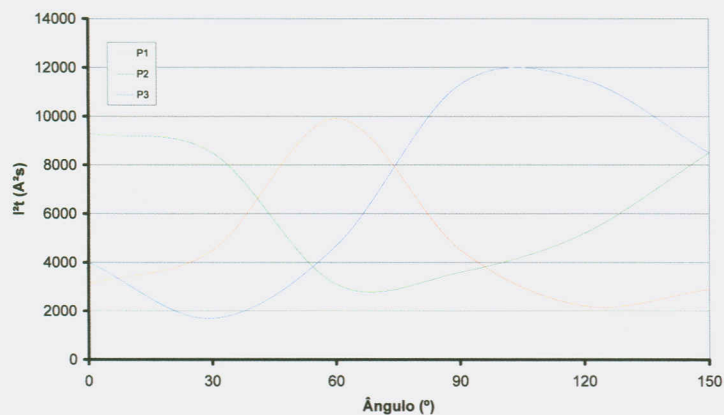


Figura 8 – Relação entre o ângulo de fechamento e o Integral de Joule (P1: polo esquerdo; P2: polo central; P3: polo direito).

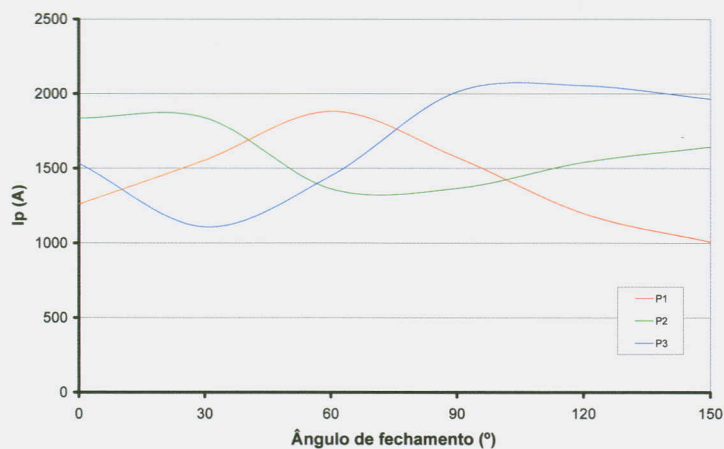


Figura 9 – Relação entre o ângulo de fechamento e o valor de pico da corrente (P1: polo esquerdo; P2: polo central; P3: polo direito).

Joule para um disjuntor conduzindo a corrente por um tempo típico, da ordem de 5 ms.

Essa simulação foi realizada para um circuito com características ideais, de acordo com os parâmetros dados na Tabela 4.

Na Figura 7, nota-se que o valor do Integral de Joule pode variar de forma sensível para um caso ideal, entretanto o mesmo ocorre para um caso real, conforme se verifica na Figura 8. A Figura 9 mostra a relação entre o valor de pico da corrente e o ângulo de fechamento.

Os resultados obtidos nas Figuras 8 e 9 foram realizados

para as calibrações mostradas na Tabela 5.

As Figuras 8 e 9 mostram curvas de cada polo com a mesma tendência entre o integral de Joule e o valor de pico da corrente. Essa característica também é verificada para ensaios realizados em outros lotes de outras marcas. Em relação aos valores do Integral de Joule, não deve haver uma dispersão muito grande em relação aos resultados obtidos por meio dos ensaios para um dado ângulo de fechamento, como ocorre na Tabela 4. Essa característica também deve ser mantida para o valor de pico da corrente. Geralmente, uma dispersão signifi-

AMOSTRA 1			
PONTO DE MEDIÇÃO (nº)	TEMPERATURA MEDIDA (°C)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA (°C)
1	61,5	24,6	36,9
2	53,5		28,9
3	38,9		14,3
4	47,1		22,5
5	32,4		7,8
6	38,2		13,6

Tabela 6 – Resultados de elevação de temperatura.

AMOSTRA 2			
PONTO DE MEDIÇÃO (nº)	TEMPERATURA MEDIDA (°C)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA (°C)
1	174,3	26,1	148,2
2	66,0		39,9
3	83,0		56,9
4	89,2		63,1
5	39,6		13,5
6	67,8		41,7

Tabela 7 – Resultados de elevação de temperatura.

cativa (para um mesmo ângulo de fechamento) indica que o lote de disjuntores pode apresentar algum elemento ainda a ser alterado e melhorado. Ainda que os disjuntores apresentem continuidade elétrica após os ensaios de interrupção, caso esses disjuntores apresentem uma dispersão significativa do Integral de Joule, podem apresentar falhas em outros ensaios realizados posteriormente, como na calibração ou elevação de temperatura. As Tabelas 6 e 7 exibem dois casos de temperaturas obtidas em ensaios de elevação de temperatura pós-interrupção pela Portaria RTQ 243.

Os pontos medidos das temperaturas foram:

1. Terminal “linha” do polo (entrada);
2. Terminal “carga” do polo (saída);
3. Parede lateral esquerda;
4. Parede lateral direita;
5. Manipulador;
6. Fundo.

A Tabela 6 mostra as temperaturas de vários pontos medidos no disjuntor monopolar. A princípio não há temperaturas tão

altas nesses pontos. Entretanto, o ponto N<sup>o</sup> 1 da Amostra 2 (Tabela 7) exhibe uma elevação alta de temperatura, indicando que os elementos do disjuntor, como os contatos, podem ter sofrido alterações, desgaste ou deslocamento. Essa elevação geralmente se deve ao aumento da resistência ôhmica nesse polo, uma vez que a corrente injetada é igual ou menor que a corrente nominal do disjuntor.

### Considerações finais

O presente trabalho apresentou brevemente a teoria e os cálculos referentes aos ensaios de interrupção em disjuntores de baixa tensão, tipicamente que podem ser utilizados por pessoas não qualificadas, que são dadas pela Portaria RTQ 243 e NBR NM 60898. Foram apresentados alguns resultados de ensaios feitos e análises sobre esses resultados no que tangem ao próprio ensaio de interrupção, bem como nos ensaios pós-interrupção. Foi mostrada também a relevância em relação à obtenção e análise do Integral de Joule nesses ensaios de interrupção.

## Ser Especialista é Evoluir



Série 7P

Série 45

Série 65

Série 66

### Soluções para sistemas fotovoltaicos

Quando o assunto é meio ambiente a Finder demonstra constante preocupação: desde a gestão de seu sistema ambiental, redução de poluição e consumo de energia, ao desenvolvimento de novas tecnologias e diferenciais em seus produtos.

A novidade é a gama de produtos com características específicas para Sistemas Fotovoltaicos, em conformidade com a norma VDE 0126-1-1, possuem distância entre contatos  $\geq 1,5\text{mm}$ , capacidade de suportar temperaturas elevadas, através de terminais especiais, com um distanciamento de 5mm entre a parte inferior do relé e a face da placa de circuito impresso, o que permite melhor dissipação de calor com o meio.

Os relés Séries 45, 65 e 66 possuem versões para aplicações em sistemas fotovoltaicos, especialmente em inversores, banco de baterias, iluminação, pequenos motores, além de permitir a montagem em painel.

Como proteção do sistema fotovoltaico é possível incluir a Série 7P da Finder, linha de dispositivos de proteção contra surtos (DPS), Classe I, II e III.

Seja também um especialista na escolha: Finder.

Tel. 11 2147.1550  
finder.br@findernet.com  
www.findernet.com  
www.instalacoeseletricas.com



## Em pauta

### Disjuntores residenciais

#### Referências bibliográficas

- [1]. ABNT NBR 5361, "Disjuntores de baixa tensão", Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998.
- [2]. RTQ 243, "Regulamento técnico da qualidade para disjuntores de baixa tensão", INMETRO, 2006.
- [3]. ABNT NBR NM 60898, "Disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares (IEC 60898:1995, MOD)", Associação Mercosul de Normalização, Norma Mercosul, Primeira Edição, 2004.
- [4]. ABNT NBR IEC 60898, "Disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares", Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998.
- [5]. ABNT NBR 5459, "Manobra e proteção de circuitos", Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987.
- [6]. UL 489, "Molded-case circuit breakers, molded-case switches and circuit-breaker enclosures", Underwriters Laboratories Inc. (UL); ISBN 0-7629-0677-4, 2006.
- [7]. ABNT NBR IEC 60947-2, "Disjuntores de baixa tensão", Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998.
- [8]. Sueta, H. E., Caires, L. E., Shighihara, M., Burani, G. F., "Mudanças na certificação de disjuntores de baixa tensão: as curvas de  $I \times t$ ", Encontro Nacional de Instalações Elétricas, São Paulo, 2008.
- [9]. Colombo, R., "Disjuntores em sistemas de potência", Siemens SA, 1990.
- [10]. NBR 5410, "Instalações elétricas de baixa tensão", Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.

Hélio Eiji Sueta é engenheiro eletricista, formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1981, mestre em Engenharia Elétrica (EPUSP - 1998), doutor em Engenharia Elétrica (EPUSP - 2005). Atualmente, é Diretor da Divisão de Potência do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP (IEE-USP).

Luis Eduardo Caires é engenheiro eletricista, formado pela Universidade São Judas Tadeu em 1998, é atualmente chefe da Seção Técnica de Altas Correntes por mais de dez anos, onde se especializou em ensaios de curto-circuito e interrupção de altas correntes de equipamentos elétricos de potência.

Milton Shighihara é engenheiro eletricista pela EPUSP em 2001 e Mestre em Energia pela USP em 2005. Atualmente, atua como engenheiro da Seção Técnica de Altas Correntes do IEE-USP e realiza ensaios de curto-circuito e interrupção de altas correntes em diversos tipos de equipamentos elétricos. É também membro do CENDAT/USP (Centro de Estudos em Descargas Atmosféricas e Alta Tensão), desenvolvendo pesquisas na área de descargas atmosféricas.