

ATUALIZAÇÃO DA DOCTRINA UTILIZADA PELO CBMSC PARA INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIOS EM EDIFICAÇÕES ASSOCIADOS À ELETRICIDADE

Bruno de César Toledo Camilo¹

Wagner Alberto de Moraes²

RESUMO

Estatísticas realizadas em âmbito mundial demonstram que a eletricidade está entre os maiores agentes causadores de incêndios em edificações, o que por si só já demonstra a relevância do tema. Confrontando a doutrina do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) sobre o assunto - utilizada como principal base doutrinária nas investigações realizadas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) - com a apresentada pela *National Fire Protection Association* (NFPA), respaldada ainda por outras literaturas contundentes, foi constatada a necessidade de uma reestruturação da doutrina catarinense. Isto posto, tem-se como objetivo geral deste artigo a atualização da doutrina utilizada pelo CBMSC para investigação de incêndios em edificações associados à eletricidade. Para atingir este fim, foi realizada uma pesquisa exploratória baseada em documentações indiretas: primariamente as doutrinas do CBMDF e da NFPA, por vezes confrontando-se e outras complementando-se; e subsidiariamente outras fontes secundárias. O problema foi abordado de forma qualitativa: inicialmente, foram analisados aspectos de múltiplos mecanismos causadores de incêndio relacionados à eletricidade e a seguir foram discutidos tópicos especiais sobre o reconhecimento correto e oportuno de alguns vestígios.

Palavras-chave: Doutrina. CBMSC. Investigação. Incêndios em edificações. Eletricidade.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Babrauskas (2008), apesar da dificuldade em categorizar incêndios relacionados a eletricidade, levantamentos estatísticos de investigações

1 2º Tenente do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Perito em Incêndio e Explosão (2019). Graduado e Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Espírito Santo (2014 e 2016). Atualmente é Comandante do Pelotão de Bombeiros Militar de São João Batista. E-mail: bcesar@cbm.sc.gov.br

2 1º Tenente do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Perito em Incêndio e Explosão (2015). Graduado em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Federal de Santa Catarina (2009). Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2013). Doutorando em Engenharia de Segurança ao Incêndio pela Universidade de Coimbra. Atualmente é Chefe da Divisão de Engenharia da Diretoria de Segurança contra Incêndio do CBMSC. E-mail: wagnerm@cbm.sc.gov.br

realizadas em diversos locais no mundo apontam que os incêndios em edificações relacionados à eletricidade representam de 16% a 29% de todo o universo de ocorrências, valores bastante expressivos, não restando dúvidas que a eletricidade é um dos maiores agentes causadores de incêndios.

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) ainda não possui doutrina escrita produzida pela própria instituição para embasar tecnicamente as investigações de incêndios. Atualmente, os investigadores da Corporação utilizam, primariamente, a doutrina desenvolvida pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF), para fundamentarem as considerações sobre a fase investigativa dos informes e laudos produzidos, tendo em vista que foi este órgão que capacitou a primeira turma de peritos do CBMSC. Em âmbito internacional, talvez a principal entidade provedora de informações atualizadas acerca do assunto seja a *National Fire Protection Association (NFPA)*, sediada nos Estados Unidos.

O Guia para investigação de incêndios e explosões do CBMDF, publicado em 2010, contempla em um de seus módulos a investigação de incêndios relacionados com eletricidade. Nele são discutidos vários conceitos básicos relacionados à teoria de circuitos, eletromagnetismo, instalações elétricas, entre outros, necessários para a compreensão dos assuntos abordados no campo da investigação. Além disso, discorre detalhadamente sobre diversos mecanismos envolvendo eletricidade que podem dar origem a incêndios. Contudo, confrontando o referido guia com a NFPA 921: *Guide for Fire and Explosion Investigations*, cuja última versão é de 2017, subsidiada ainda por outras literaturas contundentes, foram verificadas diversas inconsistências que acabaram por ensejar a necessidade de uma avaliação meticulosa sobre o assunto, tendo em vista sua relevância.

Sendo assim, este artigo visa atualizar a doutrina utilizada pelo CBMSC para investigação de incêndios em edificações iniciados por eventos associados a eletricidade, tendo como objetivos específicos: aprofundar a discussão já apresentada na doutrina do CBMDF, bem como apresentar outros mecanismos previstos pela NFPA; contestar e corrigir alguns pontos da doutrina do CBMDF; fornecer subsídio técnico aos investigadores para realizarem considerações coerentes nos informes e laudos de incêndios iniciados por eventos envolvendo eletricidade. Não fazem parte do escopo deste trabalho: explanação de conceitos básicos de eletricidade; cálculos de grandezas elétricas; utilização de equipamentos laboratoriais no processo investigativo; explosões tendo como agente ígneo um

fenômeno elétrico; explosões elétricas (do inglês *arc flash*); mapeamento de arcos elétricos; análise de falhas de equipamentos específicos. É importante frisar ainda que este trabalho não intenta desqualificar a doutrina desenvolvida pelo CBMDF (2010), mas sim de fato atualizá-la. Inclusive, recomenda-se sua leitura prévia, pois evitar-se-á trazer aqui informações já consolidadas.

A natureza da pesquisa é, por conseguinte, aplicada, pois visa gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigida à solução de investigações de incêndios em edificações relacionados à eletricidade. A fim de atingir os objetivos supracitados, foi realizada uma pesquisa exploratória, por documentação indireta, no caso, bibliográfica: primariamente as doutrinas do CBMDF e da NFPA, por vezes confrontando-se e outras complementando-se; e subsidiariamente outras fontes secundárias que auxiliaram na compreensão dos respectivos guias ou, ainda, que trouxeram informações complementares. O problema foi abordado de forma qualitativa: num primeiro momento foram avaliados mecanismos pelos quais a eletricidade pode dar origem a incêndios, e, a seguir, foram expostos tópicos especiais sobre o reconhecimento correto e oportuno de alguns vestígios

2. MECANISMOS CAUSADORES DE INCÊNDIO ASSOCIADOS À ELETRICIDADE

Para que ocorra uma ignição decorrente de um evento envolvendo eletricidade, é necessário que sejam atendidas simultânea e obrigatoriamente duas premissas (NFPA, 2017a):

1. O circuito precisa estar energizado;
2. No ponto de origem do evento sejam produzidos temperatura e calor suficientes para causar a ignição de materiais combustíveis próximos.

De acordo com o CBMDF (2010), a propriedade de conversão da energia elétrica em térmica, na seara da investigação de incêndios, caracterizaria os chamados fenômenos termoeletricos. Este autor desconhece o uso do termo em literaturas de engenharia elétrica e tampouco foi verificado o uso de termo semelhante em literaturas internacionais de investigação de incêndios. Ademais, verifica-se que sua definição é bastante pobre e incoerente com sua aplicação em

alguns casos. Por exemplo, um contato imperfeito, uma desconexão parcial ou uma superfície carbonizada não são fenômenos, mas sim condições que propiciam a ocorrência de incêndios quando da circulação de corrente elétrica. Assim sendo, recomenda-se a supressão do uso do termo na doutrina do CBMSC, podendo ser substituído, por exemplo, por “mecanismo associado a eletricidade” ou similar.

Conforme será verificado ao longo da leitura do trabalho, os mecanismos pelos quais ocorrem os incêndios envolvendo eletricidade, em geral, são complexos e raramente podem ser verificados de forma isolada, tendo em vista que é comum que ocorram simultaneamente ou através uma relação de causa-consequência, até que enfim suceda-se um princípio de incêndio. Por isso, este autor entende que não é interessante criar divisões e subdivisões dentro da doutrina para caracterizá-los categoricamente, mas sim discuti-los de maneira integrada. Os próximos subcapítulos enumeram diversos mecanismos envolvendo eletricidade que podem dar origem a incêndios, no entanto o leitor deve ter em mente que segmentação foi realizada somente para fins de organização das informações.

2.1 EQUIPAMENTOS RESISTIVOS DE AQUECIMENTO

Equipamentos que tem como princípio de funcionamento a produção de calor através do efeito joule podem causar incêndios em razão de um possível sobreaquecimento de materiais combustíveis próximos. Citam-se como exemplos: cafeteira, fogão e forno elétrico, secador de cabelo, ferro de passar roupas, secador de cabelo, máquinas de secar roupas e de secar louças.

Quando tem-se um princípio de incêndio durante o funcionamento normal do equipamento, sem falha, não cabe dizer que o evento causal foi elétrico, o mais adequado seria caracterizar que foi uma superfície aquecida ou algo semelhante. Por outro lado, a incêndio associado a eletricidade fica bem caracterizado quando da falha de determinados componentes de controle, acionamento e proteção, como termostatos e fusíveis térmicos. Falhas elétricas podem ocorrer por defeito de projeto/construção, instalação inadequada, falta de manutenção, mau uso e vida útil expirada (DURHAM, 2011).

2.2 CONTATOS IMPERFEITOS

Em instalações elétricas existem inúmeras conexões, por exemplo: entre condutores (emendas e derivações); entre condutores e tomadas, luminárias, disjuntores, e barramentos; entre tomadas e plugs; e inclusive nos circuitos internos dos equipamentos.

Conexões defeituosas, chamadas pela doutrina de investigação de contatos imperfeitos (CBMDF, 2010), são os locais mais propícios para a ocorrência de sobreaquecimentos em circuitos. Em rigor, contatos imperfeitos são pontos de resistência elevada num circuito que tendem a sobreaquecer indevidamente quando da passagem de corrente elétrica. As principais causas são conexões com folgas e/ou a presença de óxidos resistivos nos pontos de conexão (NFPA, 2017a). Em circuitos domésticos, os níveis de potência envolvidos em contatos imperfeitos não são altos - tipicamente de 10 a 50 Watts - mas, quando concentrados em uma pequena área, podem ser suficientes para causar princípios de incêndios (BABRAUSKAS, 2008).

Há autores que acreditam que o contato imperfeito seja a maior causa incêndios em edificações associados à eletricidade, e atribuem isso à dificuldade de detecção dessa condição antes da ocorrência do sinistro (BABRAUSKAS, 2008; DURHAM, 2011), tendo em vista que: numa instalação elétrica, a maioria das conexões não é visível para o usuário final; os dispositivos de proteção usuais não detectam o sobreaquecimento no contato imperfeito; a queda de tensão neles costuma ser pequena, logo dificilmente darão origem a problemas de funcionamento em equipamentos.

Quando um circuito tem uma conexão frouxa, a exemplo de um parafuso mal apertado num terminal de tomada, o aumento da resistência pontual no contato, em razão do espaço de ar (bom dielétrico) e/ou da área de contato inadequada entre o condutor e o terminal, causa um sobreaquecimento na conexão, o que promove a formação de uma interface de óxidos resistivos proveniente da corrosão dos metais presentes. Esse óxido conduz a corrente elétrica e mantém o circuito funcional, porém sua resistência é significativamente maior que a dos metais, produzindo ainda mais calor pontual, de maneira a perpetuar o ciclo, agravando a corrosão e o sobreaquecimento (NFPA, 2017a). Além disso, uma conexão frouxa também propicia a formação de curtíssimos arcos elétricos por desconexão (centelhas)

quando um equipamento está em uso naquele terminal, o que agrava ainda mais o sobreaquecimento.

Emendas e derivações, utilizadas para unir as extremidades de condutores assegurando resistência mecânica e contato elétrico adequados, quando realizadas de maneira inadequada, também são caracterizadas como contatos imperfeitos, e estão sujeitas aos mesmo problemas citados anteriormente.

O sobreaquecimento num contato imperfeito pode resultar em danos térmicos em materiais orgânicos próximos. Além disso, o calor produzido na conexão consegue transferir-se facilmente de forma radial pelos condutores conectados naquele ponto, causando a degradação de suas isolações. Em razão da carbonização e/ou da perda da isolação resultantes, podem ocorrer arcos elétricos em paralelo e até mesmo curto-circuitos, cujos vestígios - traços de fusão, por exemplo - são capazes de sobreviver ao incêndio (NFPA, 2017; BENFER; GOTTUK, 2013).

Após um incêndio, a presença de um contato imperfeito é normalmente estabelecida observando-se anomalias de corrosão. A oxidação de metais é dependente da temperatura, portanto, assumindo que um ambiente, em condições normais, não é tão severo a ponto de atacar todos os metais dentro de um invólucro, uma conexão defeituosa tenderá a acumular corrosão significativa, enquanto uma boa não irá. Dessa forma, conexões que sofreram sobreaquecimento decorrente da existência de um contato imperfeito, após um incêndio, poderão estar mais oxidadas que outras conexões que sofreram exposição equivalente ao fogo. Isto é, se uma conexão mostra um elevado grau de corrosão, enquanto as conexões próximas não, há razão para investigar a conexão corroída como uma causa potencial do incêndio. Além disso, as conexões podem apresentar sinais de perda de massa, como pequenos buracos na superfície e estreitamento da seção (NFPA, 2017a; BENFER; GOTTUK, 2013; BABRAUSKAS, 2008).

Literaturas mencionam ainda outras situações particulares relacionadas aos contatos imperfeitos, a saber: a ocorrência de conexões incandescentes em tomadas, no local onde o condutor é parafusado; a formação de depósito branco cristalino, derivado da condensação de vapores de cloreto de hidrogênio, proveniente da degradação térmica do PVC utilizado de receptáculos de tomadas; e a rara formação de óxido cuproso (NFPA, 2017a; BENFER; GOTTUK, 2013; BABRAUSKAS, 2008; CBMDF, 2010).

2.3 SOBRECARGAS

A sobrecarga é uma corrente elétrica que excede o valor nominal para o qual um circuito foi projetado, sem, no entanto, caracterizar uma falta (MORENO; SOUZA, 2001). Este fenômeno já foi amplamente discutido pelo CBMDF (2010), portanto, apesar de sua relevância, entende-se que não há necessidade de acrescentar novas informações.

2.4 ARCOS ELÉTRICOS

No campo da engenharia elétrica, Mardegan e Parise (2018) definem o arco elétrico como “uma descarga que pode surgir sempre que houver o rompimento (falha) do dielétrico (isolação) de um ponto energizado em relação à terra (ou massa) ou entre dois pontos de potenciais diferentes” e complementam dizendo que a interrupção de correntes também provoca arcos. Gammon e Mathews (2003) reforçam que os arcos são descargas que ocorrem através de um meio a gás ou vapor.

Investigadores de incêndios, contudo, verificaram a necessidade de ampliar o conceito, definindo o arco elétrico como uma descarga elétrica luminosa de alta temperatura (> 5000 °C) através de uma abertura (gás ou vapor); ou através de um meio, a exemplo de superfícies carbonizadas ou molhadas (NFPA, 2017a; BENFER; GOTTUK, 2013). O autor entende que na doutrina investigação de incêndios, a descrição dos arcos elétricos e dos mecanismos pelos quais eles acontecem precisam ser tão completos quanto possíveis. Por isso, adota-se neste trabalho essa definição.

Ainda, a NFPA (2017a) é taxativa ao caracterizar as centelhas (do inglês, *sparks*) como partículas luminosas de metal derretido que desprendem-se quando da ocorrência de um arco elétrico. No entanto, Dehaan e Icove (2012) esclarecem que dentro da doutrina de investigação de incêndios determinados autores utilizam o termo “centelha” de maneira ambígua para referirem-se também a arcos elétricos de curtíssima duração. Verdade seja dita, apesar da definição restritiva, até mesmo a NFPA (2017a) faz essa confusão em alguns momentos.

O CBMDF (2010) não traz uma definição precisa para a centelha, apesar de citá-la bastante. A impressão que se tem é que o termo é utilizado para referir-se

genericamente a arcos elétricos. Além disso, o referido guia não menciona a formação partículas de metal derretido quando da ocorrência de arcos elétricos. Outrossim, no linguajar técnico brasileiro, é bastante comum atribuir o termo “centelha” simultaneamente a fenômenos elétricos e mecânicos.

Considerando a diversidade de mecanismos pelos quais o arco elétrico pode ocorrer e a ambiguidade gerada pelo uso do termo centelha no idioma português, entende-se a substituição em sentido amplo do termo “arco elétrico” por “centelha”, dentro da doutrina de investigação de incêndios, não é recomendável.

Por conseguinte, sugere-se que o termo “centelha” seja usado somente em sentido estrito, para caracterizar arcos elétricos de curtíssima duração, e dessa maneira será aplicado neste trabalho. Para evitar novas ambigüações, as partículas de metal derretido não receberão um termo específico para caracterizá-las.

A temperatura dos arcos elétricos, que pode até mesmo atingir valores acima de 20.000 °C, depende de vários fatores, como a magnitude da corrente elétrica, o valor da queda de tensão, e o metal envolvido (NFPA, 2017a; BABRAUSKAS, 2008), enquanto a energia térmica dissipada tem também como variável o tempo de duração do arco até sua extinção (MARDEGAN; PARISE, 2018).

Um arco entre dois condutores pode ocorrer em série ou em paralelo (DEHAAN; ICOVE, 2012). No primeiro caso, ocorre em série com a carga - e somente quando uma carga está ligada -, dessa forma, a corrente elétrica do arco fica limitada àquela solicitada pela carga conectada. Arcos em série não causam a atuação do disjuntor ou fusível, porque eles, na realidade, atuam como uma impedância no circuito, diminuindo a corrente elétrica que circula. Geralmente estão associados ao centelhamento ocasionado em determinadas condições. O calor gerado por esses arcos é pequeno, contudo, se ocorrerem continuamente, são capazes de pouco a pouco degradarem a isolação de materiais condutores próximos, o que pode dar origem a fenômenos mais severos, como um arco elétrico em paralelo ou um curto-circuito.

Arcos em paralelo podem ocorrer entre partes vivas sob potenciais diferentes, entre partes vivas e a terra ou entre partes vivas e uma massa. Ao contrário dos arcos em série, para que ocorra um arco em paralelo não é necessário que uma carga esteja ligada, basta que circuito envolvido no evento esteja energizado. A corrente elétrica de um arco em paralelo é limitada apenas pela impedância do circuito à montante - que é tipicamente muito baixa - e a do próprio

arco elétrico, no entanto, sempre será inferior a de um curto-circuito nas mesmas condições, justamente em razão da impedância oferecida pelo arco elétrico. Conseqüentemente, nem sempre a proteção magnética do disjuntor detectará a ocorrência do arco, o qual poderá perpetuar, aliás, Benfer e Gottuk (2013) comprovaram isso experimentalmente. Nessa condição, o arco elétrico será detectado somente pela proteção térmica do disjuntor, de atuação mais lenta, o que eleva o risco de incêndio associado ao arco em paralelo. Antes de ser extinto pelo dispositivo de proteção ou se auto-extinguir, o arco elétrico em paralelo pode ser capaz de fundir e/ou vaporizar condutores de metal, causar ejeção de partículas fundidas, e pirolisar e inflamar materiais combustíveis.

Para que um arco elétrico se forme num espaço de ar entre dois condutores energizados, é necessário que haja a combinação ideal entre duas grandezas: tensão e distância entre os condutores. Por menor que seja a distância, é necessário que haja uma tensão de pelo menos 350 V para que surja um arco elétrico no ar (NFPA, 2017a). Ou seja, em condições normais, arcos elétricos não se formam no ar espontaneamente em sistemas de 127 V e 220 V.

Apesar das temperaturas elevadíssimas presentes na trajetória de arcos elétricos, eles podem não produzir energia suficiente para causar a ignição de determinados materiais combustíveis, a exemplo de madeiras maciças. Entretanto, sólidos combustíveis de baixo coeficiente superfície-massa; e gases e vapores combustíveis podem entrar em ignição com maior facilidade na presença de arcos elétricos (NFPA, 2017a).

A NFPA 70: *National Electrical Code* (NEC), norma americana que trata de instalações elétricas, possui uma previsão interessante, desde 1999, que obriga a instalação em residências de dispositivos de segurança, chamados de *Arc-fault circuit interrupter* (AFCI), específicos para a proteção contra arco elétricos considerados perigosos. A ABNT NBR 5410, norma brasileira equivalente em que pese as instalações elétricas de baixa tensão, não faz menção ao referido dispositivo (ABNT, 2004). De forma resumida, conforme o NEC, nas residências dos Estados Unidos, praticamente todos os circuitos de tomadas devem ser protegidos por AFCI's (NFPA, 2017b).

Nas seções subsequentes serão analisados alguns mecanismos pelos quais ocorrem os arcos elétricos.

2.4.1 Arco elétrico causado por sobretensão na rede

Eventos anormais na rede de distribuição podem dar origem a variações momentâneas ou temporárias de tensão (ANEEL, 2017). Descargas atmosféricas sobre as linhas de distribuição, religamentos e manobras da rede, acionamento de equipamentos industriais de potência elevada, e mesmo falhas no isolamento entre a rede de média e de baixa tensão são exemplos desses eventos. Picos de tensão na rede de curtíssima duração são comumente chamados de surtos.

Equipamentos elétricos e eletrônicos são dimensionados para funcionarem dentro de determinadas faixas de tensão. Por conseguinte variações de tensão acima dos limites aceitáveis podem romper o isolamento, dando origem a arcos elétricos em paralelo nos circuitos internos, e, se no trajeto houver materiais combustíveis, é possível ocorrer um princípio de incêndio (NFPA, 2017a). Uma falha no funcionamento do circuito devido ao arco elétrico também pode causar a ignição de componentes, não necessariamente afetados de maneira direta pelo fenômeno (LENTINI, 2013), e até mesmo a explosão de determinados componentes, como capacitores.

Sobretensões acentuadas também podem ocasionar arcos elétricos em paralelo entre barramentos de um quadro de distribuição, ou até mesmo entre um barramento e o invólucro aterrado do quadro. Os arcos geram temperaturas elevadas capazes de retirar material das extremidades condutoras, transformando-os em vapores metálicos, que se espalham no compartimento onde ocorreu a falta. Dessa maneira, uma única falta fase-terra pode se transformar em faltas múltiplas (bifásica, trifásica, etc.), maximizando os danos. Em quadros de baixa tensão, onde os barramentos geralmente são nus, o risco disso acontecer é ainda maior. O arco tende a se propagar pelo barramento, por isso nem sempre os maiores danos ocorrem onde o fenômeno se iniciou (NFPA, 2017a; MARDEGAN, 2016).

2.4.2 Eletricidade estática

A eletricidade estática é uma importante fonte potencial de ignição de incêndios e explosões, principalmente em processos que envolvem o uso de líquidos, gases e poeiras inflamáveis.

Quando cargas elétricas ficam confinadas na superfície de um corpo não-

condutor ou num corpo condutor inserido meio isolante que não permite a fuga, dá-se o nome de eletricidade estática, e diz-se que o corpo está carregado (NFPA, 2017a). Cargas estáticas, negativas ou positivas, podem ser acumuladas em corpos por meio dos mecanismos de fricção, contato ou indução (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Se a diferença de potencial entre dois corpos tornar-se suficientemente grande, dada uma determinada distância entre eles, poderá ocorrer um arco elétrico.

Frequentemente a investigação de ignições supostamente causadas por eletricidade estática dependerá da descoberta e análise de evidências circunstanciais e da eliminação da possibilidade de outras fontes de ignição, e não de evidências físicas. Para tanto, a NFPA (2017a) traz cinco condições - adaptadas por este autor - que devem ser analisadas e confirmadas pelo investigador a fim de fortalecer a hipótese de ignição por eletricidade estática:

1. Deve existir um meio eficaz para a geração de eletricidade estática;
2. É necessário que haja condições para que ocorra a acumulação de cargas, de forma a desenvolver potencial elétrico suficiente para ocasionar um arco elétrico;
3. Deve existir um caminho plausível para a circulação da corrente elétrica no momento da ocorrência do arco elétrico;
4. Deve haver uma fonte de combustível capaz de entrar em ignição com a energia proveniente do arco elétrico.
5. O arco elétrico e a fonte de combustível precisam coexistir no local e no momento da ignição.

A NFPA (2017a) apresenta superficialmente alguns mecanismos pelos quais pode ocorrer a formação de eletricidade estática e condições que podem propiciar a ocorrência de arco elétrico. Tendo em vista a amplitude da discussão sobre as inúmeras formas pelas quais a eletricidade estática pode atuar como agente ígneo de incêndios e, especialmente, de explosões difusas, entende-se que não cabe aqui estender a discussão.

2.4.3 Arco elétrico por desconexão

O arco elétrico por desconexão, ocorre quando um caminho condutor conduzindo corrente é seccionado, de maneira a propiciar a formação de um arco elétrico no ar (NFPA, 2017a). Esse fenômeno pode ocorrer em série ou em paralelo. No primeiro caso, frequentemente ocorre na forma de centelhamento, e pode ser observado, por exemplo, quando: um interruptor é desligado; um plug é puxado da tomada ou está frouxo nos terminais; um disjuntor é desligado ou é desarmado em razão de uma sobrecorrente; as escovas existentes em determinadas máquinas elétricas encostam nos anéis coletores. O caso do arco elétrico por desconexão em paralelo ocorre, por exemplo, no momento em que os condutores envolvidos num curto-circuito perdem o contato entre si.

É importante não confundir o mecanismo de surgimento de arco elétrico por desconexão com o que diz respeito à formação de arco elétrico no ar quando a tensão é suficientemente elevada (> 350 V). Pode-se imaginar que naquele a corrente elétrica tenta permanecer circulando mesmo após o seccionamento dos condutores. Segundo Mardegan (2016), em instalações elétricas com tensões inferiores 150 V os arcos elétricos por desconexão tendem a autoextinguir-se.

Esse fenômeno acontece facilmente nas desconexões parciais mencionadas por CBMDF (2010), pois movimentos na fiação fazem com que os filamentos seccionados toquem outros filamentos e, no momento em que se desconectam, ocorrem arcos elétricos por desconexão em série, pontuais, de curtíssima duração e com pouca liberação de calor. Isso explica a presença dos pequenos traços de fusão que por vezes são encontrados em desconexões parciais de condutores.

Quando escuta-se um interruptor de luminária ou uma tomada zumbindo internamente de maneira contínua, é provável que esteja acontecendo a formação arcos elétricos por desconexão em série em algum contato imperfeito, situação que representa um risco de incêndio.

2.4.4 Arco elétrico através de um caminho carbonizado

A degradação por aquecimento de materiais orgânicos dá origem ao processo de carbonização, tornando-os semicondutores de eletricidade (DEHAAN; ICOVE, 2012). Uma superfície suficientemente carbonizada, se submetida a uma

diferença de potencial (> 30 V), pode tornar-se um caminho para a formação de um arco elétrico em paralelo (BABRAUSKAS, 2008).

Dependendo da recorrência, intensidade e duração dos arcos elétricos através do caminho carbonizado, fatores que dependem do grau de degradação do meio, podem ser encontrados inúmeros pontos de derretimento nos condutores envolvidos, centímetros de metal destruído, filamentos rompidos (em condutores flexíveis) e traços de fusão caracterizando o rompimento total dos condutores, que podem estar soldados ou não (NFPA, 2017a).

Tratando-se de investigação de incêndios, há duas maneiras pelas quais é possível que ocorra essa degradação: passagem de corrente elétrica pelo material orgânico ou aquecimento por uma fonte externa de calor, sendo o segundo caso o mais comum. Elas serão examinadas nas próximas subseções.

O CBMDF (2010) usa o termo “grafitização” para referir-se à carbonização supracitada. A União Internacional de Química Pura e Aplicada (2012) define grafitização como a transformação em estado sólido de carbono não-grafítico termodinamicamente instável em grafite por meio de tratamento térmico, e reforça que o uso do termo grafitização para indicar um processo de tratamento térmico de materiais de carbono independentemente de qualquer cristalinidade resultante é incorreto. Como não foi encontrado nenhum respaldo científico atestando o grau de cristalinidade do carbono quando da ocorrência de arco elétrico através desse meio, recomenda-se o uso do termo “carbonização”, em sentido amplo, em vez de “grafitização”.

2.4.4.1 Passagem de corrente elétrica

A presença de sais minerais (resultantes da evaporação de água da chuva empoçada, por exemplo), poeiras condutoras e líquidos condutores sobre uma superfície orgânica - plásticos e madeiras, por exemplo - pode propiciar a passagem de pequenas correntes de fuga entre partes condutoras com diferença de potencial entre elas, que porventura estejam em contato com a superfície. Essa circulação indevida de corrente elétrica aquece a superfície por onde ela passa, degradando o material orgânico, isto é, promovendo a sua carbonização (NFPA, 2017a).

De forma gradual, a degradação da superfície pelas correntes de fuga pode chegar ao ponto de propiciar a formação de arcos elétricos em paralelo, através do

caminho carbonizado, entre as duas partes condutoras que promoveram a circulação de correntes de fuga. Quando da formação de arco elétrico, se os gases combustíveis resultantes da pirólise do material carbonizado formarem uma mistura ideal com o ar, pode ocorrer uma ignição e, por consequência, um princípio de incêndio (NFPA, 2017a).

A NFPA (2017a) traz ainda uma situação particular que pode ocorrer em razão do sobreaquecimento do PVC ($> 110\text{ }^{\circ}\text{C}$): reações químicas no carbonato de cálcio presente no PVC possibilitam que a umidade do ar deposite-se hidrofílicamente sobre a superfície do material, promovendo ou agravando a circulação de correntes de fuga e a carbonização.

2.4.4.2 Aquecimento por um fonte externa de calor

A carbonização em razão de um fonte externa de calor é especialmente importante no que tange a degradação das isolações de condutores com potenciais diferentes que passam juntos (encostados), o que via de regra é a maneira pela qual são instaladas linhas elétricas. Superfícies aquecidas e equipamentos que produzem calor, a exemplo de fornos e churrasqueiras, quando próximos a condutores isolados, podem causar a degradação das isolações da fiação, sem que ou antes que ocorra o derretimento completo desses materiais. No caso de um incêndio, as elevadas temperaturas podem acelerar bastante o processo de degradação da isolação de condutores.

Essa degradação ocorre de fora para dentro, ao contrário daquela causada por uma sobrecarga. Entretanto, os dois fenômenos podem dar origem a um arco elétrico em paralelo através do caminho carbonizado, o que muda é somente o mecanismo que deu origem à carbonização. Num caso extremo, caso ocorra o rompimento completo da isolação e um contato direto entre os condutores, tem-se um fenômeno diferente: o curto-circuito.

Apesar do destaque dado ao contato entre condutores isolados, vale ressaltar que o fenômeno também pode acontecer entre um condutor com a isolação carbonizada, e a terra ou uma massa aterrada.

2.5 FALTAS

Ao analisar informes e laudos produzidos pelos investigadores do CBMSC, verifica-se com frequência o uso sem critério do termo “curto-circuito”, principalmente quando da presença de traços de fusão nos locais sinistrados. Isso gera problemas conceituais que resultam em análises equivocadas nos informes e laudos, criando inconsistências graves. Dessa forma, será esclarecido de forma sucinta o que são “faltas” e como o “curto-circuito” entra nesse contexto.

A falta fica caracterizada quando ocorre um contato ou um arco elétrico acidental entre partes vivas sob potenciais diferentes, entre partes vivas e a terra ou entre partes vivas e uma massa, em um ou mais componentes energizados da instalação elétrica. As faltas são causadas, via de regra, por falhas de isolamento entre as partes, podendo a impedância entre elas ser considerável ou desprezível. Podem envolver uma, duas ou até mesmo as três fases (MORENO; SOUZA, 2001).

Clarificando, faltas podem assumir valores de corrente elétricas variados, conforme o nível de tensão, as fases envolvidas no evento e a impedância oferecida pelo percurso, sendo esta especialmente importante para avaliar as faltas que envolvem a terra. Na indústria, por exemplo, em alguns casos é desejável limitar o valor da corrente proveniente de uma falta fase-terra, por isso utiliza-se um resistor limitante no aterramento.

Quando a falta ocorre por contato direto, através de uma impedância desprezível, ela é chamada de falta franca ou de curto-circuito (MORENO; SOUZA, 2001), ou seja, o curto-circuito é um caso particular de falta. O curto-circuito obrigatoriamente assume valores elevados, o que ocorre justamente em razão da impedância desprezível que o circuito formado oferece.

Conforme a definição de faltas, verifica-se que o arco elétrico em paralelo pode ser caracterizado como outro caso particular da falta. Por possuir um meio limitante, uma falta com formação de arco elétrico sempre assumirá valores menores que os de um curto-circuito (MARDEGAN, 2016). Para que não haja dúvidas, é pertinente destacar que o arco elétrico em série não é uma falta, pois o fenômeno ocorre entre dois pontos com o mesmo potencial elétrico.

É importante ressaltar também que não é incomum encontrar em literaturas de engenharia elétrica o uso do termo “curto-circuito” como sinônimo de “falta”. No entanto, este autor entende que essa equivalência pode gerar confusões, sendo

inadequada, por isso recomenda-se o uso do termo de “curto-circuito” somente para referir-se a faltas com impedâncias desprezíveis.

Na seção subsequente será analisado com mais detalhes o curto-circuito. Como o arco elétrico em paralelo já foi tratado em subcapítulo específico, não cabe abordá-lo novamente.

2.5.1 Curto-circuito

Quando ocorre a ligação de dois ou mais pontos de um circuito com potenciais diferentes, podendo um deles ser a terra ou uma massa aterrada, através de uma impedância desprezível, deflagra-se um pico de corrente elétrica de valor elevadíssimo: o curto-circuito. Esse fenômeno gera calor pontual capaz de iniciar o derretimento dos metais no ponto de contato, de maneira a criar um pequeno espaço de ar que dá origem a um arco elétrico por desconexão.

Esse arco elétrico agrava a fusão dos metais, pois gera temperaturas locais ainda mais elevadas (NFPA, 2017a), e dada a severidade do evento, partículas de metal derretido podem ser arremessadas para longe. Ressalta-se que o processo descrito ocorre quase que instantaneamente.

Se o curto-circuito não for extinto em poucas dezenas de milissegundos pelo dispositivo de proteção, o ponto de contato entre os condutores envolvidos no fenômeno irá fundir e vaporizar até o momento em que a distância entre eles se torne suficiente para cessar o arco elétrico. Por vezes, no entanto, os condutores envolvidos fundem-se no ponto de contato e ficam unidos após a ressolidificação. Notoriamente, quanto mais tempo durar curto-circuito, maior é a energia térmica liberada, o estrago na instalação elétrica e o risco de causar um princípio de incêndio, tendo em vista que todo o caminho percorrido pela corrente elétrica está sujeito a um sobreaquecimento. Nesse sentido, é interessante comentar que em instalações elétricas antigas ainda é bastante comum encontrar disjuntores que contam somente com a proteção térmica, logo a atuação deles é bem mais lenta que a desejável num caso de curto-circuito.

É importante destacar que mesmo com a atuação instantânea do dispositivo de proteção, o arco elétrico decorrente do curto-circuito provavelmente deixará vestígios de danos no local do contato (BENFER, GOTTUK, 2013).

3. RECONHECIMENTO DE VESTÍGIOS

Neste Capítulo serão pormenorizados aspectos de alguns vestígios já mencionados anteriormente de forma superficial, e serão ainda identificados outros vestígios que podem vir a auxiliar o investigador na solução de investigações.

3.1 TRAÇOS DE FUSÃO

Na doutrina americana, não existe um termo equivalente para referir-se ao “traço de fusão”, utilizado por CBMDF (2010). Logo, a NFPA (2017a) não traz uma definição precisa sobre o que seriam essas marcas.

Este autor entende que um conceito adequado para o termo “traço de fusão” seria: uma deformação num ponto metálico que fundiu e ressolidificou, em razão da ocorrência de arco elétrico. A seguir serão analisados os desdobramentos dessa definição.

Inicialmente, considera-se importante dirimir alguns problemas conceituais pontuados em CBMDF (2010):

1. “Traços de fusão são pontos diminutos detectados ao longo da fiação elétrica onde se deu um curto-circuito” (CBMDF, 2010).

Verificam-se dois erros graves nessa definição. Primeiro, é incorreto vincular a presença de traços de fusão ao curto-circuito. O traço de fusão pode ocorrer em razão de diversos mecanismos envolvendo arcos elétricos - o curto-circuito é somente um deles - e, inclusive, pode ser confundido por deformações resultantes das elevadas temperaturas presentes em determinados incêndios.

A seguir, é importantíssimo ter em mente que o traço de fusão não se manifesta somente na fiação. Resgatando o conceito de “faltas”, o arco elétrico pode acontecer tanto entre partes vivas quanto entre partes vivas e massas, desde que haja um caminho fechado para a corrente elétrica circular. Portanto, é plenamente possível encontrar traços de fusão em partes metálicas que em condições normais não ficam energizadas. Por exemplo, recentemente numa investigação foi verificado um traço de fusão na mangueira de gás de um fogão, feita de aço, equipotencializada com a terra. No caso, um arco elétrico formado entre um condutor fase - degradado pelo calor periódico gerado no forno - e a mangueira, que

estava encostada na isolação do condutor, foi capaz de fundi-la em um ponto, rompendo-a, causando ainda a ignição instantânea do GLP e a formação de um maçarico a partir do ponto rompido.

2. “O traço de fusão secundário caracteriza-se por possuir menor grau de polidez, maior rugosidade na superfície do traço que apresenta uma forma mais irregular” (CBMDF, 2010).

Conforme verificado na revisão bibliográfica realizada por Motelievicz (2015), ainda não existe uma metodologia, visual ou laboratorial, confiável para diferenciar um traço de fusão que deu origem a um incêndio de outro que foi consequência do evento, pois eles não produzem categoricamente resíduos e formas distintas. Dentro desse campo, Marques (2019) explica a metodologia de aplicação de uma técnica de investigação de incêndios, consolidada na doutrina internacional, chamada de “*arc mapping*”, a qual está intimamente relacionada à verificação de traços de fusão primários e secundários, com o intuito de definir a zona de origem de um incêndio.

3. “Como resultado de tal elevação térmica localizada, a superfície do material condutor em contato, funde-se dando origem, geralmente, a uma superfície polida, esférica e concentrada” (CBMDF, 2010).

Essa afirmação não está errada, contudo, está incompleta. As deformações características dos traços de fusão podem se apresentar em diferentes formas. Quando um arco elétrico chega a romper um condutor, verifica-se também com certa regularidade a formação de superfícies bastante irregulares. Além disso, quando não há o rompimento completo do condutor, é comum encontrar um pequeno entalhe ou depressão no metal (NFPA, 2017a; BENFER; GOTTUK, 2013; ROBY; MCALLISTER, 2012).

Como mencionado anteriormente, as altas temperaturas do incêndio também podem dar origem a deformações em metais bastante similares àquelas encontradas em traços de fusão (NFPA, 2017a). O trabalho realizado por Roby e McAllister (2012) demonstrou que quando as condições são suficientes para produzir temperaturas acima daquela na qual o cobre funde ($> 1083 \text{ }^{\circ}\text{C}$), a probabilidade de ser formada uma superfície polida, esférica e concentrada em um

condutor não energizado é praticamente a mesma que a probabilidade dela se formar num condutor energizado, sendo, neste caso, chamada de traço de fusão pela doutrina brasileira. Concluiu-se que, seja de forma visual ou utilizando equipamentos de laboratório, não é possível diferenciar, de forma absoluta, deformações formados em fios energizados e em fios não energizados, no entanto, a NFPA (2017a) enumera bons indicadores.

Indicadores da ocorrência de traços de fusão:

- Demarcação clara entre o ponto do condutor onde ocorreu o arco elétrico e os seus arredores;
- Identificação de dano correspondente ao mesmo arco elétrico num outro condutor ou massa;
- Presença de respingos de metal ressolidificados do material condutor, sobre alguma superfície próximas ao local do fenômeno.
- Pequenas “ondas de ressolidificação” no ponto do metal onde ocorreu o arco (lembram o efeito que ocorre na superfície da água quando se deixa cair uma pedra);

Indicadores de derretimento dos condutores pela ação das elevadas temperaturas do incêndio:

- Efeito da gravidade no metal ressolidificado;
- Área extensa de deformação, sem uma demarcação clara entre a área danificada e a não danificada;
- Estreitamento gradual do condutor.

É importante ressaltar que a fusão dos condutores de cobre pela temperatura do incêndio não ocorre tão rápido quanto pelo arco elétrico, podendo demorar vários segundos e até mesmo minutos (ROBY; MCALLISTER, 2012). Afinal, a temperatura de um incêndio, por mais agressivo que seja, é muito inferior à temperatura de um arco elétrico, e, além disso, nem sempre chegará à temperatura de fusão do cobre.

3.2 CORES EM SUPERFÍCIES CONDUTORAS OXIDADAS

Quando a isolação de condutores de cobre é danificada e removida por qualquer motivo, ou ainda inexistente, a ação do calor sobre eles causa a formação de camadas superficiais de óxido cúprico, cuja cor varia entre vermelha escura e preta (NFPA, 2017a). Essas marcas são verificadas com frequência em condutores após um incêndio.

Na presença de ácidos, cores azuis e verdes também podem ser verificadas nos condutores de cobre oxidados, especialmente quando a isolação é de PVC, tendo em vista que a decomposição térmica deste material forma ácido clorídrico (NFPA, 2017a). O cobre e as ligas metálicas que contêm cobre, a exemplo do latão e do bronze, quando expostas de forma regular ao ar com umidade, lentamente se oxidam, dando origem à formação de uma pátina esverdeada semelhante. Cabe lembrar que os produtos da corrosão do cobre possuem resistividade elétrica maior que o metal, por isso podem favorecer o sobreaquecimento do condutor.

3.3 PROJEÇÃO DE RESÍDUOS

Quando da ocorrência de um arco elétrico, partículas luminosas de metal derretido podem desprender-se e respingar sobre alguma superfície próxima ao local do fenômeno. Isto é, conforme o caso, podem ser tratados como vestígios da ocorrência de arco elétrico ou até mesmo como agentes ígneos de um princípio de incêndio.

Partículas de cobre fundido rapidamente perdem calor para ar e se ressolidificam, logo possuem capacidade térmica limitada para chegarem ao ponto de causarem a ignição em materiais sólidos maciços. Partículas de alumínio, por outro lado, perdem calor com menos facilidade, podendo projetarem-se com temperaturas elevadíssimas sobre materiais próximos do local de ocorrência do arco elétrico (NFPA, 2017a).

Dependendo da violência do arco elétrico, principalmente quando da ocorrência de curto-circuito, é comum que partículas de metal fundido sejam arremessadas para longe, em alta velocidade (MARDEGAN; PARISE, 2018).

3.4 OUTROS EFEITOS DO ARCO ELÉTRICO

Dentro do estudo realizado neste artigo, foram discutidos alguns efeitos do arco elétrico que deixam vestígios físicos no local, a saber: elevadas temperaturas, formação de traços de fusão e projeção de resíduos. Contudo, há ainda outros efeitos importantes (cujas intensidades dependem da severidade do arco elétrico), citados por Mardegan e Parise (2018), que podem auxiliar o investigador a identificar a ocorrência de arco elétrico - mais especificamente de arco em paralelo -, por meio de depoimentos de testemunhas e de análise de filmagens de câmeras de segurança. São os seguintes:

- Formação ondas de pressão devido à expansão abrupta de ar, capazes de chegar a valores de velocidade de propagação característicos de uma detonação;
- Emissão de luminosidade da ordem de até 2.000 vezes a de um escritório, podendo causar cegueira temporária ou permanente.
- Ocorrência de forte estampido no momento do rompimento do dielétrico, semelhante ao som de uma explosão.

4. CONCLUSÃO

Estatisticamente a eletricidade está entre maiores agentes causadores de incêndios em edificações. Confrontando a doutrina do CBMDF (2010) - utilizada como principal base doutrinária nas investigações realizadas pelo CBMSC - com da NFPA (2017a), alicerçada por outras literaturas, foi constatada a necessidade de uma reestruturação. Isso posto, este artigo teve por finalidade atualizar a doutrina utilizada pelo CBMSC para investigação de incêndios em edificações associados à eletricidade, renovando, aprofundando, contestando e corrigindo alguns pontos, de modo a proporcionar o aprimoramento de laudos e informes produzidos pelos investigadores catarinenses.

Para tanto, inicialmente, foram analisados aspectos de múltiplos mecanismos causadores de incêndio associados à eletricidade: equipamentos resistivos de aquecimento, contatos imperfeitos, arcos elétricos e faltas. Os dois últimos foram ainda subdivididos tendo em vista as diferentes sistemáticas em que podem ocorrer.

Ficou claro que mecanismos pelos quais ocorrem os incêndios envolvendo eletricidade são complexos e geralmente ocorrem de maneira integrada, por isso não cabe tratá-los como eventos independentes.

A seguir foram discutidos tópicos especiais sobre o reconhecimento correto e oportuno de alguns vestígios que podem ser valiosos em determinadas investigações, a saber: traços de fusão, cores de superfícies condutoras oxidadas; projeção de resíduos; e outros efeitos do arco elétrico não discutidos anteriormente.

Sugestões para trabalhos futuros correlatos: análise de falhas elétricas em equipamentos que podem dar origem a incêndios; avaliação do papel dos problemas de qualidade energia elétrica enumerados por ANEEL (2017) em ocorrências de incêndios em edificações; análise de riscos envolvendo eletricidade estática; aplicação e eficácia dos AFCI's.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional**: Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica. Brasil, 2017.

BABRAUSKAS, V. Research on Electrical Fires: The State of the Art. In: NINTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FIRE SAFETY SCIENCE, 2008, Karlsruhe. **Anais...**, pp. 3-18.

BENFER, M. E.; GOTTUK, D. T. **Development and Analysis of Electrical Receptacle Fires**. Washington: U.S. Department of Justice, 2013.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL (CBMDF). **Guia para investigação de incêndios e explosões**. Brasília, 2010.

DEHAAN, J. D.; ICOVE, D. J. **Kirk's Fire Investigation**. 7 ed. New Jersey: Pearson, 2012.

LENTINI, J. J. **Scientific Protocols for Fire Investigation**. 2 ed. Boca Raton: CRC Press, 2013.

DURHAM, M. O. et al. **Electrical Failure Analysis for fire & incident investigations**. Tulsa: Theway Corp, 2011.

GAMMON, T.; MATHEWS, J.. Conventional and recommended arc power and energy calculations and arc damage assessment. **IEEE Transactions on Industry**

Applications, v. 39, n. 3, p. 594-599, 2003.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.. **Fundamentos de física: Eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MARDEGAN, C. Tipos de faltas mais comuns. **O Setor Elétrico**, v. 131, p. 34-43, 2016.

MARDEGAN, C.; PARISE, G. O arco elétrico. **O Setor Elétrico**, v. 144, p. 30-35, 2018.

MARQUES, R. M. **O emprego do Mapeamento de Arcos Elétricos (Arc Mapping) na rotina de investigação de incêndios do CBMSC**. 2019. Artigo científico produzido em cumprimento parcial às exigências do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu de Perícia em Incêndio e Explosão, do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, ocorrido em Florianópolis, no ano de 2019.

MORENO, H.; SOUZA, J. R. A. de. **Guia EM da NBR 5410**. São Paulo: MM Editora, 2001.

MOTELIEVICZ, M. E. **Curto-circuito como fenômeno termoelétrico relacionado a causas de incêndios em edificações: mitos e verdades**. 2015. Artigo científico produzido em cumprimento parcial às exigências do Curso de Perícia em Incêndio e Explosão, do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, ocorrido em Florianópolis, no ano de 2015.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA). **NFPA 921: Guide for Fire and Explosion Investigations**. Quincy, Massachusetts: NFPA. 2017a.

_____. **NFPA 70: National Electrical Code**. Quincy, Massachusetts: NFPA. 2017b.

ROBY, R. J.; MCALLISTER, J. **Forensic Investigation Techniques for Inspecting Electrical Conductors Involved in Fire**. Washington: U.S. Department of Justice, 2012.

União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). **Gold Book**. 2 ed. IUPAC: Oxford, 2012. Disponível em: <<https://goldbook.iupac.org/html/G/G02691.html>>. Acesso em: 21 mar. 2019.