



ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS DE ISOLAÇÃO UTILIZADOS NOS CABOS ELÉTRICOS DE BAIXA TENSÃO

Runan Aguirre Suares

Cadete do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2013). E-mail: aguirre@cbm.sc.gov.br

Bruno de César Toledo Camilo

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

RESUMO

O presente artigo foi realizado com o objetivo de conhecer os diferentes materiais de isolação de cabos elétricos existentes no mercado brasileiro e identificar suas características e especificidades, assim como indicar a utilização desses nos variados tipos de edificações e equipamentos elétricos. Este estudo se revela importante tanto na correta utilização dos cabos e fiações elétricas nas edificações, já que grande parte das edificações não possuem cabos e fiações próprios para o seu fim, de acordo com as normas, quanto na atividade de investigação de incêndio da corporação. A correta utilização desses cabos nas edificações pode evitar muitos incêndios de origem elétrica. Além disso, o referido estudo pode colaborar para a determinação da causa de incêndios, direção de propagação de chamas e, principalmente, na análise, em geral, de incêndios de origem elétrica. Para atingir o objetivo deste trabalho, foi feita pesquisa bibliográfica e documental sobre conceitos, tipos e exemplos de materiais de isolação. Pesquisou-se vários fabricantes de cabos elétricos e os materiais de isolação utilizados nesses, como também, características e especificidades deles.

Palavras-chave: Materiais de isolação. Cabos elétricos. Propagação de chamas. Incêndios. Origem elétrica.

ABSTRACT

This article was carried out with the objective of knowing the different electrical cable isolation materials existing in the Brazilian market and identifying their characteristics and specificities, as well as indicating the use of these in the various types of buildings and electrical equipment. This study proves to be important both in the correct use of cables and electrical wiring in buildings, since most of the buildings do not have cables and wiring suitable for their purpose, according to the standards, and in the fire investigation activity of the corporation. The correct use of these cables in buildings can prevent many fires of electrical origin. In addition, the aforementioned study can collaborate to determine the cause of fires, direction of flame propagation and, mainly, in the analysis, in general, of fires of electrical origin. In order to achieve the purpose of this work, bibliographical and documentary research were done about concepts, types and examples of insulation materials. Various manufacturers of electrical cables and the isolation materials used in these cables were researched, as well as their characteristics and specificities.

Keywords: Isolation materials. Electric cables. Fire spread. Emission of smoke and toxic gases. Fires of electrical origin.



1 INTRODUÇÃO

A eletricidade é um recurso muito importante nos dias de hoje, pois ela proporciona bem estar, segurança e lazer na vida das pessoas, além de permitir o funcionamento dos hospitais, escolas, indústrias, semáforos, eletroeletrônicos, máquinas, etc. Atualmente, não há como imaginar a vida sem a energia elétrica. No entanto, apesar de trazer muitos benefícios, ela tem seus riscos. A instalação elétrica é, muitas vezes, conforme analisado nas investigações de incêndio, a causa do início de incêndio. É muito comum encontrar edificações com instalações elétricas deficientes: dimensionamento incorreto da rede elétrica (cabos mal dimensionados, por exemplo), sobrecarga de rede e cabos elétricos expostos e desencapados são algumas causas comuns dos incêndios em edificações. Um fator importante na escolha dos componentes de uma instalação elétrica são os cabos, os quais precisam ser de qualidade, bem dimensionados e corretamente escolhidos para cada tipo de instalação, a fim de ser eficiente e, sobretudo, segura para os usuários do sistema.

O cabo elétrico é utilizado para transportar energia elétrica da fonte para a carga em uma instalação elétrica. O principal componente dos cabos elétricos é o condutor que, fabricado de material metálico, suporta altas temperaturas. Na maioria das instalações, o material utilizado como condutor é o cobre. Para garantir a qualidade, durabilidade e segurança, não basta esses cabos apenas possuírem o cobre de alto grau de pureza. Tão importante quanto o cobre, é o material de isolamento utilizado nesses cabos elétricos. A isolamento é o componente utilizado com a função básica de confinar o campo elétrico resultante da tensão aplicada aos cabos em seu interior, eliminando os riscos de choques elétricos e curtos-circuitos. Diferente do condutor, a isolamento é fabricada de materiais não resistentes a altas temperaturas, como o cloreto de polivinila (PVC), borracha de etileno-propileno (EPR) ou polietileno reticulado (XLPE). A escolha do cabo elétrico, assim como sua isolamento, são fatores muito importantes na proteção passiva contra o incêndio.

A primeira grande evolução dos componentes isolantes dos cabos elétricos, em relação à propagação do fogo se deu no final dos anos 70, início dos anos 80, devido a dois incêndios de grandes proporções na cidade de São Paulo: os edifícios "Andraus" e "Joelma". Esses trágicos acidentes movimentaram as práticas e requisitos de segurança, possibilitando que fossem estabelecidos, em norma, critérios para proteção passiva contra incêndio relacionados a cabos elétricos (FLANDOLI, 2017).

Algumas fabricantes de cabos elétricos trazem, em suas páginas de *internet*, as características e especificações dos materiais de isolamento utilizados em seus produtos e as recomendações quanto à utilização de cada material nos variados tipos de edificações e equipamentos. Porém, ainda há deficiência, na literatura brasileira, de informações mais concretas e fidedignas sobre o assunto, sem a interferência publicitária, havendo também poucos ensaios e testes com certos materiais de isolamento utilizados atualmente. Visando colaborar com o estudo desse assunto, com a prevenção de incêndios em edificações e com a realização de investigações de incêndio, principalmente aqueles com causa elétrica, esse artigo tem o intuito de realizar uma análise das características dos



materiais de isolação utilizados nos cabos elétricos de baixa tensão (de 50 V a 1500 V), a fim de especificar os materiais de isolação mais adequados para cada tipo de edificação. Desse modo, este artigo tem os seguintes objetivos:

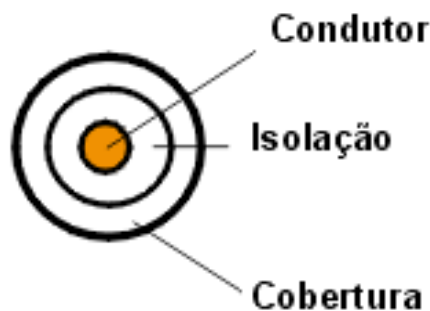
- identificar os principais tipos de materiais utilizados na isolação dos cabos elétricos disponíveis no mercado brasileiro;
- analisar as características de cada material;
- indicar os materiais de isolação adequados quanto à utilização para os variados tipos de edificação e equipamentos.

2 CABOS ELÉTRICOS

Os cabos elétricos são responsáveis por transportar energia elétrica de um ponto a outro em um circuito elétrico (IPCE, 2018). Os principais componentes de um cabo elétrico de potência em baixa tensão são:

- o condutor;
- a isolação; e
- a cobertura.

Figura 1- Componentes do cabo elétricos.

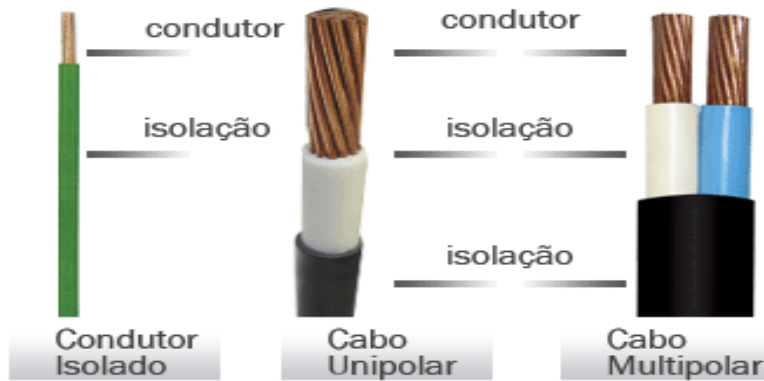


Fonte: IPCE, 2018.

Alguns cabos elétricos podem ser dotados apenas de condutor e isolação, sendo denominados de condutores isolados, enquanto que outros podem possuir adicionalmente a cobertura, a qual é aplicada sobre a isolação. Desse modo são chamados de cabos unipolares ou multipolares, dependendo do número de condutores (veias) que possuem (IPCE, 2018).



Figura 2 - Diferença entre condutor isolado, cabo unipolar e cabo multipolar.



Fonte: IPCE, 2018.

2.1 CONDUTORES

O cobre e o alumínio são os metais mais utilizados em função de suas propriedades elétricas, térmicas, mecânicas e custos. O cobre é o material mais usado em condutores providos de isolação, enquanto que o alumínio é mais empregado em condutores nus para redes aéreas. (FLANDOLI, 2018). As principais diferenças entre o cobre e o alumínio são a condutividade elétrica, peso e conexões (IPCE, 2018).

A condutividade elétrica é a grandeza que expressa a capacidade que um material tem de conduzir a corrente elétrica. Há um padrão de condutividade adotado em quase todos os países, o qual é fixado em 100% a condutividade de um fio de cobre de 1 metro de comprimento com 1 mm^2 de seção e cuja resistividade a 20°C seja de $0,01724 \text{ W}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ (IPCE, 2018). Vale ressaltar que a resistividade e a condutividade podem variar com a temperatura ambiente. Com isso, todos os demais condutores, sejam em cobre, alumínio ou outro metal qualquer, têm suas condutividades sempre referidas a esse parâmetro (FLANDOLI, 2018).

Em relação ao peso, a densidade do alumínio é de $2,7 \text{ g/cm}^3$ e a do cobre de $8,9 \text{ g/cm}^3$. Portanto, a relação entre o peso de um condutor de cobre e o peso de um condutor de alumínio, que transportam a mesma corrente elétrica, ainda que o condutor de alumínio possua uma seção cerca de 60% maior, seu peso é aproximadamente 50% menor (FLANDOLI, 2018).

Por esse motivo, estabeleceu-se a diferença de aplicação do cobre e do alumínio nas redes elétricas. Quando o peso próprio dos condutores for um problema nas instalações, prefere-se o alumínio por sua leveza. É o caso das linhas aéreas em geral, onde as dimensões de torres e postes e os vãos entre eles dependem diretamente do peso dos cabos por eles sustentados (IPCE, 2018). E, quando o problema não é o peso, mas é o espaço ocupado pelos condutores, utiliza-se o cobre por possuir um menor diâmetro, como é o caso das instalações internas, onde os espaços ocupados pelos eletrodutos, eletrocalhas e bandejas são limitados (FLANDOLI, 2018).

Outra diferença entre o cobre e o alumínio é a forma como são realizadas as conexões entre condutores ou entre condutor e conector. O cobre não



Pós-graduação em Incêndio e Explosão – Turma 2020

apresenta requisitos especiais quanto ao assunto, sendo relativamente simples realizar as ligações dos condutores de cobre. No entanto, o alumínio deve ser tratado com mais cuidado (FLANDOLI, 2018).

A superfície do alumínio, quando exposta ao ar, é imediatamente recoberta por uma camada de óxido, de difícil remoção e altamente isolante. Com isso, em condições normais, se encostarmos um condutor de alumínio em outro não haveria um adequado contato elétrico entre eles (FLANDOLI, 2018).

Para se conseguir um bom contato nas conexões em alumínio é preciso romper essa camada de óxido, o que é obtido apenas com a utilização de ferramentas e conectores específicos e mão de obra treinada. Além disso, quase sempre são empregados compostos que inibem a formação de uma nova camada de óxido, uma vez removida a camada anterior (FLANDOLI, 2018).

2.2 COBERTURA

Em muitos casos, é necessário que a isolação seja protegida contra agentes externos tais como impactos, cortes, abrasão, agentes químicos, entre outros. Nessas situações, os cabos elétricos são dotados de uma cobertura, sendo chamados de cabos unipolares ou multipolares (IPCE, 2018).

A cobertura pode ser fabricada em materiais como PVC, polietileno, neoprene, polietileno clorossulfonado, material não halogenado (com baixa emissão de fumaça, gases tóxicos e corrosivos), dentre outros. A escolha do tipo de material da cobertura é feita em função das influências externas a que o cabo estará submetido, como por exemplo ambientes com presença de água, substâncias corrosivas, solicitações mecânicas, presença de fauna e radiação solar (FLANDOLI, 2018). O material mais utilizado como cobertura é o Cloreto de polivinila (PVC), um material com boa resistência às intempéries e ao calor. Também apresenta uma boa resistência ao óleo e à propagação de chama e, como característica principal para a sua aplicação como cobertura de cabos elétricos, possui uma boa resistência a produtos químicos, em geral.

2.3 ISOLAÇÃO

A isolação tem como função básica confinar o campo elétrico resultante da tensão aplicada aos cabos em seu interior, isto é, a aplicação correta de um material isolante de qualidade reduz ou praticamente elimina os riscos de choques elétricos e curtos-circuitos (MORENO, 2018). A isolação dos condutores elétricos podem influenciar até na capacidade de condução de corrente elétrica, aumentando ou diminuindo essa capacidade (RDT RAGEMG, 2014).

No ano de 1795 surgiram os primeiros cabos isolados que se tem notícia. Esses foram utilizados em uma linha telegráfica na Espanha e eram isolados em papel. Na sequência surgiram condutores isolados por “guta percha”, uma espécie de planta nativa da Índia; em papel impregnado em óleo; em borracha natural; e em borracha sintética (EPR) e PVC, que surgiram após a Segunda Guerra Mundial e são utilizados até os dias de hoje (IPCE, 2018).

Apesar da excelente isolação que proporcionava, os cabos isolados em papel foram sendo substituídos por cabos com isolação sólida, como por exemplo o PVC. Isso se deu devido à dificuldade de manuseio durante a sua instalação,



Pós-graduação em Incêndio e Explosão – Turma 2020
sobretudo na realização de emendas e terminações (IPCE, 2018).

2.3.1 Características

As isolações de todos os cabos de baixa tensão são constituídas por material sólido termoplástico (PVC) ou termofixos (EPR e XLPE) (FLANDOLI, 2018). Também existe a isolação com compostos especiais como os materiais não halogenados (MORENO, 2018).

Existem vários aspectos que diferenciam cada um desses materiais isolantes entre si. Os mais importantes são a rigidez dielétrica, ou seja, o que cada produto suporta de tensão elétrica; e os valores de temperatura máxima que são suportados pelos materiais nos regimes contínuo de serviço, de sobrecarga e de curto-circuito quando a corrente elétrica passa pelo condutor. (MORENO, 2018).

A temperatura de serviço contínuo é aquela que pode ser aplicada permanentemente no cabo durante toda a sua vida útil. Já a temperatura de sobrecarga é admitida, no máximo, durante 100 horas consecutivas ou 500 horas durante a vida do cabo. Por sua vez, a temperatura de curto-circuito só é permitida por, no máximo, 5 segundos. Quando os cabos trabalham com temperaturas acima das quais suportam, eles podem perder suas propriedades físicas, químicas, mecânicas e elétricas, podendo causar incêndios, curtos-circuitos e choques elétricos (MONTENEGRO, 2016).

2.3.2 Tipos

Atualmente, os materiais mais utilizados na isolação dos cabos elétricos são:

- Cloreto de polivinila (PVC);
- Borracha etileno-propileno (EPR);
- Polietileno reticulado (XLPE);
- Composto poliolefínico termoplástico não halogenado (LSHF/A);
- Borracha termofixa silicone.

2.3.2.1 Cloreto de polivinila (PVC)

O cloreto de polivinila (PVC) é uma mistura de cloreto de polivinila puro (resina sintética) com plastificante, cargas e estabilizantes. A versatilidade do cloreto de polivinila faz dele um material muito utilizado em vários ramos de atuação. Esse material, por suas características, é atrativo em muitos mercados, substituindo materiais como alumínio, borracha, cobre, alvenaria, cerâmica, vidro ou madeira (PVC, 2018).

O PVC contém, em peso, 57% de cloro, obtido através da eletrólise do sal marinho (um recurso natural abundante) e 43% de eteno, derivado do petróleo (PVC, 2018).

O PVC é um material com as seguintes características:

- Leve ($1,4 \text{ g/cm}^3$), o que facilita seu manuseio e aplicação;
- Resistente à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores;
- Bom isolante térmico, elétrico e acústico;



Pós-graduação em Incêndio e Explosão – Turma 2020

- Sólido e resistente a choques;
- Impermeável a gases e líquidos;
- Resistente às intempéries (sol, chuva, vento e maresia);
- Durável: sua vida útil em construções é superior a 50 anos;
- Não propaga chamas (auto-extinguível);
- Versátil;
- 100% Reciclável;
- Fabricado com baixo consumo de energia (PVC, 2018).

O cloreto de polivinila, inclusive, possui elevada rigidez dielétrica, porém menor do que a de outros isolantes. O PVC apresenta perdas dielétricas também elevadas, principalmente em tensões superiores a 10 kV. Com isso, o emprego de cabos isolados com esse material fica limitado, no máximo, à tensão de 6 kV (ELETRICIDADE MODERNA, 2001).

A resistência do PVC a agentes químicos e à água é alta. Além disso, possui boa característica de não-propagação de chama, gerando, no entanto, uma considerável quantidade de fumaça e de gases tóxicos e corrosivos quando submetido ao fogo (ELETRICIDADE MODERNA, 2001). Essas últimas características são essenciais para a aplicação do cabo elétrico confeccionada com esse tipo de material.

Um cabo elétrico pode apresentar um volume significativo de material combustível na isolação e na cobertura (quando houver). Desse modo, é importante que os cabos não sejam agentes propagadores da chama, quando houver a ocorrência de um incêndio (IPCE, 2018).

Para garantir a resistência à chama dos cabos elétricos, esses são ensaiados de modo a comprovar que uma chama não possa se propagar indevidamente por ele, mesmo em casos de exposições prolongadas ao fogo (IPCE, 2018). Para os cabos isolados em PVC, é previsto o "ensaio de queima vertical" (fogueira), conforme a NBR 6812, que trata de submeter um feixe de cabos de 3,5 m de comprimento à chama produzida por um queimador padrão, durante 40 minutos. Como resultado, ao final da exposição, o dano provocado pelo fogo deve estar limitado a um certo comprimento da amostra ensaiada (IPCE, 2018).

A seguir é apresentada uma tabela da capacidade de condução de corrente dos cabos em isolação PVC, fator muito importante para a escolha do cabo em relação à sua aplicação:



Tabela 1 - Capacidade de condução de corrente (PVC)

PVC (70 °C) - Capacidade de condução de corrente em ampères (A), para cabos de cobre com isolamento em PVC para os métodos B1, B2 e C.

Seção Nominal (mm ²)	B1		B2		C	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados
0,5	9	8	9	8	10	9
0,75	11	10	11	10	13	11
1	14	12	13	12	15	14
1,5	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5
2,5	24	21	23	20	27	24
4	32	28	30	27	36	32
6	41	36	38	34	46	41
10	57	50	52	46	63	57
16	76	68	69	62	85	76
25	101	89	90	80	112	96
35	125	110	111	99	138	119
50	151	134	133	118	168	144
70	192	171	168	149	213	184
95	232	207	201	179	258	223
120	269	239	232	206	299	259
150	309	275	265	236	344	299
185	353	314	300	268	392	341
240	415	370	351	313	461	403
300	477	426	401	358	530	464

Fonte: SIL, 2019.

Os métodos apresentados na tabela 1 são os seguintes:

B1 - Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria;

B2 - Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria;

C - Cabos unipolares ou cabo multipolar, sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo ou cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não perfurada, perfilado ou prateleira.

Cabos elétricos com esse tipo de isolamento são utilizados em circuitos de alimentação e distribuição de energia elétrica em tensões de até 1 kV. São projetados para instalações fixas, podem ser instalados ao ar livre, embutidos em condutos formados nas estruturas dos prédios, em calhas, bandejas, prateleiras ou diretamente enterrados (INDUSCABOS, 2019). Devido à sua característica de emissão de gases tóxicos e fumaça, não são recomendados para locais onde há uma grande concentração de pessoas e que, em caso de incêndio, a evacuação do local seja longa e difícil.

2.3.2.2 Borracha etileno-propileno (EPR)

A borracha etileno-propileno é uma mistura reticulada quimicamente com ótima flexibilidade, mesmo em baixas temperaturas (ELETRICIDADE MODERNA,



Pós-graduação em Incêndio e Explosão – Turma 2020

2001). As principais características que tornam interessante o uso desse material são as excelentes propriedades de resistência ao calor, envelhecimento, resistência mecânica, resistência ao ozônio e à oxidação, e ainda, por ser uma família de elastômeros, permite ser largamente estendida com cargas e plastificantes, somado à grande facilidade de processamento.

Possui rigidez dielétrica elevada e, diferentemente do PVC, tem baixas perdas dielétricas, o que possibilita seu emprego em alta tensão, usualmente até 138 kV (ELETRICIDADE MODERNA, 2001).

Quando formulada adequadamente, a borracha EPR possui boa resistência à água e aos agentes químicos em geral. O bom desempenho desse material em relação ao envelhecimento térmico permite a aplicação de altas densidades de corrente (ELETRICIDADE MODERNA, 2001).

O EPR apresenta a característica de propagar chama quando exposto ao fogo e continua a queimar mesmo quando não há mais contato com o fogo (GOEKING, 2009).

Outro fator muito importante a ser observado no cabo elétrico é a capacidade de corrente que passa por ele. Na sequência é apresentada a tabela desses dados.

Tabela 2 - Capacidade de condução de corrente (EPR ou XLPE)

Seção do condutor em (mm ²)	Método de referência indicado					
	B1		B2		C	
	2 Condutores carregados	3 Condutores carregados	2 Condutores carregados	3 Condutores carregados	2 Condutores carregados	3 Condutores carregados
0,5	12	10	11	10	12	11
0,75	15	13	15	13	16	14
1	18	16	14	15	19	17
1,5	23	20	22	19	24	22
2,5	31	28	30	26	33	30
4	42	37	40	35	45	40
6	54	48	51	44	58	52
10	75	66	69	60	80	61
16	100	88	72	80	107	96
25	133	117	119	105	138	119
35	184	144	146	128	171	147
50	198	173	175	154	209	179
70	253	222	221	194	269	229
95	308	209	265	233	238	278
120	364	313	305	208	382	322
150	407	338	349	307	341	371
180	464	408	395	348	508	424
240	546	481	462	407	599	500
300	328	553	529	465	693	576
400	731	661	628	552	835	692
500	864	780	718	631	965	797

Fonte: RDT RAGEMG, 2014.



Pós-graduação em Incêndio e Explosão – Turma 2020

Cabos com isolamento EPR são recomendados para circuitos de alimentação e distribuição de energia elétrica em prédios residenciais, comerciais, subestações transformadoras e em redes subterrâneas que exijam cabos com maior flexibilidade. É destinado às instalações fixas, podendo ser instalado em bandejas, canaletas, eletrodutos ou dutos subterrâneos, proporcionando, com as características de autoextinção do fogo, maior segurança. Por ser um cabo isolado em EPR (borracha etileno-propileno) com temperatura de operação de 90 °C, sua capacidade de corrente elétrica é superior em relação aos cabos isolados em PVC (INDUSCABOS, 2019).

2.3.2.3 Polietileno reticulado (XLPE)

O XLPE possui uma boa resistividade volumétrica e uma boa constante dielétrica. Além disso, apresenta uma boa resistência mecânica à abrasão e grande estabilidade de isolamento na presença de agentes químicos (NEXANS, 2008).

Abaixo, seguem alguns valores característicos do polietileno reticulado:

Tabela 3 - Características do XLPE.

CARACTERÍSTICAS	XLPE
Peso específico (g/cm ³)	0,935
Resistência à tração (kgf/cm ²)	1,5 a 2,3
Temperatura de operação (°C)	90
Temperatura de sobrecarga (°C)	130
Temperatura mínima admissível (°C)	-60
Temperatura de curto-circuito (°C)	250
Rigidez dielétrica (kV/mm)	35 a 50
Resistividade elétrica volumétrica (Ω.cm)	10 ¹⁸
Constante dielétrica	2,3

Fonte: NEXANS (2008).

O XLPE é um bom material para isolamento de cabos elétricos, pois apresenta excelente rigidez dielétrica, suporta 90° C de temperatura em regime permanente, resistência à deformação térmica em temperaturas de até 250° C e, além disso, suporta bem o contato com as intempéries (MORENO, 2018).

Assim como o EPR, o XLPE também apresenta a característica de propagar chama quando exposto ao fogo e continua a queimar mesmo quando não há mais contato com o fogo (GOEKING, 2009).

Este tipo de isolamento permite que o cabo opere com maior capacidade de corrente. Dessa maneira, permite a utilização de seções menores quando comparado a cabos com isolamento termoplástica convencional. São utilizados em circuitos de alimentação e distribuição de energia elétrica em tensões de até 1 kV. São projetados para instalações fixas, podem ser instalados ao ar livre, embutidos em dutos formados nas estruturas dos prédios, em calhas, bandejas,



Pós-graduação em Incêndio e Explosão – Turma 2020
prateleiras ou diretamente enterrados (INDUSCABOS, 2019).

2.3.2.4 Composto poliolefinico termoplástico não halogenado (LSHF/A)

Esses compostos podem ser fabricados para classes de temperatura em regime permanente de 70° C ou 90° C (MORENO, 2018). Outro diferencial é que não propaga chama e por não ter halogênio (cloro) em sua composição, durante sua combustão emite pouca fumaça e sem a presença de gases corrosivos e tóxicos (MORENO, 2018). Por isso, os cabos com esse tipo de isolamento são indicados para locais com alta densidade de ocupação e lugares com difíceis rotas de fuga, como estádios, hospitais, grandes prédios comerciais, entre outros (TOALIARI, 2018).

2.3.2.5 Borracha termofixa silicone

Os cabos com isolamento em borracha termofixa silicone apresentam uma excelente flexibilidade. Esse tipo de isolamento ainda proporciona uma elevada resistência a óleos, graxas, umidades, intempéries, ácidos e vapores corrosivos. De modo geral em equipamentos que trabalham a temperatura até 200°C e tensões até 500 V (STIREFLEX, 2020). Esse tipo de material também possui característica de não propagante de chama, sendo auto-extinguível.

O cabo de silicone é a opção mais adequada para cabeamentos internos. A efetividade se baseia na sua resistência a temperaturas extremamente elevadas, garantindo a segurança dos equipamentos e evitando que o material de revestimento dos fios seja danificado (FICAEL, 2020). As principais aplicações são em motores elétricos, estufas, luminárias, resistências e fornos (CABOTHERM, 2020).

3 LEGISLAÇÃO

No Brasil, há algumas normas vigentes relacionadas a cabos elétricos e suas isolações.

Uma dessas normas é a "NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão", a qual versa principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, hortigranjeiro, etc.), incluindo as pré-fabricadas. Em alguns itens da NBR 5410 há citações sobre isolamento de cabos elétricos, como a tabela 35 da norma, que prescreve os limites de temperatura para os diversos tipos de isolamento:



Tabela 4 - Diferenças de temperatura do PVC x EPR x XLPE

Tipo de isolação	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm ²	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm ²	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fonte: ABNT, 2004.

Outra importante norma é a “NBR 6813 - Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência de isolamento”, que prescreve o método de execução do ensaio de resistência de isolamento em cabos elétricos.

Existem, além disso, outras normas que, especificamente, dizem respeito aos materiais utilizados na isolação dos cabos elétricos (PVC, EPR e XLPE). São elas:

- NBR NM 247-3 - Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) para tensões nominais até 450/750 V (condutores isolados sem cobertura);
- NBR NM 280 - Condutores de cabos isolados;
- NBR 7285 - Cabos de potência com isolação extrudada de polietileno termofixo (XLPE) para tensão de 0,6 kV/1 kV – Sem cobertura – Especificação;
- NBR 7286 - Cabos de potência com isolação extrudada de borracha etileno-propileno (EPR) para tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos de desempenho;
- NBR 7287 - Cabos de potência com isolação sólida extrudada de polietileno reticulado (XLPE) para tensões de isolamento de 1 kV a 35 kV – Especificação;
- NBR 7288 - Cabos de potência com isolação sólida extrudada de cloreto de polivinila (PVC) ou polietileno (PE) para tensões de 1 kV a 6 kV – Especificação;
- NBR 8661 - Cabos de formato plano com isolação extrudada de cloreto de polivinila (PVC) para tensão até 750 V – Especificação.

4 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS DE ISOLAÇÃO NA ATIVIDADE DE PERÍCIA DE INCÊNDIO

Na atividade de investigação de incêndio, muitos fatores são observados para se chegar ao resultado final. Quanto mais conhecimento o perito possuir, mais agilidade terá para chegar à conclusão e mais fidedigno será o resultado.

Conhecer as características do material isolante dos cabos elétricos pode ser muito pertinente em incêndios de origem elétrica, porém, não só esse conhecimento é suficiente para um resultado fidedigno da investigação. Aspectos considerados nos cabos elétricos, apresentados neste artigo, como propagação de chama, emissão de fumaça e gases tóxicos, capacidade de condução de



Pós-graduação em Incêndio e Explosão – Turma 2020

corrente, juntamente com outros vestígios e evidências, localizados na cena, podem fazer a diferença para a correta resolução da perícia.

Verificou-se ainda que há uma lacuna em relação a ensaios e testes específicos de certos materiais de isolamento, como por exemplo a borracha etileno-propileno (EPR) e o polietileno reticulado (XLPE). Esses experimentos são importantes não só para a correta aplicação do material de isolamento como para conhecer a reação que determinado material possui na ocorrência de um incêndio.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho foi realizado com o objetivo principal de analisar as características dos diferentes tipos de materiais de isolamento utilizados nos cabos elétricos. Esse tema se revela importante para a corporação, principalmente na área de Perícia de Incêndio e Explosão, uma vez que grande parte dos incêndios realizados em edificações são de origem elétrica, principalmente, naquelas cuja rede é mal dimensionada e com falta de manutenção. Conhecer as características dos materiais de isolamento, principalmente no que tange aos limites de temperatura e características de propagação de chama e emissão de fumaça e gases tóxicos, resulta em uma ferramenta que pode auxiliar na resolução de várias causas de incêndio desse tipo.

Para tanto, foi feito um estudo através de pesquisa bibliográfica e documental sobre os diferentes materiais utilizados na isolamento de cabos elétricos. Pesquisou-se catálogos de fabricantes de cabos elétricos e as especificações desses e, por fim, reuniu-se dados e informações relativos aos materiais de isolamento pertinentes para área da investigação de incêndio.

Ficou evidenciado que as várias características dos materiais de isolamento podem auxiliar na perícia de incêndios em edificações, porém, nunca isoladamente, mas sempre realizando análise conjunta com outros vestígios e evidências, os quais também fazem parte da cena de um incêndio. O limite térmico e a capacidade de corrente suportado pelo cabo, características que foram apresentadas ao transcorrer deste artigo, podem trazer muitas informações acerca do incêndio, principalmente quando ele for causado por origem elétrica.

Neste sentido, é primordial que numa investigação de incêndio, o militar responsável utilize várias ferramentas e conhecimentos a seu favor a fim de encontrar o resultado mais fidedigno possível com justificativas convincentes que o sustentam.

Como sugestão de trabalhos futuros, sugere-se o estudo das características dos outros componentes dos cabos elétricos, como o condutor e a cobertura, de modo a reunir mais conhecimentos que auxiliem no bom andamento de uma perícia de incêndio.



REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 5410**: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. **NBR 6812**: Fios e cabos elétricos - Queima vertical (fogueira). Rio de Janeiro, 1995.

ABNT. **NBR 6813**: Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência de isolamento. Rio de Janeiro, 1981.

CABOTHERM. **Cabos Termopares em Silicône**. 2020. Disponível em: <<https://www.cabotherm.com.br/cabos-termopares-em-silicone.php>>. Acesso em: 30 jan. 2020.

ELETRICIDADE MODERNA: **Guia EM da NBR 5410**. São Paulo: Aranda Editora Técnica e Cultural, 2001.

FICAEL. **Cabos de silicone**. 2020. Disponível em: <<http://ficael.com/produtos/cabos-de-silicone>>. Acesso em: 30 jan. 2020.

FLANDOLI, Fabio. **Classificação de cabos elétricos para evitar propagação de incêndio**. 2017. Disponível em: <<http://www.eletricistaconsciente.com.br/blog/fique-por-dentro/artigos-tecnicos/classificacao-de-cabos-eletricos-para-evitar-propagacao-de-incendio/>> Acesso em: 24 de novembro de 2019.

FLANDOLI, Fabio. **Cabos elétricos de baixa tensão**. 2018. Disponível em: <<http://www.eletricistaconsciente.com.br/pontue/fasciculos/guia-nbr-5410-fasciculo-32/cabos-eletricos-de-baixa-tensao/>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

GOEKING, Weruska. **Fios e cabos: condutores da evolução humana**. 2009. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/fios-e-cabos-condutores-da-evolucao-humana/>>. Acesso em: 30 jan. 2020.

INDUSCABOS. **Cabos de Baixa Tensão**. 2019. Disponível em: <<http://www.induscabos.com.br/condutores-de-cobre-e-aluminio-2/>> Acesso em: 24 de novembro de 2019.

INDUSCABOS. **Fios e Cabos Elétricos**. 2019. Disponível em: <<http://www.induscabos.com.br/wp-content/uploads/2019/02/catalogo-cabos-de-baixa-tensao-1-kv.pdf>> Acesso em: 25 de janeiro de 2020.

IPCE. **Introdução aos fios e cabos**. 2018. Disponível em: <<http://www.ipce.com.br/old/introducao.html>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

MONTENEGRO, Renan. **Quais as diferenças entre isolação PVC e EPR?** 2016. Disponível em:



<<https://universoeletrico.wordpress.com/2016/08/04/quais-as-diferencas-entre-isolacao-pvc-e-epr/>> Acesso em: 24 de novembro de 2019.

MORENO, Hilton. **Isolação dos condutores elétricos. Confira porque ela é tão importante e conheça as diferenças entre os diversos tipos.** 2018. Disponível em: <<http://www.cobrecom.com.br/isolacao-dos-condutores-eletricos--confira-porque-ela-tao-importante-conheca-as-diferencas-os-diversos-tipos-/1/>> Acesso em: 24 de novembro de 2019.

NEXANS. **Comparação entre os materiais de isolação.** 2008. Disponível em: <https://www.nexans.com.br/SouthAmerica/2008/Comparing_pt_5.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2020.

PVC, Instituto Brasileiro do. **O que é PVC?** 2018. Disponível em: <<https://pvc.org.br/o-que-e-pvc>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

RDT RAGEMG. **Isolação de Condutores Elétricos.** 2014. Disponível em: <<https://www.robertdicastecnologia.com.br/2014/02/isolacao-de-condutores-eletricos/>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

SIL. **Tabelas e Dados Técnicos.** 2017. Disponível em: <<https://www.sil.com.br/pt/eletricista/tabelas.aspx>>. Acesso em: 24 de novembro de 2019.

STIREFLEX. **Cabo Stireflex silicone 200°C 500 V ETS.** 2020. Disponível em: <<https://www.stireflex.com.br/produtos/cabo-silicone-200c/cabo-stireflex-silicone-200c-500-v-ets-51/>>. Acesso em: 30 jan. 2020.

TOALIARI, Rosevaldo. **Isolação dos condutores elétricos. Confira porque ela é tão importante e conheça as diferenças entre os diversos tipos.** 2018. Disponível em: <<http://www.cobrecom.com.br/isolacao-dos-condutores-eletricos--confira-porque-ela-tao-importante-conheca-as-diferencas-os-diversos-tipos-/1/>> Acesso em: 24 de novembro de 2019.