



Cabo óptico aéreo dielétrico autossustentado para longos vãos — Especificação

APRESENTAÇÃO

1) Este Projeto de Revisão foi elaborado pela Comissão de Estudo de Cabos de Fibras Ópticas (CE-003:086.001) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), nas reuniões de:

28.11.2019		
------------	--	--

a) é previsto para cancelar e substituir a(s) ABNT NBR 15330:2006, quando aprovado, sendo que nesse ínterim a referida norma continua em vigor;

b) não tem valor normativo;

2) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória;

3) Analista ABNT – Newton Ferraz.



Cabo óptico aéreo dielétrico autossustentado para longos vãos — Especificação

All dielectric self supported optical fiber cable for long span — Specification

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR 15330 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), pela Comissão de Estudo de Cabos de Fibras Ópticas (CE-003:086.001). O Projeto de Revisão circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº XX, de XX.XX.XXXX a XX.XX.XXXX.

O Escopo em inglês da ABNT NBR 15330 é o seguinte:

Scope

This Standard specifies the requirements to manufacture the all dielectric self-supported optical fiber cables for long span.

These cables are recommended for self-supported aerial installation.



Cabo óptico aéreo dielétrico autossustentado para longos vãos — Especificação

1 Escopo

Esta Norma especifica os requisitos para a fabricação dos cabos ópticos dielétricos aéreos autossustentados, para utilização em longos vãos.

Estes cabos são indicados para instalações aéreas, preferencialmente em vãos maiores que 200 m, em posteação, linha independente ou estruturas de linhas de transmissão de energia elétrica.

2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 5422, *Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica*

ABNT NBR 7310, *Armazenamento, transporte e utilização de bobinas com fios, cabos ou cordoalhas de aço*

ABNT NBR 9136, *Cabos ópticos e telefônicos — Ensaio de penetração de umidade — Método de ensaio*

ABNT NBR 9140, *Cabos ópticos e fios e cabos telefônicos — Ensaio de comparação de cores — Método de ensaio*

ABNT NBR 9143, *Fios e cabos telefônicos — Ensaio de contração — Método de ensaio*

ABNT NBR 9147, *Fios e cabos para telecomunicações — Fluidez — Método de ensaio*

ABNT NBR 9149, *Cabos telefônicos — Ensaio de escoamento do composto de enchimento — Método de ensaio*

ABNT NBR 10296:2014, *Material isolante elétrico — Avaliação da resistência ao trilhamento e erosão sob condições ambientais severas*

ABNT NBR 11137, *Carretel de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos — Dimensões e estruturas*

ABNT NBR 13486, *Fibras ópticas — Terminologia*

ABNT NBR 13487, *Fibra óptica tipo multimodo índice gradual — Especificação*

ABNT NBR 13488, *Fibra óptica tipo monomodo de dispersão normal — Especificação*

ABNT NBR 13491, *Fibras ópticas — Determinação da atenuação óptica — Método de ensaio*



ABNT NBR 13502, *Fibras ópticas — Verificação da uniformidade da atenuação óptica — Método de ensaio*

ABNT NBR 13507, *Cabos ópticos — Compressão — Método de ensaio*

ABNT NBR 13508, *Cabos ópticos — Ensaio de curvatura*

ABNT NBR 13509, *Cabos ópticos — Ensaio de impacto*

ABNT NBR 13510, *Cabos ópticos — Ciclo térmico — Método de ensaio*

ABNT NBR 13512, *Cabos ópticos — Ensaio de tração em cabos ópticos e determinação da deformação da fibra óptica — Método de ensaio*

ABNT NBR 13513, *Cabos ópticos — Ensaio de torção*

ABNT NBR 13514, *Cabos ópticos — Ensaio de flexão alternada*

ABNT NBR 13516, *Cabos ópticos — Ensaio de fluência — Método de ensaio*

ABNT NBR 13517, *Cabos ópticos — Ensaio de abrasão — Método de ensaio*

ABNT NBR 13518, *Cabos ópticos — Dobramento — Método de ensaio*

ABNT NBR 13520, *Fibras ópticas — Determinação da variação da atenuação óptica — Método de ensaio*

ABNT NBR 13975, *Fibras ópticas — Determinação da força de extração do revestimento — Método de ensaio*

ABNT NBR 13977, *Cabos ópticos — Determinação do tempo de indução oxidativa (OIT) — Método de ensaio*

ABNT NBR 14074:2015, *Cabos para-raios com fibras ópticas (OPGW) para linhas aéreas de transmissão — Requisitos e métodos de ensaio*

ABNT NBR 14076, *Cabos ópticos — Determinação do comprimento de onda de corte*

ABNT NBR 14104, *Amostragem e inspeção em fábrica de cabos e cordões ópticos — Procedimento*

ABNT NBR 14604, *Fibras ópticas tipo monomodo de dispersão deslocada e não nula — Especificação*

ABNT NBR 15328, *Cabo óptico — Determinação da resistência ao dobramento kinking de tubos de proteção*

ABNT NBR 16028, *Fibra óptica tipo monomodo com baixa sensibilidade a curvatura (BLI) — Especificação*

ABNT NBR NM IEC 60811-1-1, *Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos — Parte 1: Métodos para aplicação geral — Capítulo 1: Medição de espessuras e dimensões externas — Ensaios para a determinação das propriedades mecânicas*

ABNT NBR NM IEC 60811-1-4, *Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos e ópticos — Parte 1: Métodos para aplicação geral — Capítulo 4: Ensaios a baixas temperaturas*

ASTM G155, *Practice for operating xenon arc light apparatus for exposure of non-metallic materials*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições da ABNT NBR 13486 e os seguintes.

3.1

cabo óptico dielétrico aéreo autossustentado para longos vãos

conjunto constituído por fibras ópticas monomodo ou multimodo de índice gradual, revestidas em acrilato, com elemento(s) de proteção da(s) unidade(s) básica(s), elementos de tração e sustentação dielétricos e eventuais enchimentos; núcleo resistente à penetração de umidade e protegido por um revestimento externo de material termoplástico; aplicado preferencialmente em vãos maiores que 200 m

3.2

carga de operação

EDS (*every day stress*)

carga decorrente do peso do cabo, uniformemente distribuída ao longo do vão, considerando a temperatura média, sem efeitos de carregamento de vento ou gelo

3.3

carga máxima de operação

CMO

maior carga de tração que um determinado cabo suporta sem apresentar deformações em suas fibras ópticas e que delimita os esforços a que ele pode estar submetido durante a sua vida útil, composta pela ação de seu próprio peso, pressão máxima do vento horizontal ao longo do vão e componente horizontal da tração axial

3.4

coeficiente de dilatação térmica equivalente do cabo

coeficiente que determina a dilatação térmica ou expansão linear equivalente dos materiais componentes do cabo, sendo calculado conforme a equação:

$$\alpha = \frac{\sum_1^n (\alpha_i \times E_i \times A_i)}{\sum_1^n (E_i \times A_i)}$$

onde

E_i é o módulo de elasticidade de cada material componente do cabo;

A_i é a seção transversal do material correspondente;

α_i é o valor do coeficiente de expansão de cada material.

3.5

flecha de instalação

distância vertical entre o vértice da catenária e o apoio inferior do cabo, medida em porcentagem da distância horizontal entre os apoios, obtida logo após a ancoragem do cabo

3.6

material hidroexpansível

material que apresenta um acréscimo de volume à medida que absorve água

3.7

módulo de elasticidade equivalente do cabo

E

quociente da tensão, referida à seção total, pelo alongamento específico, em um ponto qualquer do trecho retilíneo do diagrama tensão-alongamento (carga-alongamento). O cálculo do módulo de elasticidade equivalente do cabo é conforme a equação:

$$E = \frac{\sum_1^n (E_i \times A_i)}{\sum_1^n (A_i)}$$

onde

E_i é o módulo de elasticidade de cada material componente do cabo;

A_i é a seção transversal do material correspondente.

3.8

seção equivalente do elemento de sustentação

área real da seção transversal reta, incluindo fatores de encordoamento, do(s) elemento(s) de sustentação do cabo

3.9

temperatura coincidente

valor considerado como a média das temperaturas mínimas diárias, coincidente com a ocorrência da velocidade do vento máximo

3.10

temperatura máxima

valor máximo com probabilidade de 2 % de vir a ser excedido anualmente, obtido da distribuição de temperaturas máximas anuais

3.11

temperatura média

valor médio da distribuição das temperaturas com taxa de amostragem horária

3.12

temperatura mínima

valor mínimo com probabilidade de 2 % de vir a ser excedido anualmente, obtido da distribuição de temperaturas mínimas anuais

3.13

vão

distância entre dois pontos de fixação do cabo a cada suporte

3.14

velocidade máxima do vento

velocidade do vento referida a um período de retorno de 50 anos, a 10 m de altura do solo, com período de integração de 10 min e medida em um terreno de grau de rugosidade B, conforme a ABNT NBR 5422, corrigida de modo a levar em conta o grau de rugosidade da região de implantação da linha, o intervalo de tempo necessário para que o obstáculo responda à ação do vento, a altura do obstáculo e o período de retorno adotado

4 Requisitos gerais

4.1 Generalidades

Na fabricação do cabo óptico dielétrico aéreo autossustentado para longos vãos, devem ser observados processos de modo que os cabos prontos satisfaçam os requisitos técnicos fixados nesta Norma.

Quando o cabo óptico dielétrico aéreo autossustentado for instalado em estruturas de linhas de transmissão, sua posição depende da solução de engenharia que visa minimizar a influência do campo eletromagnético (arcos de potência, efeito corona, correntes parasitas etc.) da linha de transmissão no cabo.

Quando utilizado em linhas de transmissão de energia elétrica, o cabo deve ser instalado conforme a ABNT NBR 5422, nas seções aplicáveis.

4.2 Designação

Os cabos ópticos dielétricos aéreos autossustentados para longos vãos são designados pelo seguinte código:

CFOA – X – LV – T – Y – W – Z – K

onde

- CFOA é o cabo de fibra óptica com revestimento em acrilato;
- X é o tipo de fibra óptica, conforme a Tabela 1;
- LV significa longos vãos;
- T é o tipo de núcleo óptico, conforme a Tabela 2;
- Y é a carga máxima de operação (CMO), expressa em quilonewtons (kN), conforme a Tabela 3;
- W é o tipo de barreira à penetração de umidade, conforme a Tabela 4;
- Z é o número de fibras ópticas, conforme a Tabela 5;
- K é o tipo do revestimento externo, conforme a Tabela 6.



Tabela 1 — Tipo de fibra óptica

Tipo	X
Multimodo	MM
Monomodo de baixa sensibilidade à curvatura	BLI
Monomodo de dispersão normal	SM
Monomodo de dispersão deslocada e não nula	NZD

Tabela 2 — Aplicação do cabo e formação do núcleo

Aplicação	Formação do núcleo	Y
Cabo óptico dielétrico para aplicação aérea autossustentado para longos vãos	Tubos encordoados	AS
	Tubo único	ASU

Tabela 3 — Carga máxima de operação

Classe de referência	Y
5	CMO 5 kN
10	CMO 10 kN
15	CMO 15 kN
20	CMO 20 kN
25	CMO 25 kN
NOTA Outras CMO podem ser adotadas, sendo objeto de acordo entre o comprador e o fornecedor.	

Tabela 4 — Tipo de barreira à penetração de umidade

Tipo	W
Núcleo preenchido com composto não higroscópico (geleado)	G
Núcleo protegido com material hidroexpansível (seco)	S
Núcleo e unidades básicas protegidos com material hidroexpansível (secos)	TS

Tabela 5 — Número de fibras ópticas

Número de fibras ópticas – Z												
2	4	6	8	10	12	18	24	30	36	48	60	72
84	96	108	120	132	144							

Tabela 6 — Tipo do revestimento externo

Tipo	K
Resistente ao trilhamento	RT
Retardante à chama	RC
Normal	NR

4.3 Critérios de projeto do cabo

4.3.1 Os critérios de cálculo para determinação dos esforços mecânicos são de acordo com a ABNT NBR 5422.

4.3.2 Quando necessário, o comprador deve informar ao fornecedor o potencial máximo do campo elétrico a que o cabo está sujeito ou a necessidade de revestimento externo com características de retardância à chama.

4.3.3 O fornecedor deve informar ao comprador os seguintes dados:

- a) diâmetro externo do cabo, expresso em milímetros (mm);
- b) massa líquida do cabo, expressa em quilogramas por quilômetro (kg/km);
- c) carga máxima de operação, expressa em quilonewtons (kN);
- d) carga de operação (EDS), expressa em quilonewtons (kN);
- e) módulo de elasticidade equivalente do cabo, expresso em megapascals (MPa);
- f) coeficiente de dilatação térmica equivalente do cabo ($^{\circ}\text{C}^{-1}$);
- g) seção equivalente do elemento de tração, expressa em milímetros quadrados (mm^2);
- h) curva de fluência;
- i) outras informações, a pedido do comprador.

4.3.4 Para verificação da compatibilidade das características do cabo com o projeto a ser aplicado, o comprador deve fornecer as seguintes informações:

- a) número de fibras ópticas;
- b) vão, expresso em metros (m);
- c) flecha de instalação, expressa em porcentagem (%);
- d) velocidade máxima do vento, expressa em quilômetros por hora (km/h);
- e) temperaturas média, mínima, máxima e coincidente, expressas em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$);
- f) espessura de gelo (quando aplicável), expressa em milímetros (mm).

4.4 Materiais do cabo

4.4.1 Todos os materiais utilizados na fabricação dos cabos ópticos aéreos devem ser dielétricos.

4.4.2 Os materiais utilizados na fabricação do cabo devem ser compatíveis entre si.

4.4.3 Os materiais utilizados na fabricação do cabo com função estrutural devem ter as suas características contínuas ao longo de todo o comprimento do cabo.

4.5 Fibras ópticas

4.5.1 As fibras ópticas tipo multimodo índice gradual utilizadas na fabricação do cabo devem estar conforme a ABNT NBR 13487.

4.5.2 As fibras ópticas tipo monomodo de dispersão normal utilizadas na fabricação do cabo devem estar conforme a ABNT NBR 13488.

4.5.3 As fibras ópticas tipo monomodo de baixa sensibilidade à curvatura utilizadas na fabricação dos cabos devem estar conforme a ABNT NBR 16028.

4.5.4 As fibras ópticas tipo monomodo de dispersão deslocada e não nula utilizadas na fabricação do cabo devem estar conforme a ABNT NBR 14604.

4.5.5 Não são permitidas emendas nas fibras ópticas durante o processo de fabricação do cabo.

4.6 Formação do núcleo

4.6.1 O núcleo deve ser constituído por unidades básicas.

4.6.2 Os cabos ópticos aéreos devem ser fabricados com unidades básicas de duas, quatro, seis, oito, 12, 16, ou 24 fibras ópticas.

4.6.3 As unidades básicas devem ser dispostas em elementos de proteção adequados, de modo a atender aos requisitos especificados nesta Norma.

4.6.4 Os elementos de proteção podem ser constituídos por tubos de material polimérico encordoados em uma coroa ou de forma longitudinal.

4.6.5 Os elementos de proteção encordoados devem ser reunidos com passo e sentido escolhidos pelo fabricante, de modo a satisfazer as características previstas nesta Norma.

4.6.6 Podem ser colocados enchimentos de material polimérico compatível com os demais materiais do cabo, a fim de formar um núcleo cilíndrico.

4.6.7 O núcleo pode ser constituído por um único elemento de proteção central de material polimérico.

4.6.8 É recomendado que cabos ópticos compostos por elementos de proteção encordoados de até 12 fibras ópticas sejam constituídos por unidades básicas, onde cada unidade pode conter duas ou seis fibras ópticas.

4.6.9 Para os cabos ópticos de 18 a 36 fibras ópticas constituídos por unidades básicas, é recomendado que cada unidade contenha seis ou 12 fibras ópticas.

4.6.10 Para os cabos ópticos de 48 a 144 fibras ópticas constituídos por unidades básicas, é recomendado que cada unidade contenha 12 ou 24 fibras ópticas.

4.7 Identificação das unidades básicas e das fibras ópticas

4.7.1 A identificação das unidades básicas deve ser conforme a Tabela 7.

Tabela 7 — Identificação das unidades básicas

Unidade básica	Código de cores	Piloto e direcional
1	Verde	Verde
2	Amarela	Amarela
3	Branca ou natural	Branca ou natural
4	Azul	Branca ou natural
5	Vermelha	Branca ou natural
6	Violeta	Branca ou natural
7	Marrom	Branca ou natural
8	Rosa	Branca ou natural
9	Preta	Branca ou natural
10	Cinza	Branca ou natural
11	Laranja	Branca ou natural
12	Água-marinha	Branca ou natural

4.7.2 Identificação por códigos de cores de unidades básicas, por amarrações e por outros sistemas de identificação pode ser adotada, sendo objeto de acordo entre o comprador e o fornecedor.

4.7.3 A identificação das fibras ópticas deve ser feita utilizando código de cores conforme a Tabela 8, sendo recomendado que as cores da pintura das fibras ópticas apresentem tonalidade, luminosidade e saturação iguais ou mais elevadas que o valor do padrão Munsell mostrado na referida Tabela.

Tabela 8 — Cores das fibras ópticas

Cor	Valor do padrão Munsell
Verde	2,5 G 4/6
Amarela	2,5 Y 8/8
Branca	N8,75
Azul	2,5 B 5/6
Vermelha	2,5 R 4/6
Violeta	2,5 P 4/6
Marrom	2,5 YR 3,5/6
Rosa	2,5 R 5/12
Preta	N2
Cinza	N5
Laranja	2,5 YR 6/14
Água-marinha	10 BG 5/4 a 8/4

4.7.4 Para unidades básicas com mais de 12 fibras ópticas, as demais fibras ópticas podem ser identificadas por anéis ou listras, ou outro meio. Quando necessário, é permitida a substituição da fibra óptica preta por uma incolor.

4.7.5 A fibra óptica tingida deve apresentar um colorido uniforme e contínuo, de fácil identificação, com acabamento superficial liso ao longo de todo o seu comprimento, conforme a ABNT NBR 9140.

4.8 Barreira à penetração de umidade do núcleo e dos elementos de proteção das unidades básicas

4.8.1 Os elementos de proteção das unidades básicas devem ser preenchidos com composto não higroscópico ou materiais hidroexpansíveis que assegurem o enchimento dos espaços intersticiais.

4.8.2 O núcleo do cabo geleado deve ser preenchido com composto não higroscópico que assegure o enchimento dos espaços intersticiais e que limite a penetração e propagação de umidade no interior do cabo.

4.8.3 O núcleo do cabo seco deve ser protegido com materiais hidroexpansíveis, de forma a assegurar a sua resistência à penetração de umidade.

4.8.4 Os compostos de preenchimento e os materiais hidroexpansíveis devem ser homogêneos e inodoros, e devem permitir a identificação visual das partes componentes do cabo.

4.8.5 Os compostos de preenchimento e os materiais hidroexpansíveis devem ser livres de impurezas, partículas metálicas ou outros materiais estranhos.

4.8.6 Os compostos de preenchimento e os materiais hidroexpansíveis devem ser facilmente removíveis e não tóxicos, e não podem provocar danos ao operador.

4.8.7 Os compostos de preenchimento e os materiais hidroexpansíveis devem apresentar características de modo a não degradar os componentes do cabo.

4.9 Proteção do núcleo

O núcleo do cabo deve ser protegido termicamente de forma adequada, de modo a evitar danos às fibras ópticas e às unidades básicas, não permitindo a adesão entre elas, provocada pela transferência de calor durante a aplicação dos revestimentos.

4.10 Elemento de sustentação

4.10.1 O elemento de sustentação deve fornecer resistência mecânica ao cabo, de modo que este tenha o desempenho previsto nesta Norma.

4.10.2 O material do elemento de sustentação deve ser contínuo em todo o comprimento do cabo.

4.11 Revestimento interno

4.11.1 Sobre o núcleo do cabo pode ser aplicado um revestimento de material termoplástico.

4.11.2 O revestimento interno deve ser contínuo, homogêneo, de aspecto uniforme e isento de imperfeições.

4.11.3 O revestimento interno é opcional.



4.12 Cordão de rasgamento

4.12.1 Sob os revestimentos devem ser colocados um ou mais fios de material não metálico, destinado(s) ao corte e abertura longitudinal dos revestimentos.

4.12.2 O cordão de rasgamento deve permitir, sem o seu rompimento, a abertura de pelo menos 1 m de revestimento.

4.13 Revestimento externo

4.13.1 Externamente aos demais elementos do cabo, deve ser aplicado, por extrusão, um revestimento de material termoplástico na cor preta, contendo aditivos adequados.

4.13.2 O revestimento externo deve ser resistente à luz solar e às intempéries.

4.13.3 O revestimento deve ser contínuo, homogêneo, de aspecto uniforme e isento de imperfeições.

4.14 Identificação

4.14.1 No núcleo do cabo deve haver uma identificação legível e indelével, contendo impressos o nome do fabricante e o ano de fabricação, em intervalos não superiores a 50 cm, ao longo do eixo do cabo.

4.14.2 Sobre o revestimento externo devem ser gravados o nome do fabricante, a designação do cabo, o número do lote e o ano de fabricação, com legibilidade perfeita e permanente, em intervalos de 1 m ao longo do eixo do cabo.

4.14.3 A pedido do comprador, podem ser impressas informações adicionais.

4.15 Marcação sequencial

4.15.1 A marcação métrica sequencial deve ser feita em intervalos de 1 m, ao longo do revestimento externo do cabo.

4.15.2 A marcação deve ser feita com algarismos de altura, forma, espaçamento e método de gravação ou impressão tais que se obtenha legibilidade perfeita e permanente. Não são permitidas marcações ilegíveis adjacentes.

4.15.3 Na medida da marcação do comprimento ao longo do eixo do cabo, é tolerada uma variação para menos de até 0,5 %, não havendo restrição de tolerância para mais.

4.15.4 A marcação inicial deve ser preferencialmente na cor branca ou em relevo. Se a marcação não satisfizer os requisitos anteriores, é permitida a remarcação na cor amarela.

4.15.5 A remarcação deve ser feita de forma a não se sobrepor à marcação inicial defeituosa.

4.15.6 Não é permitida qualquer outra remarcação além da citada.

4.16 Características dimensionais

As características dimensionais dos cabos ópticos devem ser conforme 5.5.

4.17 Unidade de compra

A unidade de compra para o cabo óptico aéreo deve ser o metro.

4.18 Acondicionamento e fornecimento

4.18.1 Cada lance de cabo deve ser fornecido acondicionado em um carretel de madeira com diâmetro mínimo do tambor de 22 vezes o diâmetro externo do cabo óptico. A largura total do carretel não pode exceder 1,5 m e a altura total não pode ser superior a 2,7 m.

4.18.2 Os carretéis devem conter um número de voltas tais que entre a camada superior e as bordas dos discos laterais exista um espaço livre mínimo de 6 cm.

4.18.3 Os carretéis utilizados devem estar de acordo com a ABNT NBR 11137.

4.18.4 As extremidades do cabo devem ser solidamente presas à estrutura do carretel, de modo a não permitir que o cabo se solte ou se desenrole durante o transporte.

4.18.5 A extremidade interna do cabo na bobina deve estar adequadamente protegida para evitar danos durante o transporte, ser acessível para ensaios, possuir um comprimento livre de no mínimo 2 m e ser acomodada com diâmetro de no mínimo 22 vezes o diâmetro externo do cabo.

4.18.6 Após efetuados todos os ensaios requeridos para o cabo, as extremidades do lance devem ser fechadas, a fim de prevenir a entrada de umidade.

4.18.7 Cada lance de cabo óptico deve ter um comprimento nominal de 2 000 m, podendo, a pedido do comprador, ser fornecido em comprimento específico. A tolerância de cada lance deve ser de +3 %, não sendo admitidos comprimentos inferiores ao especificado.

4.18.8 Devem ser marcadas em cada bobina, com caracteres perfeitamente legíveis e indelévels, as seguintes informações:

- a) nome do comprador;
- b) número da bobina;
- c) designação do cabo;
- d) comprimento real do cabo na bobina, expresso em metros (m);
- e) massa bruta e massa líquida, expressas em quilogramas (kg);
- f) uma seta ou indicação apropriada para indicar o sentido em que o cabo deve ser desenrolado;
- g) identificação de remarcação, quando aplicável.

4.18.9 O transporte, armazenamento e utilização das bobinas dos cabos ópticos devem ser feitos conforme a ABNT NBR 7310.

4.19 Dados adicionais do produto

Quando solicitado pelo comprador, o fornecedor deve informar os seguintes dados:

- diâmetro do cabo, expresso em milímetros (mm);
- massa do cabo, expressa em quilogramas por quilômetro (kg/km);
- carga máxima de operação, expressa em newtons (N);
- coeficiente de dilatação térmica equivalente, expresso em micrômetros por graus celsius ($\mu\text{m}/^\circ\text{C}$);
- módulo de elasticidade equivalente, expresso em newtons por milímetro quadrado (N/mm^2);
- outras informações a pedido do comprador.

5 Requisitos específicos

As características dos cabos ópticos dielétricos aéreos autossustentados para longos vãos devem ser conforme os requisitos desta Norma. Caso o cabo não possua características homogêneas ao longo do perímetro da capa, devem ser realizados ensaios que garantam a avaliação do ponto mais frágil.

5.1 Requisitos ópticos

5.1.1 Atenuação óptica

A atenuação das fibras ópticas no cabo óptico deve ser especificada pelo comprador e verificada conforme a ABNT NBR 13491.

5.1.2 Uniformidade de atenuação óptica

5.1.2.1 Diferença dos coeficientes de atenuação médios

A diferença dos coeficientes de atenuação médios, medidos a cada 500 m de cabo, não pode apresentar variação maior que o mostrado na Tabela 10, conforme a ABNT NBR 13502.

Tabela 9 — Acréscimo ou variação de atenuação

Tipo de fibra óptica	Comprimento de onda		Acréscimo ou variação (máx.)	
	De operação nm	De medida nm	Do coeficiente de atenuação dB/km	De atenuação dB
Multimodo	850/1 300	1 300 \pm 20	0,2	0,2
Monomodo	1 550	1 550 \pm 20	0,05	0,1

5.1.2.2 Descontinuidade óptica localizada

Não pode ser admitida descontinuidade óptica localizada na atenuação da fibra óptica com valores superiores a 0,1 dB para fibras ópticas tipo multimodo índice gradual e 0,05 dB para fibras ópticas tipo monomodo de dispersão normal (SM), monomodo de dispersão deslocada e não nula (NZD) e monomodo de baixa sensibilidade à curvatura (BLI), conforme a ABNT NBR 13502.

5.1.3 Comprimento de onda de corte

As fibras ópticas monomodo do cabo devem ser submetidas ao ensaio de comprimento de onda de corte conforme a ABNT NBR 14076, sendo que:

- o comprimento de onda de corte para o cabo de fibra óptica monomodo de dispersão normal (SM) e monomodo de baixa sensibilidade à curvatura (BLI) deve ser menor ou igual a 1 260 nm;
- o comprimento de onda de corte para o cabo de fibra óptica monomodo de dispersão deslocada e não nula (NZD) deve ser menor ou igual a 1 450 nm.

5.2 Requisitos ambientais

5.2.1 Contração do revestimento externo

Quando submetido ao ensaio de contração, o material do revestimento externo não pode apresentar contração maior que 5 %, conforme a ABNT NBR 9143.

5.2.2 Escoamento do composto de preenchimento

Quando aplicável, o cabo óptico, após ser submetido ao ensaio de escoamento do composto de enchimento, não pode apresentar escoamento ou gotejamento do composto, conforme a ABNT NBR 9149.

5.2.3 Ciclo térmico do cabo

O cabo óptico deve ser submetido a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ por pelo menos 24 h, após o que a temperatura deve ser elevada a $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo mantida neste patamar por um mesmo período de pelo menos 24 h. Devem ser realizados quatro ciclos térmicos, conforme a ABNT NBR 13510. É tolerada uma variação do coeficiente de atenuação de acordo com o apresentado na Tabela 10, quando medida conforme a ABNT NBR 13520. As medições ópticas devem ser realizadas ao final de cada patamar e comparadas à medida de referência realizada no patamar inicial a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.2.4 Envelhecimento térmico do cabo

A amostra de 30 cm do cabo óptico completo que possuir geleia em seu núcleo ou unidades básicas deve ser submetida a $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 168 h, em uma estufa com circulação de ar. Após o condicionamento, o composto de enchimento deve apresentar um tempo de oxidação induzida a $(190 \pm 0,5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ maior que 20 min, conforme a ABNT NBR 13977. Não pode ser observada descoloração da pintura das fibras ópticas, conforme a ABNT NBR 9140.

5.2.5 Resistência ao intemperismo

O cabo óptico aéreo deve ser submetido ao ensaio de intemperismo durante 2 160 h, conforme ASTM G155, Ciclo 1. Após o ensaio, não pode haver variação maior que 25 % no índice de fluidez do revestimento externo em relação ao valor original, conforme a ABNT NBR 9147.

5.2.6 Penetração de umidade

O cabo óptico, após ser submetido ao ensaio de penetração de umidade durante um período de 24 h, não pode apresentar vazamento de água pelas extremidades, conforme a ABNT NBR 9136.



No caso de cabo com revestimento interno, o ensaio deve ser realizado diretamente sobre este revestimento.

5.2.7 Trilhamento

O cabo óptico aéreo com revestimento externo do tipo RT (ver Tabela 6), quando submetido ao ensaio de trilhamento, deve suportar a tensão contínua de trilhamento de 2,75 kV quando novo e 2,50 kV após ensaio de intemperismo (ver 5.2.5), conforme a ABNT NBR 10296:2014, método 2 – critério A. Alternativamente, podem ser estabelecidos outros requisitos e métodos de ensaio, desde que acordados entre o comprador e o fornecedor.

5.3 Requisitos térmicos

5.3.1 Dobramento a frio

O material de revestimento externo do cabo não pode apresentar rachaduras, quando submetido ao ensaio de dobramento a frio a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, após 24 h de condicionamento, conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-4. O diâmetro do mandril deve ser igual a 12 vezes o diâmetro externo do cabo óptico, devendo ser dadas no mínimo duas voltas de enrolamento.

5.3.2 Retardância à chama

O cabo óptico aéreo com revestimento externo do tipo RC (ver Tabela 6) deve ser submetido ao ensaio de retardância à chama conforme o Anexo A. Não pode haver propagação do fogo após a retirada da chama e o fogo deve se autoextinguir. É tolerada uma variação de atenuação de acordo com o mostrado na Tabela 10, conforme a ABNT NBR 13520.

5.4 Requisitos mecânicos

5.4.1 Deformação na fibra óptica por tração no cabo

O cabo óptico aéreo deve suportar uma tração equivalente à carga máxima de operação, conforme a Tabela 3, sem a transferência de esforços que provoquem deformação nas fibras ópticas maior que 0,05 %, conforme a ABNT NBR 13512, com um comprimento mínimo de 25 m de cabo sob carga, sendo utilizado acessório de fixação do cabo que garanta que este não escorregue. É tolerada uma variação de atenuação de acordo com o mostrado na Tabela 9, conforme a ABNT NBR 13520.

Após registrados os valores obtidos, deve-se elevar a carga para 150 % da carga máxima de operação, não sendo permitida uma variação de atenuação maior que a mostrada na Tabela 9, conforme a ABNT NBR 13520; deformação na fibra óptica maior que 60 % do valor especificado no ensaio de tensão mecânica constante (*proof-test*) da fibra óptica; e escorregamento do cabo em relação ao acessório.

Depois de aliviada a tração, no ponto de carga máxima de operação, conforme a ABNT NBR 13520, não são permitidas variação de atenuação superior à encontrada anteriormente nem deformação da fibra superior a 0,05 %.

Deve ser registrada durante todo o ensaio a deformação na fibra \times tração no cabo.



5.4.2 Compressão

O cabo óptico aéreo deve suportar uma carga de compressão de uma vez o peso do cabo por quilômetro, limitada a um mínimo de 1 000 N e um máximo de 2 200 N. A velocidade de aproximação das placas de compressão deve ser de 5 mm/min, conforme a ABNT NBR 13507. Não pode haver variação de atenuação maior que os valores indicados na Tabela 10, conforme a ABNT NBR 13520, nem trincas ou fissuras no revestimento externo.

5.4.3 Impacto

O cabo óptico aéreo deve suportar três impactos em pontos distintos, espaçados em 0,5 m, com energia de 10 N.m e raio de mandril de 300 mm, conforme a ABNT NBR 13509. Não pode haver, após o ensaio, variação de atenuação maior que os valores indicados na Tabela 10, conforme a ABNT NBR 13520, nem trincas ou fissuras no revestimento externo.

5.4.4 Curvatura

O cabo óptico aéreo deve suportar cinco voltas em torno de um mandril, com raio de curvatura igual a seis vezes o diâmetro externo do cabo, conforme a ABNT NBR 13508. É tolerada uma variação de atenuação de acordo com o mostrado na Tabela 10, conforme a ABNT NBR 13520. Não pode haver, após o ensaio, trincas ou fissuras no revestimento externo.

5.4.5 Flexão alternada

O cabo óptico aéreo deve suportar ensaio de flexão alternada, em um total de 50 ciclos contínuos, conforme a ABNT NBR 13514. É tolerada uma variação de atenuação de acordo com o mostrado na Tabela 10, conforme a ABNT NBR 13520.

5.4.6 Torção

O cabo óptico aéreo deve suportar 10 ciclos de torção completos, conforme a ABNT NBR 13513. É tolerada uma variação de atenuação de acordo com o mostrado na Tabela 10, conforme a ABNT NBR 13520. Não pode haver, após o ensaio, trincas ou fissuras no revestimento externo.

5.4.7 Dobramento

O cabo óptico aéreo deve suportar 25 ciclos de dobramento contínuos, com massa de tracionamento de 2 kg e raio do mandril igual a seis vezes o diâmetro externo do cabo, conforme a ABNT NBR 13518. É tolerada uma variação de atenuação de acordo com o mostrado na Tabela 10, conforme a ABNT NBR 13520. Não pode haver, após o ensaio, trincas ou fissuras no revestimento externo.

5.4.8 Abrasão

O cabo óptico aéreo deve suportar 30 ciclos de abrasão completos, conforme a ABNT NBR 13517, com força vertical conforme indicado na Tabela 10. Não pode haver, após o ensaio, diminuição superior a 1 mm na espessura do revestimento externo.

Tabela 10 — Força vertical

Diâmetro externo do cabo mm	Força N
≤ 14,0	10,0
14,1 a 16,0	15,0
≥ 16,1	20,0

5.4.9 Fluência

O cabo óptico aéreo submetido ao ensaio de fluência sob 50 % da carga máxima de operação, aplicada em um comprimento mínimo de 8 m do cabo, durante pelo menos 240 h, conforme a ABNT NBR 13516, deve ter os valores de alongamento do cabo em função do tempo anotados. Devem ser feitas medidas a cada 5 min, durante a primeira hora de ensaio, e a cada 15 min, nas 7 h subsequentes. No restante do tempo devem ser tomadas três medidas a cada 24 h, com intervalo mínimo de 2 h entre elas. O fornecedor deve apresentar o gráfico com a curva de fluência extrapolada para 20 anos.

O modelo deve apresentar um fator de correlação (R^2) mínimo de 90 %, para um intervalo de confiança de 95 %.

5.4.10 Vibração

O cabo óptico aéreo deve suportar 100 000 000 de ciclos de vibração, conforme a ABNT NBR 14074:2015, Anexo C, com tração igual à carga máxima de operação do cabo, amplitude de 1/3 do diâmetro externo e frequência igual a:

$$f = 830/d$$

onde

f é a frequência, expressa em hertz (Hz);

d é o diâmetro externo do cabo, expresso em milímetros (mm).

O cabo não pode apresentar:

- variação do coeficiente de atenuação superior a 0,2 dB/km de fibra ensaiada, medida conforme a ABNT NBR 13520;
- trincas, fissuras ou ruptura em qualquer elemento que compõe o cabo.

5.4.11 Resistência ao dobramento (*kinking*) de tubos de proteção

Para a amostra do cabo óptico aéreo de núcleo seco, quando submetida ao ensaio de resistência ao dobramento conforme a ABNT NBR 15328, os tubos de proteção das unidades básicas dos cabos ópticos não podem apresentar dobramentos com vinco.

5.4.12 Extração do revestimento da fibra óptica

A força de extração do revestimento das fibras ópticas deve ser no mínimo de 1,0 N e no máximo de 10,0 N, conforme a ABNT NBR 13975.

5.5 Requisitos dimensionais

5.5.1 Espessura do revestimento externo

A espessura mínima absoluta do revestimento externo deve ser de 1,2 mm, conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1.

5.5.2 Ovalização

A ovalização do cabo óptico aéreo deve ser de no máximo 15 %, conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. A ovalização deve ser calculada de acordo com a seguinte equação:

$$O_V(\%) = \frac{(D_{\text{máx.}} - D_{\text{mín.}}) \times 100}{D_{\text{mín.}}}$$

onde

O_V é a ovalização, expressa em porcentagem (%);

$D_{\text{máx.}}$ é o maior valor de diâmetro medido na mesma seção transversal, expresso em milímetros (mm);

$D_{\text{mín.}}$ é o menor valor de diâmetro medido na mesma seção transversal, expresso em milímetros (mm).

5.5.3 Uniformidade da espessura

A menor espessura medida do revestimento externo do cabo não pode ser inferior a 70 % da maior espessura medida, conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1.

6 Inspeção

6.1 O fabricante deve fornecer todas as facilidades e meios para realização dos ensaios requeridos nesta Norma, quer para os cabos prontos, quer durante o processo de fabricação, no que diz respeito aos materiais utilizados no cabo.

6.2 As medições de atenuação óptica dos requisitos desta Norma devem ser realizadas no comprimento de onda, de acordo com a Tabela 10.

6.3 Todos os ensaios desta Norma estão discriminados e classificados na Tabela 11, com os respectivos métodos de ensaio e tipos de inspeção conforme a ABNT NBR 14104



Tabela 11 — Classificação e discriminação dos métodos de ensaio

Tipo	Ensaio	Método de ensaio	Inspeção
Ópticos	Atenuação óptica	ABNT NBR 13491	N
	Uniformidade de atenuação óptica	ABNT NBR 13502	N
	Comprimento de onda de corte	ABNT NBR 14076	P
Ambientais	Contração do revestimento externo	ABNT NBR 9143	P
	Escoamento do composto de preenchimento	ABNT NBR 9149	P
	Ciclo térmico do cabo	ABNT NBR 13510	Q
	Envelhecimento térmico do cabo	ABNT NBR 13977	Q
	Resistência ao intemperismo	ASTM G155 e ABNT NBR 9147	Q
	Penetração de umidade	ABNT NBR 9136	P
	Trilhamento	ABNT NBR 10296	Q
	Dobramento a frio	ABNT NBR NM-IEC 60811-1-4	Q
Térmicos	Retardância à chama	Anexo A	Q
Mecânicos	Deformação na fibra óptica por tração no cabo	ABNT NBR 13512	Q
	Compressão	ABNT NBR 13507	Q
	Impacto	ABNT NBR 13509	Q
	Curvatura	ABNT NBR 13508	Q
	Flexão alternada	ABNT NBR 13514	Q
	Torção	ABNT NBR 13513	Q
	Dobramento	ABNT NBR 13518	Q
	Abrasão	ABNT NBR 13517	Q
	Fluência	ABNT NBR 13516	Q
	Vibração	ABNT NBR 14074:2015, Anexo C	Q
Mecânicos	Resistência ao dobramento (<i>kinking</i>) de tubos de proteção	ABNT NBR 15328	Q
	Extração do revestimento da fibra óptica	ABNT NBR 13975	P
Dimensionais	Espessura do revestimento externo	ABNT NBR NM IEC 60811-1-1	N
	Ovalização	ABNT NBR NM IEC 60811-1-1	P
	Uniformidade da espessura	ABNT NBR NM IEC 60811-1-1	N
Visuais	Identificação	Subseção 4.13	N
	Marcação sequencial	Subseção 4.14	N
	Código de cores	Subseção 4.6	N
Legenda N inspeção normal. P inspeção periódica. Q inspeção de qualificação.			

7 Aceitação e rejeição

7.1 Para as bobinas devem ser aplicados os critérios de aceitação conforme a ABNT NBR 14104.

7.2 Na inspeção visual, as unidades do lote devem atender às condições estabelecidas em 4.18, exceto em 4.18.8 e 4.18.9.

Anexo A (normativo)

Ensaio de retardância à chama

A.1 Geral

O objetivo deste ensaio é verificar o comportamento do cabo óptico, quando submetido à ação de uma chama por um determinado período de tempo.

A.2 Aparelhagem

A aparelhagem necessária à execução do ensaio é a descrita a seguir:

- a) compartimento com $(1\ 200 \pm 25)$ mm de altura, (300 ± 25) mm de largura e (450 ± 25) mm de profundidade, e provido de proteção metálica em três lados, aberto na parte frontal e fechado nas partes inferior e superior, sendo a base não metálica e com orifícios nas partes superior e inferior, para passagem das extremidades do corpo de prova;
- b) bico de Bunsen com furo de (9 ± 1) mm, alimentado com gás natural ou gás liquefeito de petróleo (GLP);
- c) equipamento para medição da variação de atenuação óptica.

A.3 Procedimento

A.3.1 Corpo de prova

O corpo de prova deve ser um comprimento de cabo óptico suficiente para ser instalado no compartimento de ensaio, podendo as suas extremidades ser acessadas para a conexão de suas fibras ópticas aos equipamentos de medição da variação de atenuação.

A.3.2 Regulagem da fonte de calor

A regulagem deve ser conforme a seguir:

- a) o bico de Bunsen deve ser regulado para fornecer uma chama com aproximadamente 125 mm de altura, com um cone azulado com aproximadamente 40 mm de altura;
- b) o bico de Bunsen deve ser verificado quanto à sua operação satisfatória, sendo que, para isso, ele deve ser colocado com a sua base na posição horizontal. Um fio de cobre nu com diâmetro de $(0,71 \pm 0,025)$ mm e comprimento livre não inferior a 100 mm deve ser inserido horizontalmente na chama, aproximadamente 10 mm acima do topo do cone azulado. O tempo de fusão não pode ser superior a 6 s nem inferior a 4 s.

A.3.3 Ensaio

Para a realização do ensaio devem ser executados os seguintes passos:

- a) a amostra deve ser fixada com grampos para ser mantida na posição vertical no meio do compartimento de ensaio;
- b) os grampos devem ser posicionados de tal maneira que a distância livre entre eles seja de (550 ± 25) mm;
- c) o ensaio deve ser efetuado em uma área livre de corrente de ar, podendo ser utilizada coifa, se a exaustão produzida por ela não afetar a chama;
- d) para o ensaio, o eixo do tubo do bico deve estar disposto em um ângulo de 45° em relação ao corpo de prova;
- e) quando o bico estiver em uso, a distância dele em relação ao corpo de prova deve ser tal que o cone de chama azulada interna esteja a uma distância aproximada de 10 mm da superfície do cabo e 75 mm acima do grampo inferior, conforme a Figura A.1;
- f) a chama deve ser aplicada durante um período contínuo de T (segundos), conforme indicado na equação a seguir:

$$T = 60 + P/25$$

onde

T é o período de aplicação da chama, expresso em segundos (s);

P é a massa da amostra do cabo sob ensaio, expressa em gramas (g).

NOTA O comprimento da amostra sob ensaio é 600 mm.

- g) a chama deve se autoextinguir;
- h) após ter cessado o processo de combustão em todas as partículas, a superfície do corpo de prova deve ser limpa, e deve ser medida a distância entre o final da parte carbonizada e a extremidade inferior do grampo superior;
- i) deve ser medida a variação de atenuação óptica conforme a ABNT NBR 13520;
- j) quando utilizado o reflectômetro óptico temporal (OTDR), o ensaio deve ser executado a uma distância mínima da extremidade do cabo, oposta ao aparelho, tal que possibilite a utilização do método de medida da variação de atenuação óptica em um ponto, conforme a sensibilidade do aparelho;
- k) quando utilizado o medidor de potência, o ensaio pode ser executado em qualquer parte do corpo de prova.

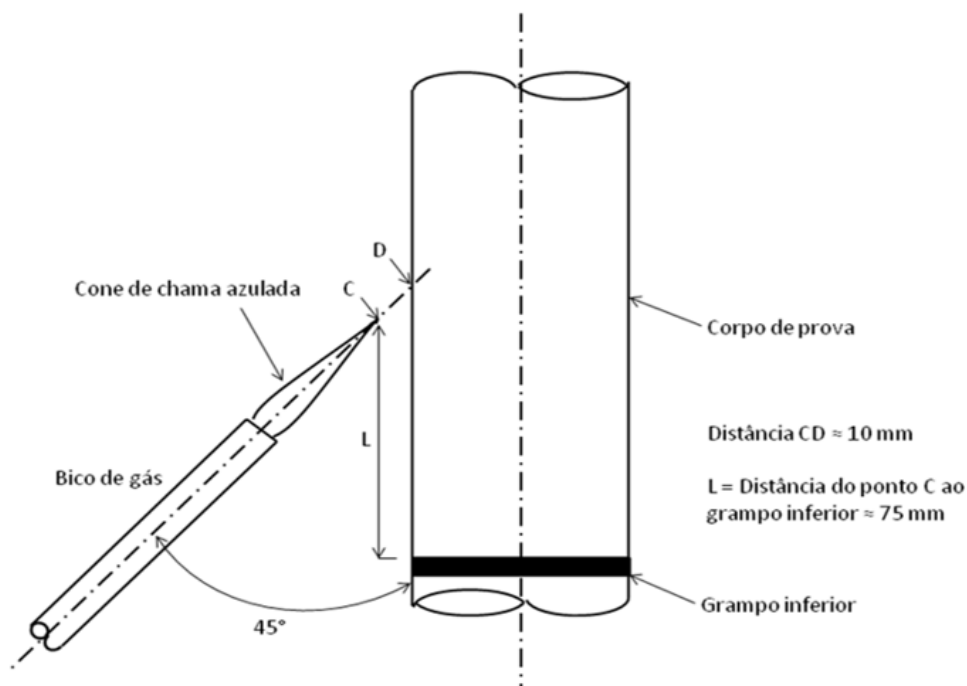


Figura A.1 — Disposição de ensaio

A.4 Relatório de ensaio

Os resultados obtidos devem ser apresentados em um relatório contendo no mínimo as seguintes informações:

- título do ensaio e identificação da Norma e edição, bem como o método de medição;
- identificação do laboratório ou do local do ensaio e data do ensaio;
- identificação e características do produto ensaiado;
- resultados da medição, incluindo valores medidos e calculados;
- comentários relativos às ocorrências relevantes ao ensaio;
- identificação do responsável técnico.