

ETD 007.01.46

CABO DE ALUMÍNIO NU



Projeto: setembro de 2008
Palavras Chave: Condutor; Rede de Distribuição

Cooperativas Filiadas a FECOERGS:



CELETRO
– Cachoeira do Sul –



CERFOX
– Fontoura Xavier –



CERILUZ
– Ijuí –



CERMISSÕES
– Caibaté –



CERTAJA
– Taquari –



CERTEL
– Teutônia –



CERTHIL
– Três de Maio –



CERVALE
– Santa Maria –



COOPERLUZ
– Santa Rosa –



COOPERNORTE
– Viamão –



COOPERSUL
– Bagé –



COPREL
– Ibirubá –



COSEL
– Encruzilhada do Sul –



CRELUZ
– Pinhal –



CREAL
– Erechim –

Esta Norma tem por objetivo estabelecer as condições mínimas exigíveis para o fornecimento do material em referência a ser utilizado nas Redes Aéreas de Distribuição Urbanas e Rurais das regiões de atuação das Cooperativas filiadas ao Sistema FECOERGS.

Elaboração:

Vilson Luiz Coelho	Engenheiro, CREA-SC 010.932-1	Power Engenharia Ltda.
Mílvio Rodrigues de Lima	Engenheiro, CREA-SC 6727	Power Engenharia Ltda.

Aprovação:

Herton Azzolin	Engenheiro, CREA-RS 124.865	COPREL
Marcos Luiz Eidt	Engenheiro, CREA-RS 050.703	COPREL
Francisco Carlos S. de Oliveira	Engenheiro, CREA-RS 048.170	CERTEL
Ederson P. Madruga	Engenheiro, CREA-RS 096.167	CERTAJA
Eleandro Luis M. da Silva	Técnico, CREA-RS 127.488	CERTAJA
Luis Osório M. Dornelles	Engenheiro, CREA-RS 128.117	FECOERGS
Marcos Vizzotto	Engenheiro, CREA-RS 147.577	FECOERGS
Leandro André Hoerlle	Economista	FECOERGS

Sumário

1. Objetivo	1
2. Âmbito de Aplicação.....	1
3. Documentos de Referência	1
4. Condições Gerais	2
4.1. Definições.....	2
4.2. Inovação Tecnológica	2
4.3. Meio Ambiente	2
4.4. Condições de Operação.....	2
4.5. Acabamento	2
4.6. Emendas	3
5. Condições Específicas	3
5.1. Características Construtivas	3
5.1.1. Dimensões	3
5.1.2. Material.....	4
5.1.3. Formação e Encordoamento.....	5
5.2. Características Mecânicas	5
5.2.1. Resistência à Tração dos Fios Componentes de Alumínio	5
5.2.2. Ductilidade.....	5
5.2.3. Tensão a 1%, Resistência à Tração e Alongamento dos Fios Componentes de Aço	5
5.2.4. Resistência Mecânica Calculada (RMC).....	6
5.2.5. Módulo de Elasticidade Final e Coeficiente de Dilatação Linear	6
5.3. Características Elétricas.....	7
5.3.1. Resistividade Elétrica dos Fios Componentes de Alumínio.....	7
5.3.2. Resistência Elétrica em Corrente Contínua	7
6. Condições de Fornecimento	7
6.1. Homologação	7
6.2. Acondicionamento.....	8
6.2.1. Generalidades	8
6.2.2. Características dos Carretéis	8
6.2.3. Marcação.....	8
6.2.4. Tolerância de Fornecimento.....	9
6.3. Garantia.....	9
7. Inspeção e Ensaios	9
7.1. Generalidades	9
7.2. Classificação e Relação dos Ensaios Aplicáveis.....	10
7.2.1. Ensaios de Tipo.....	10
7.2.2. Ensaios de Recebimento	10
7.2.3. Ensaios Complementares	10
7.3. Metodologia dos Ensaios	11
7.3.1. Inspeção Geral	11
7.3.2. Verificação Dimensional.....	11
7.3.3. Ductilidade.....	11
7.3.4. Aderência da Camada de Zinco.....	11
7.3.5. Massa da Camada de Zinco	11
7.3.6. Resistência à Tração.....	11
7.3.7. Tensão a 1%, Resistência à Tração e Alongamento.....	12
7.3.8. Verificação da RMC	12
7.3.9. Verificação da Massa Linear	12
7.3.10. Ruptura.....	12
7.3.11. Tensão-Deformação.....	12

7.3.12. Dilatação Térmica Linear	12
7.3.13. Envelhecimento Acelerado.....	12
7.3.14. Resistividade Elétrica.....	12
7.3.15. Verificação da Resistência Elétrica CC.....	12
7.4. Relatórios de Ensaios	13
7.5. Planos de Amostragem	13
7.5.1. Ensaios de Tipo e Complementares	13
7.5.2. Ensaios de Recebimento	13
7.6. Critérios de Aceitação e Rejeição	14
7.6.1. Critérios para Aceitação ou Rejeição nos Ensaios de Tipo e Complementares	14
7.6.2. Critérios para Aceitação ou Rejeição nos Ensaios de Recebimento.....	15
8. Desenhos	16
8.1. Padrão C-03: Cabo de Alumínio – CA	16
8.2. Padrão C-04: Cabo de Alumínio com Alma de Aço – CAA	18
8.3. Carretel para Armazenamento e Transporte	20

1. Objetivo

Esta especificação fixa as exigências mínimas para fabricação, aquisição e recebimento de cabos nus de alumínio, tipo CA e CAA, utilizados como condutores em redes aéreas de distribuição de energia elétrica.

2. Âmbito de Aplicação

Aplica-se às cooperativas de eletrificação pertencentes ao Sistema FECOERGS e respectivos fabricantes e fornecedores.

3. Documentos de Referência

Para fins de projeto, seleção de matéria-prima, fabricação, controle de qualidade, inspeção, acondicionamento e utilização de cabos de alumínio esta especificação adota as normas abaixo relacionadas:

NBR 5118 – Fios de alumínio 1350 nus, de seção circular, para fins elétricos – Especificação.

NBR 5426 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos – Procedimento.

NBR 5456 – Eletricidade geral – Terminologia.

NBR 5471 – Condutores elétricos – Terminologia.

NBR 6243 – Choque térmico para fios e cabos elétricos – Método de Ensaio.

NBR 6236 – Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos – Especificação.

NBR 6653 – Fita de aço para embalagem – Especificação.

NBR 6756 – Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio – Especificação.

NBR 6810 – Fios e cabos elétricos – Tração à ruptura em componentes metálicos – Método de Ensaio.

NBR 6815 – Fios e cabos elétricos – Ensaio de determinação da resistividade em componentes metálicos – Método de Ensaio.

NBR 7103 – Vergalhão de alumínio 1350 para fins elétricos – Especificação.

NBR 7270 – Cabos de alumínio com alma de aço para linhas aéreas – Especificação.

NBR 7271 – Cabos de Alumínio para linhas aéreas.

NBR 7272 – Condutor elétrico de alumínio – Ruptura e característica dimensional.

NBR 7273 – Condutor elétrico de alumínio – Retirada e preparo de corpo-de-prova para ensaio de tipo.

NBR 7302 – Condutores elétricos de alumínio – Tensão-Deformação em condutores de alumínio – Método de Ensaio.

NBR 7309 – Armazenamento transporte e movimentação dos elementos componentes dos carretéis de madeira para condutores elétricos – Procedimento.

NBR 7310 – Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço.

NBR 7312 – Rolos de fios e cabos elétricos – Características dimensionais.

NBR 7397 – Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – Determinação da massa do revestimento por unidade de área – Método de ensaio

NBR11137 – Carretel de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – Dimensões e estruturas.

NBRISO2107 – Alumínio e suas ligas – Produtos trabalháveis – Designações das têmperas.

PTD 035.01.02 – Padrão de Estruturas.

As siglas acima referem-se a:

NBR: Norma Brasileira Registrada da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

ISO – International Standardization Organization.

PTD: Padrão Técnico – Distribuição, do Sistema FECOERGS.

As normas aqui mencionadas não excluem outras reconhecidas, desde que assegurem qualidade igual ou superior. Em casos de dúvidas ou divergências prevalecerá o que está estabelecido nesta especificação em seguida nas normas recomendadas. Nos casos em que estas normas forem omissas poderão ser aceitas outras apresentadas pelos fabricantes desde que aprovadas pela FECOERGS.

4. Condições Gerais

4.1. Definições

Os termos técnicos utilizados nesta especificação estão definidos nas normas mencionadas no item 3.

4.2. Inovação Tecnológica

As inovações tecnológicas resultantes de desenvolvimentos técnico-científicos devem ser incorporadas ao projeto, matéria prima e mão-de-obra de fabricação deste material, desde que assegurem qualidade igual ou superior às exigidas por esta especificação.

4.3. Meio Ambiente

Em todas as etapas de fabricação, transporte e recebimento devem ser cumpridas as legislações ambientais federais, estaduais e municipais, quando aplicáveis. O fabricante deverá apresentar descrição de alternativas para descarte deste material após o final de sua vida útil.

4.4. Condições de Operação

Os cabos abrangidos por esta especificação, quando instalados conforme o padrão de estruturas PTD 035.01.02, devem operar adequadamente nas seguintes condições:

- a. altitude não superior a 1000m;
- b. temperatura máxima do ar ambiente de 40°C e o valor médio obtido num período de 24 horas, não superior a 35°C;
- c. temperatura mínima do ar ambiente não inferior a - 10°C;
- d. umidade do ar de até 100%;
- e. pressão do vento não superior a 700Pa (70daN/m²);
- f. frequência nominal do sistema elétrico igual a 60Hz.

4.5. Acabamento

Os cabos devem apresentar diâmetro uniforme e ser isentos de fissuras, rebarbas, estrias, inclusões, falhas de encordoamento ou outros defeitos que possam comprometer o desempenho do mesmo.

Os fios de aço que compõem a alma dos cabos CAA devem ser zincados a quente conforme NBR 6756, com camada de zinco classe 1, contínua e uniforme e massa não inferior aos valores apresentados na tabela 4.1. A superfície deve apresentar-se lisa, tolerando-se

apenas irregularidades inerentes ao processo de zincagem empregado. O aparecimento de manchas superficiais de óxido de zinco (corrosão branca) será tolerado desde que as regiões afetadas continuem atendendo aos requisitos de massa mínima conforme tabela 4.1. A aderência da camada de zinco deve ser tal que após o enrolamento (ensaio 7.3.4), esta não deve apresentar rachas a ponto de poder ser removida manualmente.

Tabela 4.1 – Massa Mínima da Camada de Zinco nos Fios de Aço

Diâmetro do Fio (mm)		Massa Mínima da Camada de Zinco (g/m ²)
Limite Inferior (exclusive)	Limite Superior (inclusive)	
1,24	1,5	185
1,5	1,75	200
1,75	2,25	215
2,25	3	230
3	3,5	245
3,5	4,25	260
4,25	4,75	275
4,75	5,5	290

4.6. Emendas

Nos cabos com 7 fios não é permitida qualquer emenda nos fios componentes.

Nos cabos com mais de 7 fios somente são permitidas emendas nos fios de alumínio rompido devido a ocorrências acidentais durante o processo de encordoamento.

As emendas devem conservar a forma geométrica do fio original.

As emendas nos fios de alumínio feitas durante o encordoamento devem ser separadas com mais de 15 m de qualquer outra emenda, em qualquer coroa e são permitidas no máximo 4 por lance do condutor. As emendas devem ser feitas por pressão a frio, solda elétrica de topo ou outro método adequado e que mantenha a qualidade do produto.

Nos fios com emendas feitas por solda elétrica de topo, deve ser efetuado tratamento térmico de recozimento até uma distância mínima de 250 mm de cada lado da emenda.

As emendas feitas por solda elétrica de topo e seguidas de recozimento devem apresentar tensão de ruptura superior a 75MPa e quando feitas por pressão a frio, deverão apresentar tensão de ruptura superior a 130MPa, não sendo exigido, porém, nenhum requisito quanto à ductilidade.

Nos fios de aço não são permitidas emendas.

5. Condições Específicas

5.1. Características Construtivas

5.1.1. Dimensões

Os cabos CA e CAA abrangidos por esta especificação devem atender as características dimensionais apresentadas nos desenhos padrões C-03 e C-04 dos itens 8.1 e 8.2, admitidas as tolerâncias da tabela 5.1.

A área da seção transversal dos cabos é calculada em função dos diâmetros medidos dos fios componentes.

Tabela 5.1 – Tolerâncias das Dimensões

Componente		Característica	Tolerâncias	
			+	-
Fio	Alumínio	$\phi \leq 3,00\text{mm}$	0,03mm	0,03mm
		$\phi > 3,00\text{mm}$	1%	1%
	Aço	$1,90\text{mm} < \phi \leq 3,05\text{mm}$	0,04mm	0,06mm
		$3,05\text{mm} < \phi \leq 3,56\text{mm}$	0,06mm	0,08mm
$3,56\text{mm} < \phi \leq 5,50\text{mm}$		0,08mm	0,10mm	
Cabo	CA	Diâmetro nominal do cabo	1%	1%
		Seção transversal nominal	2%	2%
	CAA	Diâmetro nominal do cabo	1%	1%
		Diâmetro nominal da alma	1%	1%
		Seção transversal nominal - Al	2%	2%
		Seção transversal nominal - Aço	2%	2%

5.1.2. Material

5.1.2.1. Tipo

Os fios componentes da alma dos cabos CAA devem ser em aço zincado a quente, com zincagem classe 1, conforme NBR 6756.

Os fios componentes condutores devem ser em alumínio 1350, têmpera H-19, conforme NBR 5118.

5.1.2.2. Composição Química

A composição química dos fios de alumínio deve estar de acordo com os limites estabelecidos pela NBR 7103.

As composições químicas do aço e do zinco utilizados nos fios componentes da alma do cabo CAA, devem estar de acordo com as exigências da NBR 6756.

5.1.2.3. Massa

A massa por unidade de comprimento calculada para o cabo completo deve estar de acordo com os valores de massa nominal relacionados nas tabelas 8.2 e 8.4 dos desenhos padrões C-03 e C-04, admitindo-se uma tolerância de $\pm 1\%$.

Os cálculos devem ser efetuados a partir de valores médios de diâmetros reais obtidos de amostras dos fios componentes de alumínio e aço (quando for o caso), e dos valores de massa específica e fatores de correção devido ao encordoamento apresentados na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Massa Específica e Constante de Correção Devido ao Encordoamento

Cabo	Material		N.º Fios	Fator
	Tipo	Massa Específica (20 °C) (g/cm³)		
CA	Alumínio	2,703	7	7,091
			19	19,340
CAA	Alumínio	2,703	6	6,091
			26	26,56
	Aço	7,78	1	1,000
			7	7,032

5.1.3. Formação e Encordoamento

Os cabos CA e CAA abrangidos por esta especificação devem ter a formação indicada nos desenhos padrões C-03 e C-04 dos itens 8.1 e 8.2 desta especificação.

O encordoamento deve ser uniforme em toda a extensão do cabo e o sentido do encordoamento nas coroas sucessivas deve ser alternado, sendo o da coroa externa para a direita. As relações de encordoamento para os diversos tipos de cabo estão resumidas na tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Relações de Encordoamento

Cabo		Fios de Alumínio				Fios de Aço	
Tipo	N.º de Fios	Última Coroa		Penúltima Coroa		Coroa de 6 Fios	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
CA	7	10 x ϕ Coroa	14 x ϕ Coroa	-	-	-	-
	19	10 x ϕ Coroa	14 x ϕ Coroa	10 x ϕ Coroa	16 x ϕ Coroa	-	-
CAA	6/1	10 x ϕ Coroa	14 x ϕ Coroa	-	-	-	-
	26/7	10 x ϕ Coroa	14 x ϕ Coroa	10 x ϕ Coroa	16 x ϕ Coroa	13 x ϕ Coroa	28 x ϕ Coroa

5.2. Características Mecânicas

5.2.1. Resistência à Tração dos Fios Componentes de Alumínio

Quando submetido ao ensaio de resistência à tração, o fio de alumínio retirado do cabo completo deve apresentar valor de tração de ruptura que atenda aos valores mínimos apresentados na tabela 5.4. Estes valores correspondem a 95% da resistência à tração mínima do fio antes do encordoamento.

Tabela 5.4 – Valores Mínimos de Resistência à Tração dos Fios de Alumínio

Diâmetro do Fio (mm)		Resistência à Tração Mínima (Mpa)
Limite Inferior (exclusive)	Limite Superior (inclusive)	
2,00	2,25	171,00
2,25	2,50	166,25
2,50	3,00	161,50
3,00	3,50	156,75
3,50	5,00	152,00

5.2.2. Ductilidade

Os fios componentes alumínio ou aço não devem apresentar fratura ou evidência de trinca após ser ensaiados conforme metodologia apresentada em 7.3.3.

5.2.3. Tensão a 1%, Resistência à Tração e Alongamento dos Fios Componentes de Aço

Os valores de tensão a 1% de alongamento, resistência à tração e alongamento na ruptura dos fios retirados da alma de aço de cabos CAA devem atender os limites mínimos apresentados na tabela 5.5, quando ensaiados conforme item 7.3.7. Estes valores correspondem a 95% dos valores previstos para os mesmos ensaios antes do encordoamento, exceto quanto ao alongamento, cujo valor representa uma queda de 0,5% se comparado ao alongamento na ruptura dos fios de aço antes do encordoamento.

Tabela 5.5 - Tensão a 1%, Resistência à Tração e Alongamento dos Fios de Aço

Diâmetro do Fio (mm)		Tensão Mínima a 1% de Alongamento (Mpa)	Limite Mínimo de Resistência à Tração (MPa)	Alongamento Mínimo na Ruptura em 250 mm (%)
Limite Inferior (exclusive)	Limite Superior (inclusive)			
1,24	2,25	1.244,5	1.377,5	2,0
2,25	2,75	1.216,0	1.339,5	2,0
2,75	3,00	1.216,0	1.339,5	2,5
3,00	3,50	1.178,0	1.339,5	2,5
3,50	5,50	1.111,5	1.311,0	2,5

5.2.4. Resistência Mecânica Calculada (RMC)

A resistência mecânica calculada do cabo completo deve atender aos valores mínimos especificados nas tabelas 8.2 e 8.4 dos itens 8.1 e 8.2 desta especificação.

O cálculo da RMC a partir das contribuições dos fios componentes de alumínio e aço deve ser efetuado da seguinte forma:

- utilizar os valores reais (médios da amostra) dos diâmetros e das resistências à tração dos fios componentes de alumínio;
- utilizar os valores reais (médios da amostra) dos diâmetros e das tensões a 1% de alongamento dos fios componentes da alma de aço (quando for o caso);
- utilizar os fatores da tabela 5.6 para corrigir os valores das contribuições dos fios componentes no cálculo da RMC para o cabo completo.

Tabela 5.6 – Fatores de Correção para Obtenção da RMC do Cabo Completo

Encordoamento				Fatores de Correção	
N.º de Fios		N.º de Coroas		(%)	
Al	Aço	Al	Aço	Al	Aço
7	-	1	-	95	-
19	-	2	-	95	-
6	1	1	-	96	96
26	7	2	1	93	96

5.2.5. Módulo de Elasticidade Final e Coeficiente de Dilatação Linear

Os módulos de elasticidade final e coeficientes de dilatação linear dos cabos completos devem estar de acordo com os valores apresentados na tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Módulo de Elasticidade Final e Coeficiente de Dilatação Linear a 20°C

N.º de Fios do Cabo		Coeficiente de Dilatação Linear (/°C)	Módulo de Elasticidade Final (MPa)
Al	Aço		
7	-	23×10^{-6}	60.000
19	-	23×10^{-6}	57.000
6	1	$19,1 \times 10^{-6}$	79.000
26	7	$18,9 \times 10^{-6}$	74.000

Admite-se tolerância de $\pm 5\%$ para o coeficiente de dilatação linear e $\pm 3.000\text{MPa}$ para o módulo de elasticidade final.

5.3. Características Elétricas

5.3.1. Resistividade Elétrica dos Fios Componentes de Alumínio

Quando ensaiados conforme item 7.3.14, a condutividade dos fios de alumínio a 20°C não deve ser inferior a 60,6% IACS, valor individual e 61,0% IACS, valor médio.

A medição deve ser feita à temperatura ambiente não inferior a 5°C e nem superior a 40°C. Os fios devem estar limpos e a variação de temperatura deve ser corrigida conforme a tabela, sendo o cálculo da condutividade percentual a 20°C, para condutor de alumínio, feito pela fórmula:

$$C\% = \frac{k}{(R_{t_0} \times m)}$$

Onde:

C% = condutividade percentual a 20°C.

k = constante referida a temperatura t_0 .

R_{t_0} = resistência medida a temperatura t_0 .

m = massa do fio (g/m).

5.3.2. Resistência Elétrica em Corrente Contínua

A resistência elétrica em corrente contínua a 20°C, por unidade de comprimento, calculada para o cabo completo, deve ser inferior aos valores apresentados nas tabelas 8.2 e 8.4, dos itens 8.1 e 8.2 desta especificação.

A resistência elétrica deve ser calculada conforme NBR 5118, a partir da resistência real dos fios componentes de alumínio (valor médio da amostra). Os fios componentes de aço devem ser desprezados nos cálculos.

Os valores obtidos devem ser corrigidos em função do encordoamento, conforme tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Fatores de Correção para Cálculo de Resistência C.C.

Encordoamento		Fator
N.º de Fios		
Al	Aço	
7	-	0,14470
19	-	0,05357
6	1	0,16920
26	7	0,03928

6. Condições de Fornecimento

6.1. Homologação

Para a homologação de cabos de alumínio CA e CAA junto às cooperativas pertencentes ao Sistema FECOERGS, devem ser apresentados todos os ensaios de tipo previstos nesta especificação. Os ensaios devem ter sido realizados a menos de 4 anos da data da entrega do pedido de homologação. Poderão ser aceitos ensaios realizados até 8 anos desde que acompanhados de uma declaração do responsável técnico de não alteração no produto (matéria-prima, processo de fabricação e projeto) desde a data do ensaio.

Os ensaios devem ser apresentados em português ou inglês. Quando apresentados em outro idioma deverão estar acompanhados de tradução para o português efetuada por tradutor juramentado.

Após a análise dos ensaios e verificação da conformidade do material com esta especificação, a FECOERGS emitirá o certificado técnico dos ensaios.

Os certificados técnicos deverão ser revalidados sempre que:

- a. o projeto for modificado pelo fabricante;
- b. o material apresentar problemas durante ou após o fornecimento;
- c. a FECOERGS proceder revisão nesta especificação e o material passe a não atender as novas exigências.

A homologação do produto pela FECOERGS não eximirá o contratado de sua responsabilidade de fornecê-lo em plena concordância com a ordem de compra ou contrato e esta especificação, assim como, não invalidará ou comprometerá qualquer reclamação que a FECOERGS venha a fazer, baseada na existência de material inadequado ou defeituoso. A homologação também não libera os materiais da necessidade de realização dos ensaios de recebimento.

Os ensaios de tipo devem ser realizados em laboratórios reconhecidos no setor elétrico, certificados pelo INMETRO ou com equipamentos devidamente calibrados por organismos competentes. A FECOERGS faculta o direito de não aceitar ensaios realizados nos laboratórios dos fabricantes.

6.2. Acondicionamento

6.2.1. Generalidades

O acondicionamento dos cabos deve ser efetuado de modo a garantir um transporte seguro em quaisquer condições e limitações que possam ser encontradas.

A embalagem será considerada satisfatória se os cabos forem encontrados em perfeito estado na chegada ao destino. A embalagem final deve ser feita de modo que a massa e as dimensões permitam o fácil manuseio, transporte e armazenamento do material.

A FECOERGS considera para efeito de garantia da embalagem, o mesmo período do material e quaisquer prejuízos, decorrentes do mau acondicionamento, serão ressarcidos através de desconto na fatura do mesmo.

6.2.2. Características dos Carretéis

Os cabos devem ser fornecidos acondicionados em carretéis (bobinas) de madeira resistente e isenta de defeitos, de acordo com as características do desenho 8.3 desta especificação.

As pontas do cabo devem ser firmemente amarradas. O cabo deve ser enrolado uniformemente no carretel, não sendo permitida remontagem.

A FECOERGS se reserva o direito de solicitar ao fornecedor que apresente anexo à sua proposta, para sua prévia aprovação, desenho(s) detalhado(s) do(s) carretel(eis) com todas as suas dimensões e com a especificação dos materiais utilizados na sua confecção.

6.2.3. Marcação

Os carretéis devem apresentar marcação externa indelével e facilmente legível, em ambas as faces através de pintura direta sobre o disco ou em plaqueta metálica, com no mínimo as seguintes informações:

- a. nome e endereço do fornecedor;
- b. o nome FECOERGS/Cooperativa solicitante;
- c. número e item da ordem de compra;
- d. número de série do carretel;

- e. código FECOERGS do cabo;
- f. tipo e referência comercial do cabo;
- g. número de lances e comprimento em metros;
- h. massa líquida e massa bruta;
- i. endereço de entrega (cidade, estado, almoxarifado);
- j. seta indicando o sentido para desenrolar o cabo.

Na extremidade da última camada do cabo, deve ser amarrada uma etiqueta indelével com as indicações acima, exceto a alínea “j”.

No caso de carretel contendo mais de um lance de fabricação, o ponto correspondente ao fim de um lance e início de outro deve ser indicado com fita, de modo a ficar visível durante a retirada do cabo.

Marcações adicionais, necessárias para facilidade de transporte podem ser solicitadas e serão indicadas na ordem de compra.

6.2.4. Tolerância de Fornecimento

Para o fornecimento admite-se uma variação de mais ou menos 5% na quantidade estipulada na Ordem de Compra.

6.3. Garantia

Os cabos deverão ser garantidos pelo fornecedor contra falhas ou defeitos de fabricação ou matéria-prima pelo prazo mínimo de 12 (doze) meses da data de entrega dos mesmos no almoxarifado da cooperativa.

Caso necessário, o fornecedor será obrigado a substituir todo o lote que apresentar defeito, às suas expensas, responsabilizando-se por todos os custos decorrentes, sejam de material, mão-de-obra ou transporte. Neste caso o prazo de garantia deverá ser estendido por mais 12 (doze) meses.

7. Inspeção e Ensaios

7.1. Generalidades

A FECOERGS reserva-se o direito de inspecionar e ensaiar os condutores de alumínio abrangidos por esta especificação quer no período de fabricação, quer na época de embarque, ou a qualquer momento que julgar necessário. Independentemente da realização da inspeção o fornecedor é responsável pela qualidade e desempenho do material durante o período de garantia.

O fornecedor tomará às suas expensas todas as providências para que a inspeção por parte da FECOERGS se realize em condições adequadas, de acordo com as normas recomendadas e com esta especificação. Assim o fornecedor deverá propiciar todas as facilidades para o livre acesso aos laboratórios e aos locais de fabricação, embalagem, etc., bem como fornecer pessoal habilitado a prestar informações e executar os ensaios, além de todos os instrumentos (com selo de aferição emitido por órgão devidamente credenciado, com data não superior a 12 meses,) e dispositivos necessários para realizá-los.

As datas em que os materiais estarão prontos para inspeção devem ser avisadas à FECOERGS com antecedência mínima de 15 (quinze) dias para fornecedor nacional e de 30 (trinta) dias para fornecedor estrangeiro.

Os custos dos ensaios de recebimento devem ser por conta do fornecedor.

Os custos da visita do inspetor da FECOERGS (locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativo) correrão por conta do fornecedor nos seguintes casos:

- a. se o material estiver incompleto na data indicada na solicitação de inspeção;
- b. se o laboratório de ensaio não atender às exigências desta especificação;
- c. se o material fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em sub-fornecedor, contratado pelo fornecedor, em localidade diferente da sede do fornecedor;
- d. devido à re-inspeção do material por motivo de recusa nos ensaios.

7.2. Classificação e Relação dos Ensaios Aplicáveis

Os ensaios aplicáveis aos condutores de alumínio abrangidos por esta especificação, conforme definido nos itens 7.2.1 a 7.2.3, são classificados em ensaios de tipo, ensaios de recebimento e ensaios complementares e estão relacionados na tabela 7.1 de acordo com o tipo de cabo, CA ou CAA.

Tabela 7.1 – Relação dos Ensaios Aplicáveis

Item	Descrição	Cabo	
		CA (C-03)	CAA (C-04)
7.3.1	Inspeção Geral	T - R	T - R
7.3.2	Verificação Dimensional	T - R	T - R
7.3.3	Ductilidade	T - R	T - R
7.3.4	Aderência da camada de Zinco	na	T - R
7.3.5	Massa da Camada de Zinco	na	T - R
7.3.6	Resistência à Tração	T - R	T - R
7.3.7	Tensão a 1%, Resistência à Tração e Alongamento	na	T - R
7.3.8	Verificação da RMC	T - R	T - R
7.3.9	Verificação da Massa Linear	T - R	T - R
7.3.10	Ruptura	T - C	T - C
7.3.11	Tensão-Deformação	T - C	T - C
7.3.12	Dilatação Térmica Linear	T - C	T - C
7.3.13	Envelhecimento Acelerado	T - C	T - C
7.3.14	Resistividade Elétrica	T - R	T - R
7.3.15	Verificação da Resistência Elétrica em C. C.	T - R	T - R

Nota: "T" = Tipo, "R" = Recebimento, "C" = Complementar e "na" = não aplicável.

7.2.1. Ensaios de Tipo

São todos os ensaios que são realizados em amostras do produto com o objetivo de verificar a conformidade do projeto com os requisitos da norma correspondente.

7.2.2. Ensaios de Recebimento

Referem-se a uma parcela dos ensaios de tipo, que são realizados em amostras do produto por ocasião do recebimento de cada lote, com o objetivo de verificar a conformidade com o projeto aprovado e homologado. Estes ensaios devem ser realizados nas instalações do fornecedor ou em laboratórios credenciados e reconhecidos pelo setor elétrico, na presença de inspetor da FECOERGS.

7.2.3. Ensaios Complementares

Com o objetivo de dirimir dúvidas e/ou melhor avaliar o produto, a FECOERGS reserva-se o direito de solicitar, sempre que julgar necessário, a realização de qualquer ensaio de tipo por ocasião do recebimento de cada lote, considerando-se neste caso o ensaio como complementar.

7.3. Metodologia dos Ensaios

Para a comprovação das características de projeto, material e mão-de-obra os cabos de alumínio CA e CAA devem ser submetidos aos ensaios relacionados em 7.1, segundo as metodologias descritas a seguir.

7.3.1. Inspeção Geral

Antes dos demais ensaios, o inspetor deve fazer uma inspeção geral, comprovando se os cabos e respectivos fios componentes apresentam acabamento, formação, encordoamento e características gerais de acordo com as exigências desta especificação.

Constitui falha a detecção de qualquer não conformidade com os itens 4.5, 4.6 e 5.1 desta especificação.

7.3.2. Verificação Dimensional.

Neste ensaio devem ser verificadas as dimensões dos fios componentes e do cabo completo, inclusive coroas e relações de encordoamento. Constitui falha a constatação de não conformidade com os itens 5.1.1 e 5.1.3 desta especificação.

7.3.3. Ductilidade

Os fios componentes de alumínio ou aço retirados de cabos completos devem ser submetidos a este ensaio. O fio componente de alumínio deve ser enrolado ao redor de seu próprio diâmetro, com ou sem uso de mandril, de modo a formar uma hélice de 8 (oito) voltas. O fio componente de aço deve ser ensaiado conforme NBR 6756. A relação entre os diâmetros do mandril e do fio de aço deve atender ao especificado na tabela 7.2.

Constitui falha o não atendimento ao item 5.2.2 desta especificação.

7.3.4. Aderência da Camada de Zinco

Os fios componentes retirados da alma de aço dos cabos CAA devem ser submetidos a este ensaio o qual deve ser executado conforme NBR 6756. A relação entre o diâmetro do mandril e o diâmetro do fio de aço deve atender a tabela 7.2.

Constitui falha o não atendimento do item 4.5 desta especificação.

Tabela 7.2 – Relação Entre os Diâmetros do Mandril e do Fio de Aço

Diâmetro do Fio (mm)		Ensaio	
Limite Inferior (exclusive)	Limite Superior (inclusive)	Ductilidade	Aderência da Camada de Zinco
1,24	2,75	3	4
2,75	3,50	4	4
3,50	5,50	4	5

7.3.5. Massa da Camada de Zinco

Os fios componentes retirados da alma de aço dos cabos CAA devem ser submetidos a este ensaio, o qual deve ser executado conforme NBR 7397.

Constitui falha o não atendimento aos valores de massa mínima relacionados na tabela 4.1.

7.3.6. Resistência à Tração

O ensaio de resistência à tração é aplicado aos fios componentes de alumínio retirados de cabos CA ou CAA e deve ser realizado conforme NBR 6810.

Constitui falha o não atendimento ao item 5.2.1 desta especificação.

7.3.7. Tensão a 1%, Resistência à Tração e Alongamento

Estes ensaios devem ser realizados em fios retirados da alma de aço dos cabos CAA, conforme NBR 6810, observadas as condições da NBR 6756.

Constitui falha o não atendimento ao item 5.2.3 desta especificação.

7.3.8. Verificação da RMC

A verificação da resistência mecânica calculada (RMC) nos cabos completos deve ser feita a partir dos resultados obtidos nos ensaios de tração dos fios componentes, itens 7.3.6 e 7.3.7, de acordo com o item 5.2.4.

7.3.9. Verificação da Massa Linear

A verificação da massa por unidade de comprimento deve ser feita através de cálculo conforme item 5.1.2.3.

A massa por unidade de comprimento calculada para o cabo completo deve estar de acordo com os valores de massa nominal relacionados nas tabelas 8.2 e 8.4 dos desenhos padrões C-03 e C-04, admitindo-se uma tolerância de $\pm 1\%$.

7.3.10. Ruptura

O ensaio de ruptura do cabo CA ou CAA deve ser executado conforme NBR 7272.

Constitui falha o não atendimento ao prescrito na NBR 7270.

7.3.11. Tensão-Deformação

Este ensaio deve ser realizado no cabo completo, conforme metodologia da NBR 7302.

Constitui falha o não atendimento ao item 5.2.5 desta especificação.

7.3.12. Dilatação Térmica Linear

O fornecedor e/ou fabricante deverá propor metodologia para execução deste ensaio, a qual será previamente analisada e aprovada pela FECOERGS.

Constitui falha o não atendimento ao item 5.2.5.

7.3.13. Envelhecimento Acelerado

Metodologia para execução deste ensaio, prevendo no mínimo a aplicação de ciclos térmicos, seguidos de névoa salina, curto-circuito e novamente ciclos térmicos deverá ser apresentada pelo fornecedor e/ou fabricante para a análise e aprovação da FECOERGS.

Antes e após este ensaio devem ser verificadas a zincagem e as características elétricas e mecânicas dos cabos e respectivos fios formadores, as quais não devem apresentar alterações significativas. Detalhes quanto aos limites para aceitação e rejeição devem ser objeto de acordo prévio entre FECOERGS e fornecedor/fabricante.

7.3.14. Resistividade Elétrica

A resistividade elétrica dos fios de alumínio, retirados de cabos CA ou CAA, deve ser determinada conforme NBR 6815, observadas as condições da NBR 5118 e da NBR 7270.

Constitui falha o não atendimento ao item 5.3.1 desta especificação.

7.3.15. Verificação da Resistência Elétrica CC

A resistência elétrica em corrente contínua (CC) a 20°C deve ser calculada conforme item 5.3.2 a partir da média das resistências dos fios formadores de alumínio.

Constitui falha o não atendimento ao item 5.3.2.

7.4. Relatórios de Ensaios

Os relatórios dos ensaios devem ser em formulários com as indicações necessárias à sua perfeita compreensão e interpretação conforme indicado a seguir:

- nome do ensaio;
- nome FECOERGS/nome da cooperativa solicitante;
- nome ou marca do fabricante;
- número e item da ordem de compra (se existente) da cooperativa e número da ordem de fabricação do fornecedor;
- identificação do cabo e quantidade submetida aos ensaios;
- descrição sumária do processo de ensaio, indicando constantes, métodos e instrumentos empregados;
- valores obtidos no ensaio;
- resumo das características (garantidas x medidas);
- atestado com informação clara dos resultados do ensaio;
- nome do inspetor e do responsável pelos ensaios;
- data e local dos ensaios.

Os cabos somente serão liberados pelo inspetor após a entrega de três vias do relatório dos ensaios e da verificação da embalagem e sua respectiva marcação.

7.5. Planos de Amostragem

7.5.1. Ensaios de Tipo e Complementares

As amostras para ensaios de tipo e complementares devem ser formadas por 3 corpos de prova de dimensões suficientes para a realização de cada ensaio previsto, retiradas e preparadas de acordo com a NBR 7323. Exceto quando previsto na própria metodologia, as amostras devem ser distintas para cada ensaio e escolhidas aleatoriamente do lote sob inspeção, quando se tratar de ensaio complementar.

As amostras poderão eventualmente ser definidas através de acordo entre fornecedor e FECOERGS.

7.5.2. Ensaios de Recebimento

O tamanho da amostragem a ser retirada de cada lote completo deve estar de acordo com a tabela 7.3.

As amostras (carretéis) devem ser escolhidas pelo inspetor da FECOERGS nos lotes prontos para embarque.

De cada amostra (carretel) devem ser retirados corpos de prova de cabo, em número e comprimento adequados à realização de todos os ensaios previstos, desprezando-se sempre o primeiro metro de cabo.

Para realização de ensaios nos fios formadores a quantidade de fios a ser retirada de cada corpo de prova de cabo deve estar de acordo com tabela 7.4.

Para a inspeção geral dos cabos o tamanho da amostragem será fixado a critério do inspetor da FECOERGS.

Tabela 7.3 – Amostragem para Ensaios de Recebimento

Tamanho do Lote	Amostra		Ac	Rc
	Sequência	Tamanho		
Ate 50	-	5	0	1
51 a 150	1a	13	0	2
	2a	13	1	2
151 a 200	1a	20	0	3
	2a	20	3	4
201 a 500	1a	32	1	4
	2a	32	4	5
501 a 1200	1a	50	2	5
	2a	50	6	7

Notas:

1. O tamanho do lote refere-se ao número de carretéis,
2. "Ac" é o número de carretéis defeituosos que ainda permite aceitar o lote e "Re" é o número de carretéis defeituosos que implica na rejeição do lote.
3. Procedimento para amostragem dupla: ensaiar inicialmente um número de unidades igual ao da primeira amostra de acordo com a tabela. Se o número de unidades defeituosas resultante estiver compreendido entre "Ac" e "Re", excluídos estes valores, deve ser então ensaiada a segunda amostra. Para permitir a aceitação do lote, o total de unidades defeituosas, depois de ensaiadas as duas amostras, deve ser igual ou menor do que "Ac" especificado.
4. Os planos de amostragem para ensaios de recebimento, referem-se a regime de inspeção normal. Nos casos em que a FECOERGS optar por outro regime de inspeção, serão seguidas as recomendações da NBR 5426.

Tabela 7.4 – Quantidade de Fios por Corpo de Prova

Cabo	N.º de Fios	Aço Zincado		Alumínio	
		Central	1.ª Coroa	1.ª Coroa	2.ª Coroa
CA	7	-	-	1	2
	19	-	-	1	2
CAA	6/1	1	-	2	-
	26/7	1	2	2	2

7.6. Critérios de Aceitação e Rejeição

A aceitação pela FECOERGS, seja pela comprovação dos valores, seja por eventual dispensa de inspeção, não eximirá o fornecedor de sua responsabilidade em entregar os cabos em plena concordância com esta especificação, nem invalidará qualquer reclamação que a FECOERGS venha a fazer baseada na existência de materiais inadequados ou defeituosos.

Por outro lado, a rejeição de cabos em virtude de falhas constatadas nos ensaios ou discordância com esta especificação/ordem de compra, não eximirá o fornecedor de sua responsabilidade de cumprir o prazo de entrega. Se no entender da FECOERGS, a rejeição tornar impraticável a entrega na data previamente acertada, ou se tudo indicar que o fornecedor será incapaz de satisfazer os requisitos exigidos, a FECOERGS reserva-se o direito de rescindir todas as suas obrigações e adquirir os materiais em outra fonte, sendo o fornecedor considerado como infrator da ordem de compra, estando sujeito às penalidades aplicáveis ao caso.

7.6.1. Critérios para Aceitação ou Rejeição nos Ensaios de Tipo e Complementares

O projeto deve ser aceito se todos os corpos de prova ensaiados apresentarem comportamento satisfatório.

Caso ocorra falha no primeiro corpo de prova, o fornecedor deverá apresentar relatório apontando as causas da falha. A critério da FECOERGS poderão ser ensaiados os dois corpos de prova restantes e neste caso não será admitida nenhuma falha.

7.6.2. Critérios para Aceitação ou Rejeição nos Ensaios de Recebimento

O número total de carretéis reprovados deve ser levado à tabela 7.3 que definirá a aceitação ou rejeição do lote.

Embora não esteja previsto ensaio específico para a verificação de emendas nos fios componentes, caso seja detectada alguma irregularidade quanto ao item 4.6 o lote total poderá ser recusado a critério FECOERGS.

8. Desenhos

8.1. Padrão C-03: Cabo de Alumínio – CA

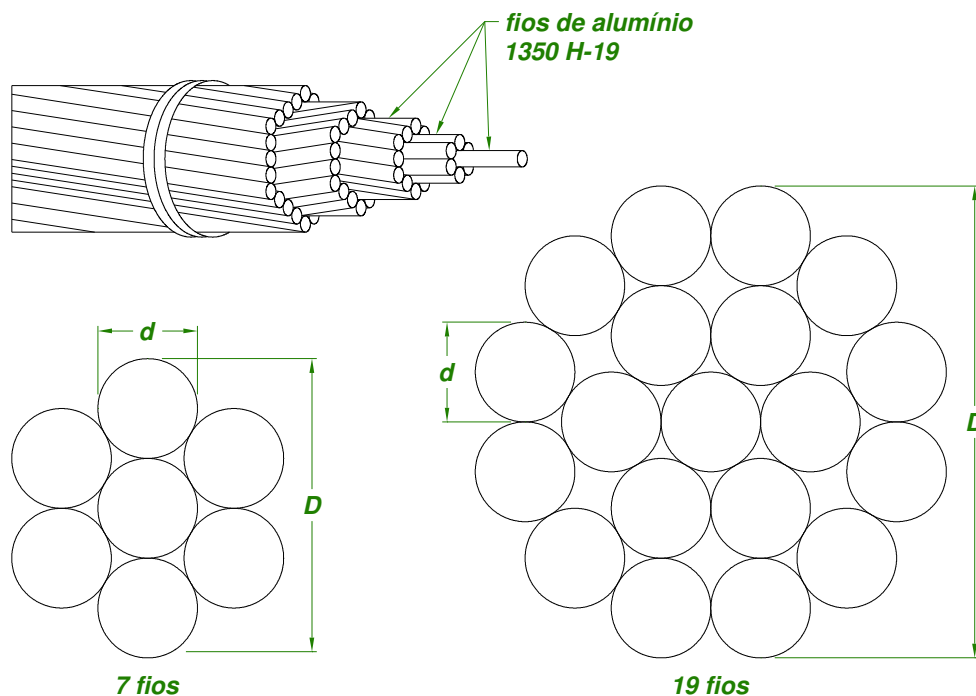


Tabela 8.1 – Características Dimensionais

Bitola (AWG/MCM)	Código		Formação			
	Comercial	FECOERGS	Fios		Cabo	
			N.º	d (mm)	D (mm)	Secção (mm²)
1	2	3	4	5	6	7
2	IRIS	C-03.01	7	2,47	7,41	33,54
1/0	POPPY	C-03.02	7	3,12	9,36	53,52
2/0	ASTER	C-03.03	7	3,50	10,50	67,35
3/0	PHLOX	C-03.04	7	3,93	11,79	84,91
4/0	OXLIP	C-03.05	7	4,42	13,26	107,41
336,4	TULIP	C-03.06	19	3,38	16,90	170,48

Tabela 8.2 – Características Eletromecânicas

Bitola (AWG/MCM)	Código		Massa (kg/km)	RMC (kN)	RMG (mm)	Resistência (Ω/km)	Capacidade de Corrente (A)
	Comercial	FECOERGS					
1	2	3	4	5	6	7	8
2	IRIS	C-03.01	91,8	5,64	2,69	0,8535	152
1/0	POPPY	C-03.02	146,5	8,44	3,39	0,5349	203
2/0	ASTER	C-03.03	184,4	10,49	3,81	0,4251	235
3/0	PHLOX	C-03.04	232,5	12,91	4,28	0,3372	271
4/0	OXLIP	C-03.05	294,1	16,22	4,81	0,2665	314
336,4	TULIP	C-03.06	469,1	26,56	6,4	0,1687	419

Notas:

1. Os códigos apresentados nas colunas 3 das tabelas 8.1 e 8.2 foram obtidos a partir de referências ABNT, particularizadas para o sistema FECOERGS.
2. As cotas “d” e “D” indicadas no desenho referem-se ao diâmetro dos fios de alumínio usados na formação e ao diâmetro total do cabo, respectivamente.
3. Os valores de secção apresentados na coluna 7 da tabela 8.1, referem-se a área da secção transversal nominal do cabo.
4. Na coluna 4 da tabela 8.2 estão indicados os valores nominais de massa por comprimento de cabo.
5. “RMC”, coluna 5, tabela 8.2, significa Resistência Mecânica Calculada e representa o limite de resistência à tração dos cabos.
6. “RMG”, coluna 6, tabela 8.2, significa Raio Médio Geométrico, ou média geométrica das distâncias entre os fios componentes do cabo, considerada a frequência de 60Hz.
7. Os valores de resistência elétrica por comprimento de cabo indicados na coluna 7 da tabela 8.2 representam os máximos admissíveis para a condição: 20°C/60Hz.
8. Na coluna 8 da tabela 8.2 estão relacionados valores aproximados de capacidade de corrente para os cabos a 75°C, 60Hz, temperatura ambiente 40°C e vento de 2.2km/h.

8.2. Padrão C-04: Cabo de Alumínio com Alma de Aço – CAA

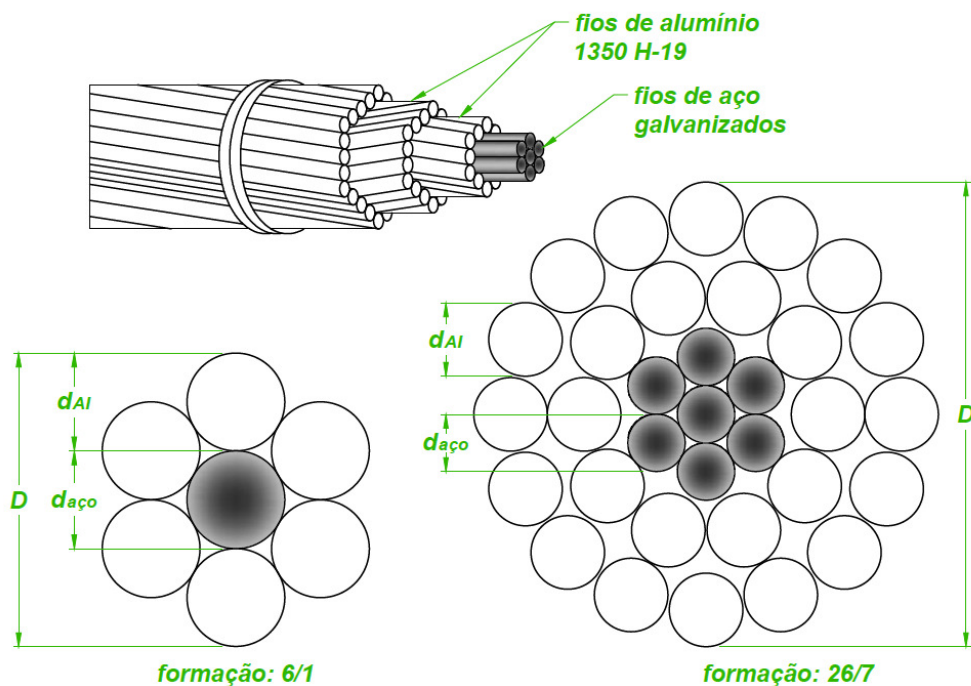


Tabela 8.3 – Características Dimensionais

Bitola (AWG/MCM)	Código		Formação					
			Fios de Alumínio		Fios de Aço		Cabo Completo	
	Comercial	FECOERGS	N.º	d _{Al} (mm)	N.º	d _{aço} (mm)	D (mm)	Seção Nominal (mm ²)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Swan	C-04.01	6	2,12	1	2,12	6,36	24,71
2	Sparrow	C-04.02	6	2,67	1	2,67	8,01	39,19
1/0	Raven	C-04.03	6	3,37	1	3,37	10,11	62,44
2/0	Quail	C-04.04	6	3,78	1	3,78	11,34	78,55
3/0	Pigeon	C-04.05	6	4,25	1	4,25	12,75	99,31
4/0	Penguin	C-04.06	6	4,77	1	4,77	14,31	125,09
336,8	Linnet	C-04.07	26	2,89	7	2,25	18,31	198,38

Tabela 8.4 – Características Eletromecânicas

Bitola (AWG/MCM)	Código		Massa Nominal (kg/km)	RMC (kN)	RMG (mm)	Resistência Elétrica (Ω/km)	Capacidade de Corrente (A)
	Comercial	FECOERGS					
1	2	3	4	5	6	7	8
4	Swan	C-04.01	85,6	8,12	1,33	1,35479	125
2	Sparrow	C-04.02	135,8	12,46	1,27	0,85413	160
1/0	Raven	C-04.03	216,3	19,04	1,36	0,53615	220
2/0	Quail	C-04.04	272,1	22,95	1,55	0,42615	250
3/0	Pigeon	C-04.05	344,0	29,01	1,83	0,33711	290
4/0	Penguin	C-04.06	433,2	36,44	2,48	0,26761	330
336,8	Linnet	C-04.07	688,4	61,81	7,44	0,16925	426

Notas:

1. Os códigos apresentados nas colunas 3 das tabelas 8.3 e 8.4 foram obtidos a partir de referências ABNT, particularizadas para o sistema FECOERGS.
2. As cotas " $d_{aço}$ ", " d_{Al} " e "D" indicadas no desenho referem-se aos diâmetros dos fios de aço e alumínio usados na formação e ao diâmetro total do cabo, respectivamente.
3. Os valores de secção apresentados na coluna 9 da tabela 8.3, referem-se a área da seção transversal nominal do cabo.
4. Na coluna 4 da tabela 8.4 estão indicados os valores nominais de massa por comprimento de cabo.
5. "RMC" na coluna 5, tabela 8.4, significa Resistência Mecânica Calculada e representa o limite de resistência à tração dos cabos.
6. "RMG" na coluna 6, tabela 8.4, significa Raio Médio Geométrico, ou média geométrica das distâncias entre os fios componentes do cabo, considerada a frequência de 60Hz.
7. Os valores de resistência elétrica por comprimento de cabo indicados na coluna 7 da tabela 8.4 representam os máximos admissíveis para a condição: 20°C/60Hz.
8. Na coluna 8 da tabela 8.4 estão relacionados valores aproximados de capacidade de corrente para os cabos a 75°C, 60Hz, temperatura ambiente 40°C e vento de 2.2km/h.

8.3. Carretel para Armazenamento e Transporte

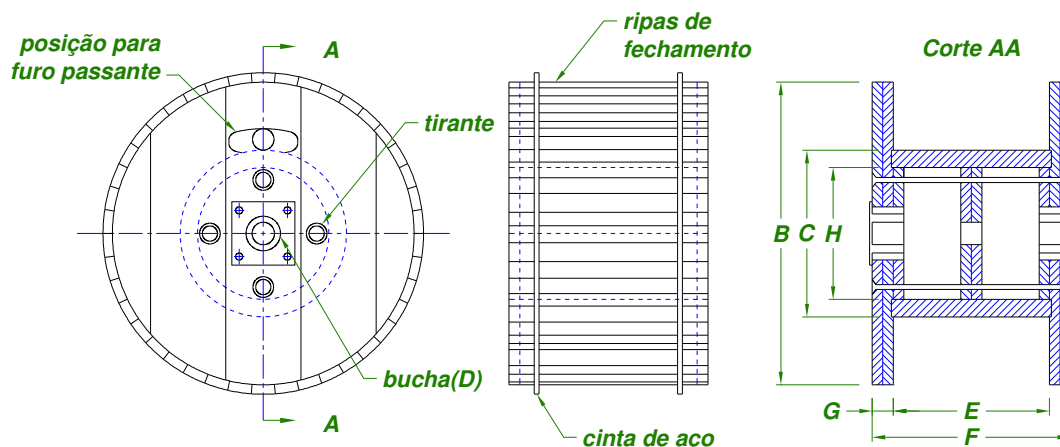


Tabela 8.5 – Dimensões e Capacidades

Tipo do Carretel	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	H (mm)	Volume (m ³)	Capacidade de Carga Máxima (kg)
65/25	650	350	83	250	326	19+19	310	0,058	330
65/45	650	350	83	450	526	19+19	310	0,106	500
80/45 L	800	350	83	450	526	19+19	310	0,182	600
80/45	800	350	83	450	550	25+25	310	0,182	700
90/60	900	450	89	600	700	25+25	410	0,286	700
100/60 L	1000	400	89	600	700	25+25	350	0,395	700
100/60	1000	500	89	600	725	38+25 ou 31+31	450	0,353	1100
125/70 L	1250	600	89	700	800	25+25	450	0,721	900
125/70	1250	600	89	700	826	38+25 ou 31+31	550	0,661	1600
125/100	1250	600	89	1000	1126	38+25 ou 31+31	550	0,944	2700
150/80	1500	700	89	800	926	38+25 ou 31+31	640	1,105	2900

Notas:

1. O furo central deve estar contido em uma só tábua da face externa do disco.
2. O reforço central ou lateral pode ser constituído por um disco inteiro ou seccionado.
3. Utilização, transporte e armazenamento: NBR 7309 e NBR 7310.
4. Identificação conforme item 4.x.x
5. Revestir ou forrar os condutores sobre a última camada com polietileno ou papel "kraft" neutro plastificado numa das faces.
6. Para pintura dos discos laterais, usar cores claras, preferencialmente, a tinta de alumínio.
7. Diâmetro do furo de arraste para todos os carretéis: 55,5mm.
8. Os tirantes devem estar localizados em uma circunferência tangenciando a face interna dos elementos do núcleo e serem equidistantes entre si.
9. Demais características de acordo com a NBR 11137.