

FIO DE AÇO-COBREADO

Especificação Técnica – ET.174

Revisão 00 – 2022

FINALIDADE

Esta Especificação Técnica tem a finalidade de estabelecer regras e recomendações mínimas exigíveis para fio de aço cobreado, utilizados nas redes aéreas de concessão das distribuidoras de energia elétrica do Grupo Equatorial Energia, doravante denominas apenas de CONCESSIONÁRIA, respeitando-se o que prescrevem as legislações oficiais, as normas técnicas da ABNT e os documentos técnicos em vigor no âmbito desta CONCESSIONÁRIA.

A versão vigente, datada de 22 de junho de 2022, cancela as versões anteriores.

SUMÁRIO

1	CAMPO DE APLICAÇÃO	4
2	RESPONSABILIDADES	4
3	DEFINIÇÕES	5
4	REFERÊNCIAS	6
5	CONDIÇÕES GERAIS	6
5.1	Desenho do material	6
5.2	Códigos padronizados	6
5.3	Identificação	6
5.4	Embalagem	7
6	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS	8
6.1	Material	8
6.2	Acabamento	8
6.3	Aplicação	8
7	INSPEÇÕES E ENSAIOS	8
7.1	Ensaio	8
7.2	Ensaio de recebimento	10
7.3	Aceitação e rejeição	10
8	DESENHOS	12
9	CONTROLE DE REVISÕES	13
10	APROVAÇÃO	13

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 22/06/2022	Página: 4 de 14
Título: FIO DE AÇO-COBREADO		ET.174.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

1 CAMPO DE APLICAÇÃO

Aplica-se à Gerência Corporativa de Normas e Padrões, às Gerências específicas das DISTRIBUIDORAS, com atividades fins voltadas para, manutenção, melhoria, expansão e automação dos seus Sistemas de Distribuição em AT, à Gerência Corporativa de Engenharia, à Gerência Corporativa de Planejamento e à Gerência de Operação do Sistema, à Gerência Corporativa de Suprimentos e Logística, à Gerência Corporativa de Recuperação de Energia e à Gerência Corporativa de Relacionamento com o Cliente, no âmbito da CONCESSIONÁRIA.

Também se aplica a todas as empresas responsáveis pela elaboração de projetos e construção de padrões de Média Tensão cujas instalações elétricas são alimentadas, nas classes de tensão 15 kV, 24,2 e 36,2 kV, nas áreas de concessão da CONCESSIONÁRIA.

2 RESPONSABILIDADES

2.1 Gerência Corporativa de Normas e Qualidade

Estabelecer as normas e padrões técnicos para o fornecimento de fio de aço-cobreado. Coordenar o processo de revisão desta especificação.

Homologar tecnicamente apenas fabricantes de fio de aço-cobreado, que seus processos de fabricação estejam de acordo com os padrões, critérios e especificações estabelecidas e definidas nesta norma e nas normas técnicas dos órgãos competentes.

2.2 Gerência Corporativa de Engenharia

Realizar estudos de engenharia para expansão e melhoria dos sistemas de distribuição de energia elétrica nas tensões de 15, 24,2, 36,2, 72,5 e 145 kV de acordo com os critérios e recomendações definidas nesta norma. Participar do processo de revisão desta norma.

2.3 Gerência de Manutenção e Expansão (específica)

Realizar as atividades relacionadas à expansão nos sistemas de 15, 24,2 e 36,2 kV de acordo com os critérios e recomendações definidas nesta norma. Participar do processo de revisão desta norma.

2.4 Gerência de Manutenção, Expansão AT e Automação (específica)

Realizar as atividades relacionadas à elaboração de projetos, análise de projetos, construção de subestações e linhas de alta tensão e vistoria de instalações de alta tensão de acordo com as regras e recomendações definidas neste instrumento normativo. Participar ativamente do processo de revisão desta norma.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 22/06/2022	Página: 5 de 14
Título: FIO DE AÇO-COBREADO		ET.174.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

2.5 Gerência Corporativa de Planejamento

Realizar as atividades relacionadas ao planejamento do sistema elétrico de acordo com as regras e recomendações definidas neste instrumento normativo. Participar ativamente do processo de revisão desta norma.

2.6 Gerência de Operação do Sistema

Realizar as atividades relacionadas à operação do sistema elétrico de acordo com as regras e recomendações definidas neste instrumento normativo. Participar ativamente do processo de revisão desta norma.

2.7 Gerência de Serviço de Rede

Realizar os serviços de rede de acordo com as regras e recomendações definidas neste instrumento normativo. Participar do processo de revisão desta norma.

2.8 Gerência de Expansão e Melhoria do Sistema Elétrico

Realizar as atividades relacionadas à expansão e melhoria do sistema elétrico, utilizando materiais especificados de acordo com as recomendações definidas neste instrumento normativo.

2.9 Gerência Corporativa de Suprimentos e Logística

Solicitar em sua rotina de aquisição de material conforme especificado nesta Norma.

2.10 Fabricante/Fornecedor

Fabricar/Fornecer materiais conforme exigências desta Especificação Técnica.

2.11 Projetistas e Construtoras que realizam serviços para a CONCESSIONÁRIA

Elaborar projetos, executar as obras de construção e utilizar materiais e equipamentos em conformidade com as regras, critérios, recomendações e padrões definidos neste instrumento normativo.

3 DEFINIÇÕES

3.1 Fio

Produto metálico maciço e flexível, de seção transversal invariável e de comprimento muito maior do que a maior dimensão transversal.

3.2 Fio revestido

Fio dotado de revestimento.

Nota 01: Esta definição pode ser particularizada de acordo com o metal de revestimento: fio estanhado, fio cadmiado, fio cobreado, fio prateado, fio zincado, etc.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 22/06/2022	Página: 6 de 14
Título: FIO DE AÇO-COBREADO		ET.174.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

3.3 Fio de aço-cobre

Fio constituído por um núcleo central de aço com capeamento de cobre.

3.4 Nível de Qualidade Aceitável – NQA

Máxima percentagem defeituosa (ou o máximo número de “defeitos” por cem unidades) que, para fins de inspeção por amostragem, pode ser considerada satisfatória como média de um processo. O NQA, juntamente com o código literal do tamanho da amostra, é usado para classificar os planos de amostragem.

4 REFERÊNCIAS

NBR 5426:1985 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos

NBR 5471:1986 – Condutores elétricos

NBR 6810:2010 – Fios e cabos elétricos – Tração à ruptura em componentes metálicos

NBR 6815:2010 – Fios e cabos elétricos – Ensaio de determinação da resistividade em componentes metálicos

NBR 7312:2020 – Rolos de fios e cabos elétricos – Características dimensionais

NBR 8120:2021 – Fios de aço revestido de cobre, nus, para fins elétricos – Especificação

NBR11137:2017 – Carretel de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – Dimensões e estruturas

NBR15443:2006 – Fios, cabos e condutores elétricos – Verificação dimensional e de massa

5 CONDIÇÕES GERAIS

5.1 Desenho do material

Conforme Desenho 1 – FIO DE AÇO-COBREADO – DETALHES CONSTRUTIVOS.

5.2 Códigos padronizados

Conforme Desenho 1 – FIO DE AÇO-COBREADO – DETALHES CONSTRUTIVOS.

5.3 Identificação

5.3.1 Marcação do rolo

Os fios de aço-cobre devem ser fornecidos embalados adequadamente, sendo que cada embalagem deve trazer a etiqueta de identificação com inscrição indelével e legível, contendo no mínimo:

- a) Nome do fabricante e CNPJ;
- b) Indústria brasileira ou país de origem;
- c) Diâmetro nominal do fio, em milímetros, material e classe de condutividade em % IACS;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 22/06/2022	Página: 7 de 14
Título: FIO DE AÇO-COBREADO		ET.174.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

- d) O nome da CONCESSIONÁRIA;
- e) Número e item do contrato;
- f) Código do material da CONCESSIONÁRIA;
- g) Tipo e referência comercial do fio de aço-cobre
- h) Massa líquida, expressa em quilogramas (kg);
- i) Comprimento efetivo, expresso em metros (m);
- j) Número da norma da ABNT.

5.3.2 Marcação do carretel

Externamente aos carretéis de madeira, devem ser marcadas, nas duas faces laterais diretamente sobre o disco ou por meio de etiquetas, em lugar visível, com inscrição indelével e legível, contendo no mínimo:

- a) Nome do fabricante e CNPJ;
- b) Indústria brasileira ou país de origem;
- c) Diâmetro nominal do fio, em milímetros, material e classe de condutividade em % IACS;
- d) O nome da CONCESSIONÁRIA;
- e) Número e item do contrato;
- f) Código do material da CONCESSIONÁRIA;
- g) Tipo e referência comercial do fio de aço-cobre
- h) Massa líquida, expressa em quilogramas (kg);
- i) Massa bruta, expressa em quilogramas (kg);
- j) Comprimento efetivo, expresso em metros (m);
- k) Seta no sentido de rotação para desenrolar;
- l) Número da norma da ABNT.

5.4 Embalagem

- a) Os fios devem ser acondicionados de maneira a ficarem protegidos durante o manuseio, transporte, armazenagem e utilização. O acondicionamento pode ser em rolo ou carretel;
- b) O acondicionamento em carretéis deve ser limitado à massa bruta de 1000 kg, e o acondicionamento em rolos limitado a 40 kg para movimentação manual. Em rolos cuja movimentação deva ser efetuada por meio mecânico, é permitida massa superior a 40 kg;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 22/06/2022	Página: 8 de 14
Título: FIO DE AÇO-COBREADO		ET.174.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

- c) Os fios devem ser fornecidos em unidades de expedição com comprimento equivalente à quantidade nominal. Quando não especificado diferentemente pelo comprador, cada unidade de expedição deve conter um comprimento contínuo de fio;
- d) Para cada unidade de expedição (rolo ou bobina), a incerteza máxima exigida na medição do comprimento efetivo é de $\pm 1\%$;
- e) O fabricante deve garantir, durante o processo de fabricação, que os materiais acondicionados em rolos apresentem uma média de comprimento no mínimo igual ao comprimento nominal declarado;
- f) Admite-se, quando não especificado diferentemente pelo comprador, que o comprimento efetivo em cada unidade de expedição seja diferente do comprimento nominal em no máximo $\pm 5\%$. Para efeitos comerciais, o fabricante deve declarar o comprimento efetivo;
- g) Os carretéis devem possuir dimensões conforme NBR 11137, e os rolos, dimensões e acondicionamento conforme NBR 7312.

6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS

6.1 Material

O fio de aço-cobreado consiste em um núcleo de aço revestido por uma camada de cobre uniforme e contínua perfeitamente ligada ao núcleo. Condutividade de 40% IACS (International Annealed Copper Standard).

6.2 Acabamento

A superfície dos fios deve se apresentar camada de cobre contínua com espessura uniforme, sem fissuras, escamas, rebarbas, asperezas e estrias, inclusões ou outros defeitos que comprometam o seu desempenho.

6.3 Aplicação

Utilizado nos aterramentos de equipamentos e estruturas de redes de distribuição de 15, 24,2 e 34,5 kV.

7 INSPEÇÕES E ENSAIOS

7.1 Ensaios

7.1.1 Verificação do diâmetro

O diâmetro dos fios deve ser medido conforme a ABNT NBR 15443.

7.1.2 Ensaio de resistência à tração e alongamento à ruptura

O ensaio das características mecânicas dos fios de aço-cobreado deve ser conforme a ABNT NBR 6810.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 22/06/2022	Página: 9 de 14
Título: FIO DE AÇO-COBREADO		ET.174.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

7.1.3 Ensaio de enrolamento (ductibilidade)

O fio de aço revestido de cobre deve ser enrolado no mínimo oito voltas ao redor de um mandril cilíndrico de diâmetro igual a duas vezes o diâmetro do fio de aço revestido de cobre submetido ao ensaio, com tolerância de $\pm 5\%$. A velocidade do enrolamento não pode ser superior a 15 voltas/minuto.

O fio é considerado aprovado se não apresentar fratura ou trinca.

7.1.4 Ensaio de torção

O fio deve suportar, sem fratura, o mínimo de 20 voltas em torno de si mesmo em um comprimento equivalente a 100 vezes o seu diâmetro nominal.

O ensaio deve ser executado da seguinte forma:

- a) Prender o fio pelas suas extremidades a duas morsas, sendo uma das quais livre para deslizar longitudinalmente durante o ensaio;
- b) Aplicar uma tração de 70 N aproximadamente na amostra durante a operação;
- c) Torcer a amostra pela rotação de uma das morsas à velocidade de aproximadamente 15 voltas/minuto, no mesmo sentido até a ruptura ocorrer.

O número de voltas deve ser indicado por um dispositivo adequado. O fio é considerado aprovado se, após a ocorrência da ruptura, não mostrar separação entre o cobre e o aço.

7.1.5 Verificação da espessura da camada de cobre

A espessura da camada de cobre deve ser verificada por meio de medição direta ou com aparelho elétrico adequado, operando sob o princípio da medição de permeabilidade magnética.

7.1.6 Ensaio de resistividade elétrica

A resistência elétrica do fio de aço revestido de cobre deve ser medida a uma temperatura não inferior a 10 °C, nem superior a 30 °C, e corrigida para a temperatura de 20 °C, com a utilização da seguinte equação:

$$R_{20} = R_t \left(\frac{1}{1 + \alpha(t - 20)} \right)$$

Onde:

t = a temperatura na qual foi efetuada a medição, expressa em graus Celsius (°C);

R_t = é a resistência a t °C;

R₂₀ = é a resistência a 20 °C;

α = o coeficiente de variação da resistência com a temperatura a 20 °C.

A resistividade deve ser determinada com o valor da resistência referido a 20 °C, conforme a ABNT NBR 6815.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 22/06/2022	Página: 10 de 14
Título: FIO DE AÇO-COBREADO		ET.174.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

7.2 Ensaios de recebimento

Os ensaios e verificações de recebimentos solicitados por esta Norma são:

- a) Inspeção visual;
- b) Verificação de resistência à tração e alongamento à ruptura;
- c) Ensaio de enrolamento (ductibilidade);
- d) Ensaio de torção;
- e) Verificação da espessura da camada de cobre;
- f) Ensaio de resistividade elétrica.

Para os ensaios e as verificações o número requerido de unidades de expedição que constitui a amostra deve estar conforme a Tabela 1, a menos que outro critério, baseado na ABNT NBR 5426, seja estabelecido entre as partes interessadas por ocasião da consulta para aquisição do fio. Das amostras, devem ser retirados corpos de prova com comprimento suficiente de fio, desprezando-se o primeiro metro da extremidade.

Se um corpo de prova extraído de uma amostra não satisfizer o valor especificado em qualquer ensaio, deve ser efetuado o mesmo ensaio em dois outros corpos de prova adicionais da mesma amostra.

Se os resultados obtidos nos ensaios de ambos os corpos de prova adicionais forem satisfatórios, considera-se aquela amostra aceita.

7.3 Aceitação e rejeição

A aceitação ou rejeição do lote deve estar de acordo com o seguinte critério, em relação ao número de amostras que não satisfizer aos requisitos especificados, conforme a tabela 1.

- a) Menor ou igual a Ac_1 : o lote deve ser aceito;
- b) Igual ou maior que Re_1 : o lote pode ser rejeitado;
- c) Maior que Ac_1 e menor que Re_1 : permite a formação da segunda amostragem;
- d) Menor ou igual a Ac_2 : o lote deve ser aceito;
- e) Igual ou maior que Re_2 : o lote pode ser rejeitado.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 22/06/2022	Página: 11 de 14
Título: FIO DE AÇO-COBREADO		ET.174.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

Tabela 1 – Plano de amostragem dupla normal (NQA = 2,5%, NI=II)

Quantidade de unidades que formam o lote	Primeira amostragem			Segunda amostragem		
	Quantidade de unidades a ensaiar	Ac ₁ (A)	Re ₁ (B)	Quantidade de unidades a ensaiar	Ac ₂ (C)	Re ₂ (D)
2 a 8	2	0	1	-	-	-
9 a 15	3	0	1	-	-	-
16 a 25	5	0	1	-	-	-
26 a 50	8	0	1	-	-	-
51 a 90	8	0	2	8	1	2
91 a 150	13	0	2	13	1	2
151 a 280	20	0	3	20	3	4
281 a 500	32	1	4	32	4	5
501 a 1200	50	2	5	50	6	7
1201 a 3200	80	3	7	80	8	9
3201 a 10000	125	5	9	125	12	13

Legenda

(A) Ac₁ = Aceitação

(B) Re₁ = Rejeição

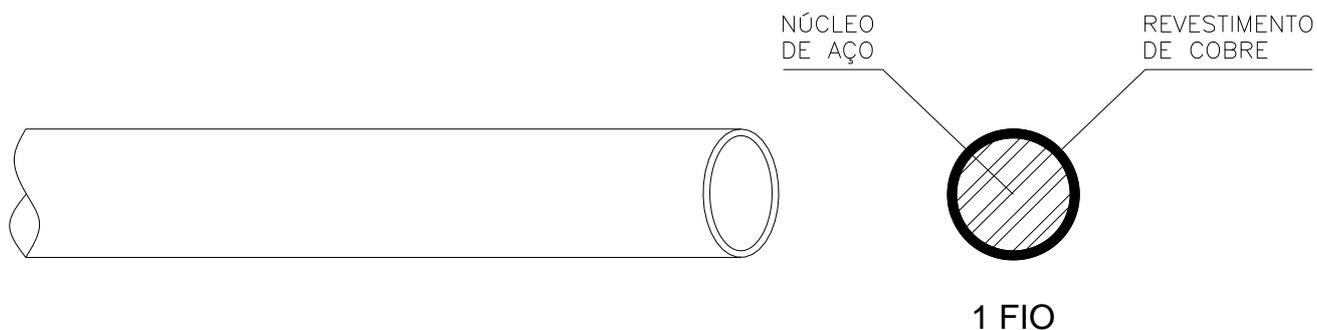
(C) Ac₂ = Aceitação

(D) Re₂ = Rejeição

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 22/06/2022	Página: 12 de 14
		Título: FIO DE AÇO-COBREADO	ET.174.EQTL.Normas e Qualidade

8 DESENHOS

Desenho 1 – FIO DE AÇO-COBREADO – DETALHES CONSTRUTIVOS



Legenda 1 – Material descrito em detalhes (a referência é a figura do *DESENHO 1*)

CÓDIGO	FORMAÇÃO	BITOLA (AWG)	DIÂMETRO (mm)	SEÇÃO (mm ²)	PESO (kg/km)	RESISTÊNCIA MECÂNICA MÍNIMA (daN)	RESISTÊNCIA MÁXIMA (Ω/km)	CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE (A)
122050003	1N9	9	2,91	6,65	55	186	6,50	60
122050001	1N5	5	4,62	16,76	137	469	2,57	108

CARACTERÍSTICAS DO FIO IACS 40%

Área de Cobre	35%
Área de Aço	65%
Massa específica (g/cm ³)	8,24
Módulo de elasticidade (Gpa)	176
Coeficiente de dilatação linear (°C ⁻¹)	1,90 x 10 ⁻⁵
Coeficiente de variação da resistência com a temperatura a 20 °C (°C ⁻¹)	0,00390

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 22/06/2022	Página: 13 de 14
Título: FIO DE AÇO-COBREADO		ET.174.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

9 CONTROLE DE REVISÕES

REV	DATA	ITEM	DESCRIÇÃO DA MODIFICAÇÃO	RESPONSÁVEL
00	22/06/2022	Geral	Revisão inicial para adequação ao novo padrão de formatação dos documentos do Grupo Equatorial Energia, dando continuidade a revisão 02 do antigo padrão ET.31.174. Adequação à NBR 8120:2021	Felipe Augusto Torres de Araujo

10 APROVAÇÃO

ELABORADOR (ES) / REVISOR (ES)

Felipe Augusto Torres de Araujo – Gerência Corporativa de Normas e Qualidade

APROVADOR (ES)

Carlos Henrique da Silva Vieira – Gerência Corporativa de Normas e Qualidade

FIO DE AÇO-COBREADO

GRUPO
equatorial
ENERGIA

