



**Companhia Energética de Minas Gerais**

**Superintendência de Engenharia de Distribuição**

# **Critérios e Procedimentos para Elaboração de Projetos de Travessias**

**Departamento de Engenharia de Redes de Distribuição  
Engenharia de Padronização e Projetos da Distribuição**

**SUMÁRIO**

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>1.</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>02</b>
<b>2.</b>	<b>TERMINOLOGIA</b>	<b>02</b>
<b>3.</b>	<b>CRITÉRIOS DE PROJETO</b>	<b>03</b>
<b>4.</b>	<b>ANÁLISE DE TRAVESSIAS</b>	<b>04</b>
	4.1. Travessias sobre Rodovias Estaduais (D.E.R/MG)	
	4.2. Travessias sobre Rodovias Federais (D.N.E.R)	
	4.3. Travessias sobre Ferrovias Estaduais, Federais e Particulares	
	4.4. Travessias de RDR ou RDU sob Linhas de Transmissão	
	4.5. Travessias com Linhas de Telecomunicações	
	4.6. Travessias de Rios, Lagos e Represas	
	4.7. Aeródromos, Helipontos e Sinalização	
<b>5.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO MECÂNICO DAS ESTRUTURAS</b>	<b>13</b>
	5.1. Tabelas de Trações e Flechas	
	5.2. Cálculo da Estabilidade das Estruturas	
<b>6.</b>	<b>APRESENTAÇÃO DO PROJETO</b>	<b>17</b>
	6.1. Formatos e Escalas	
	6.2. Procedimentos para Aprovação do Projeto	
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>19</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>20</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>21</b>
	Anexo-1- Processo Inverso da Tangente	
	Anexo-2- Procedimento para Aprovação de Travessias - Fluxograma	
	<b>DESENHOS</b>	<b>23</b>
	Desenho - 01 - Travessias sobre Rodovia	
	Desenho - 02 - Travessias sobre Ferrovia	
	Desenho - 03 - Aeródromos	
	Desenho - 04 - Helipontos	
	Desenho - 05 - Sinalização Aérea	

## 1. OBJETIVO

Este relatório tem por objetivo apresentar os principais critérios e procedimentos para a elaboração de projetos de travessias aéreas de redes urbanas e rurais.

No desenvolvimento desse trabalho serão analisados os seguintes aspectos:

- definição da faixa de domínio da travessia;
- legislação e convênios em vigor;
- projeto mecânico de estruturas;
- apresentação do projeto;
- procedimentos para aprovação do projeto.

## 2. TERMINOLOGIA

A seguir são relacionados os principais termos técnicos utilizados nesse relatório:

- *Altura Mínima*: são os afastamentos mínimos recomendados do condutor e seus acessórios energizados a quaisquer partes, energizadas ou não, da própria linha, do terreno ou dos obstáculos atravessados. [XII]
- *Coefficiente de Segurança*: relação entre a carga de ruptura e a carga de trabalho aplicada para uma determinada condição de projeto.
- *Faixa de Domínio*: porção do terreno necessária para abrigar as instalações da concessionária ou órgão público, permitindo sua operacionalidade com segurança.
- *Ocupação da Faixa de Domínio*: há ocupação da faixa de domínio, quando a porção do terreno que abrange a faixa de domínio, for interceptada por prumada de cabos, partes pertencentes da rede aérea ou de suas estruturas de sustentação.
- *Ocupação Longitudinal*: instalação da rede de distribuição dentro da faixa de domínio em posição longitudinal ao eixo da rodovia.
- *Faixa não Edificável*: faixa de terreno de cada lado e fora da faixa de domínio propriamente dita, com dimensões determinada pelo órgão público, na qual não é permitida a construção de qualquer edificação.
- *Condição de Flecha Máxima*: corresponde ao valor de flecha calculada para a temperatura mais elevada dos cabos, decorrente da temperatura ambiente elevada (temperatura máximas médias), acrescida do efeito térmico das correntes. Para redes de distribuição aérea o valor de temperatura adotado, para a condição de flecha máxima, é de 50 °C.
- *Distâncias de Segurança*: são os afastamentos mínimos obrigatório do condutor e seus acessórios energizados a quaisquer partes, da própria rede, ao terreno ou obstáculos atravessados.
- *Ângulo de Travessia*: corresponde ao menor ângulo formado pelo eixo da rede com o eixo do obstáculo atravessado.
- *Perfil da Travessia*: constitui a representação do levantamento planialtimétrico da rede a ser projetada. A definição da escala horizontal e vertical se fará de acordo com os critérios de projeto definidos pelo órgão responsável pela aprovação da travessia.
- *Estrutura com Fim de Rede Mecânico*: este tipo de estrutura tem por característica o encabeçamento em ambos os suportes, constituindo-se aí um trecho de vão de travessia. A maioria dos órgãos públicos exigem esse tipo de estruturas nas travessias, por apresentarem uma maior segurança no trecho.

- *Termo de Acordo e Compromisso*: contrato de doação/secção assinado de um lado pelo interessado e do outro pelo solicitado, segundo o qual o primeiro fica legalmente autorizado e responsável pela execução da travessia pretendida e/ou ocupação da faixa de domínio.
- *Boleto*: parte superior do trilho ferroviário, sobre a qual se apoiam e deslocam as rodas dos veículos ferroviários.
- *Janela de Passagem*: processo pelo qual se determina o melhor ponto de passagem (cruzamento) entre uma linha de transmissão e uma rede de distribuição aérea. Na definição da janela de passagem, são considerados os seguintes fatores: valor de flecha máxima do cabo; carregamento e corrente máxima definida para o condutor da linha de transmissão; temperatura ambiente; elevação de temperatura; e distância vertical mínima de segurança definida pela norma brasileira (NBR-5422).
- *Largura de Faixa de Servidão*: a largura de faixa de segurança de uma linha de transmissão de energia elétrica deverá ser determinada levando-se em conta o balanço dos cabos devido à ação do vento, efeitos elétricos, posicionamento dos suportes (postes) e estais.
- *Cerca de Vedação*: cerca limítrofe que define a faixa de servidão das rodovias.
- *Aeródromos*: toda área destinada a pouso, decolagem, e movimentação de aeronaves.
- *Aeroporto*: todo aeródromo público, dotado de instalações e facilidades para apoio de operações de aeronaves, embarque e desembarque de pessoas e cargas.
- *Zona de Proteção*: conjunto de áreas dentre as quais o aproveitamento das propriedades sofre restrições definidas pelos seguintes planos: plano básico de proteção de aeródromo, plano específico de zona de proteção de aeródromo, plano de zona de proteção de auxílio à navegação aérea, plano de proteção de heliponto, plano básico de zoneamento de ruído e plano específico de zoneamento de ruído. [IX]
- *Heliponto*: aeródromo destinado exclusivamente a helicópteros.
- *Auxílios à Navegação Aérea*: equipamentos destinados a proporcionar apoio às aeronaves para a sua navegação em rota, em zonas terminais e suas manobras de pouso e decolagem.
- *Zona Livre de Obstáculos ("Clearway")*: área retangular sobre o solo, selecionada ou preparada como área disponível, sobre a qual a aeronave possa efetuar parte de sua subida inicial, até uma altura especificada.
- *Zona de Parada ("Stopway")*: área retangular, definida no terreno, situada no prolongamento do eixo da pista e no sentido da decolagem, destinada e preparada como zona adequada à parada de aeronaves.

### 3. CRITÉRIOS DE PROJETOS

Para a elaboração de projetos de travessias devem ser consideradas as seguintes normas de instalações básicas e projetos:

- rede rural: instalações básicas : ND-2.2 (13.8 kV) [IV] ou ND-2.5 (23.1 kV) [VI];  
projetos : ND-3.2; [II]
- rede urbana: instalações básicas: ND-2.1 (13.8 kV) [III] ou ND-2.4 (23.1kV) [V];  
ND-2.7 (isolada) [VII]; ND-2.9 (protegida) [VIII];  
projetos : ND-3.1 [I]

Em geral, durante a elaboração de um projeto de travessia, devem ser observados os seguintes requisitos técnicos:

- Distâncias horizontais: alguns órgãos públicos definem as larguras das faixas de domínio a serem observadas no projeto.
- Distâncias verticais: correspondem aos valores de distâncias mínimas dos condutores ao solo ou entre condutores e obstáculos, definidos para a condição de flecha máxima ou de máximo carregamento dos condutores.
- Ângulos: as travessias devem ser projetadas de forma a atender os valores mínimos de ângulo de cruzamento entre a travessia e o eixo da via.
- Postes: os tipos de postes a serem utilizados poderão ser de concreto (duplo-T ou circular) ou de madeira.
- Estruturas: as estruturas na travessia deverão ser de ancoragem (fim de rede mecânico).
- Estaiamento: deverão ser especificados os estaiamentos adequados nos postes da travessia, caso os mesmos não sejam auto-sustentados na condição de rompimento dos condutores em qualquer dos vãos adjacentes.
- Emendas: não serão permitidas emendas nos condutores do vão de travessia.
- Cercas: sempre que ocorrer a interseção da rede com cercas, por projeção horizontal de redes ou paralelismo com as mesmas, essa deverá ser seccionada e aterrada. As cercas e divisas da faixa de domínio devem ser indicadas no projeto.
- Coeficiente de segurança dos condutores: o lance de travessia deverá ser calculado com o coeficiente de segurança definido pelo órgão responsável pela aprovação da travessia.
- Largura mínima de faixas: constitui o valor do afastamento mínimo para operação segura da rede sem problemas de interferência eletromagnética (paralelismo de redes) ou de elementos da linha (cadeia de isoladores de LT's).
- O projeto da travessia deverá ser apresentado conforme as escalas e formatos definidos pelo órgão responsável pela aprovação do projeto.

#### **4. ANÁLISE DE TRAVESSIAS**

Esse capítulo apresenta os principais critérios definidos pelos Órgãos responsáveis pela aprovação dos projetos de travessia.

##### **4.1. Travessias sobre Rodovias Estaduais (D.E.R/MG)**

Deverão ser obedecidos os requisitos abaixo relacionados para a travessia e/ou ocupação da faixa de domínio das rodovias estaduais: [XIV]

a) *Ângulo de Travessia*: as travessias deverão ser projetadas preferencialmente segundo direção que aproxima o máximo possível da direção normal ao eixo da estrada, devendo ser respeitado o ângulo mínimo de cruzamento, entre os eixos da rede e a rodovia. Ângulo de travessia: entre 60° e 120°.

b) *Altura de Segurança (distância cabo/solo)*:

A altura mínima de travessia será definida por:

- rodovia pavimentada, em relação ao ponto de cota mais elevada da plataforma:  
7,0 m (sete metros).

- rodovia não pavimentada, em relação ao ponto de cota mais elevada da plataforma: 9,0 m (nove metros).

A altura mínima de travessia para qualquer rodovia, em relação ao ponto de terreno natural, de cota mais elevada, dentro dos limites da faixa de domínio, será de 7,0 m (sete metros).

*c) Faixa de Domínio (distâncias horizontais):*

A definição da faixa de domínio é de responsabilidade da Residência Regional do D.E.R/MG com jurisdição sobre a rodovia a ser transposta.

A implantação de qualquer tipo de estrutura de sustentação deverá ser realizada fora da faixa de domínio do D.E.R/MG, adotando-se o afastamento mínimo, em relação a cerca de vedação, de: (ver desenho - 01)

- 5,0 m (cinco metros) - para rodovia pavimentada;
- 10,0 (dez metros) - para rodovia não pavimentada.

Quando o trecho da rodovia a ser transposta se situar em área urbanizada, os limites da faixa de domínio serão definidos pelo alinhamento das edificações existentes ao longo do trecho. Em área urbanizada, os suportes de sustentação das redes aéreas deverão ser instaladas a distância das bordas dos passeios ou meios fios existentes, ou nas bordas das pistas de rolamento, que não comprometa a segurança. No caso dessa última opção, será obrigatória a instalação de defensas metálicas semi-maleáveis de perfil “w”, conforme recomendado na I.N-09.01, artigo 13 - parágrafo 3º (Instrução Normativa do D.E.R/MG). [XIV]

As travessias não poderão ser localizadas em áreas onde ocorrerem associações vegetais relevantes, bem como sítios de valor arqueológico, espeleológico (grutas, cavernas, fontes), e científico, observando-se a legislação vigente, em especial, aquela que trata da preservação do meio ambiente.

*d) Vão de Travessia:*

O lance de travessia deverá ser calculado de modo a satisfazer a uma segurança mecânica elevada, adotando-se um coeficiente mínimo igual a 3 (três).

*e) Condutores:*

Os condutores da travessia poderão ser de alumínio com ou sem alma de aço de bitola mínima 2 AWG para cabo CA e 4AWG para cabo CAA.

A tração de projeto não deverá ser superior a 40% da tração de ruptura para cabos de alumínio com alma de aço - CAA, e 20% para cabos de alumínio. O condutor terá encabeçamento fim de rede mecânico nos suportes de travessia.

#### **4.2 Travessias sobre Rodovias Federais (D.N.E.R)**

Deverão ser observados os requisitos abaixo indicados para travessias e/ou ocupação de domínio de rodovias, sob a jurisdição do D.N.E.R:

*a) Faixa de Domínio (distâncias horizontais):*

Para fins de identificação dos limites de faixa de domínio de rodovias federais, as Residências e Escritórios de Fiscalização do D.N.E.R fornecerão, quando solicitado,

todos os elementos e dados diretamente aos Órgãos Regionais de Cemig. (veja desenho-01)

Os postes deverão ser instalados fora das faixas de domínio das rodovias:

- no caso de postes auto-sustentáveis, a distância mínima dos suportes aos limites das faixas de domínio das rodovias deverá ser de 10 m (dez metros).
- no caso de postes sustentados por estais, a distância mínima de qualquer parte dos estais fora do solo aos limites das faixas de domínio das rodovias deverá ser de 3 m (três metros).

Em área urbana, havendo passeio, os suportes de sustentação das redes aéreas deverão ser instalados a uma distância das bordas dos passeios ou meios-fios existentes, conforme definido na ND-2.1 (capítulo de locação de postes). Não havendo passeio, os postes deverão ser colocados a uma distância da pista de rolamento, que atenda ao mínimo de segurança de trânsito, ditada pelo D.N.E.R.

Somente em casos excepcionais os projetos de redes poderão prever a implantação de suportes nas faixas de domínio das rodovias, devendo o projetista, para tanto, ao encaminhar o projeto ao D.N.E.R para a aprovação, justificar as razões da excepcionalidade.

*b) Ângulo de Travessia:*

A travessia deverá ser, sempre que possível, normal ao eixo da rodovia, nunca devendo ser inferior a 15° (quinze graus) ângulo entre o eixo da rede e a rodovia.

As normas de projetos, N.D-3.1 e N.D-3.2, recomendam os seguintes valores de ângulo de travessia:

- para redes rurais: entre 60° e 120°;
- para redes urbanas: entre 15° e 165°.

*c) Altura de Segurança (distância cabo/solo):*

Nas travessias, a altura mínima do condutor mais baixo em relação à pista de rolamento, na condição de flecha máxima, deverá ser de 7,0 m (sete metros).

A altura mínima do condutor mais baixo, na condição e flecha máxima, deverá ser de 6,0 m (seis metros), nas condições mais desfavoráveis do terreno natural, dentro dos limites da faixa de domínio.

*d) Vão da Travessia:*

No cálculo mecânico do lance da travessia, deve ser adotado o coeficiente de segurança mínimo igual a 3 (três). O condutor terá encabeçamento fim de linha mecânico nos suportes de travessia. Os condutores da travessia poderão ser de alumínio com ou sem alma de aço de bitola mínima 2 AWG para cabo CA e 4 AWG para cabo CAA.

### **4.3. Travessias sobre Ferrovias Estaduais, Federais e Particulares**

Este item aborda os critérios básicos para elaboração de projetos de travessias de redes de distribuição urbanas e rurais em tensões até 34.5 kV, sobre ferrovias estaduais, federais e particulares (novos concessionários).

Para a elaboração deste item foram consultadas as seguintes normas: NG-2 (Travessia da Via Férrea) edição maio/1982 da R.F.F.S.A, NBR-5422, NBR-5433 e NBR-5434

(ABNT), relatório do CODI-SCEI-10.03 "Travessias e Ocupação de Faixa de Domínio - Ferrovias", e o decreto nº 86.859 de 19.01.1982, que dispõe sobre a ocupação da faixa de domínio de vias de transporte e de terrenos de domínio público.

A seguir são resumidos os principais critérios de projetos para travessias sobre ferrovias estaduais, federais e particulares (novos concessionários). Alguns critérios aqui apresentados, podem variar de acordo com o tipo de ferrovia (eletrificável ou não), nível de tensão da rede aérea e de acordo com os critérios de ocupação da faixa de domínio.

*a) Faixa de Domínio (distâncias horizontais):*

Normalmente a faixa de domínio será delimitada por cerca limítrofe. Quando não demarcada, a faixa de domínio será especificada por uma das seguintes condições:

- no caso de locomotivas a vapor, a distância mínima prevista é de 15,0 m (quinze metros) entre o boleto e o limite de segurança;
- a menor distância, medida sobre a superfície do terreno, do poste à fiada de trilhos mais próxima, deve ser maior que a altura livre do poste. Exceção feita, no caso de travessias urbanas quando essa condição não puder ser satisfeita devido a obrigatoriedade do poste se situar sobre o passeio da via pública.

A critério do órgão responsável pela aprovação da travessia, poderá ser autorizada a utilização da faixa de domínio, caso as condições topográficas da região e a estabilidade no vão da travessia, assim o exijam. Nesse caso o projetista deverá justificar a utilização da faixa de domínio, quando do encaminhamento do projeto para aprovação.

Todo elemento de suporte dos condutores ou de caixa de inspeção tem que se situar fora da faixa de domínio ferroviária, observando o afastamento mínimo de 1,50 m (um metro e cinquenta) da mesma.

Não serão permitidas as seguintes travessias envolvendo ferrovias:

- travessias sobre pátios de manobras;
- travessias sobre áreas das estações;
- travessias aéreas nas proximidades das subestações, salvo em casos específicos.

*b) Altura de Segurança (distância cabo/solo)*

A distância mínima dos condutores ao plano de rolamento, na condição de flecha máxima, da fiada de trilho mais alta é de: (ver desenho - 02)

- 8,50 m (oito metros e meio) dos trilhos ao condutor mais baixo (rede em baixa tensão);
- 9,0 m (nove metros) para ferrovia não eletrificada e não eletrificável (rede em média tensão);
- 12,0 m (doze metros) para ferrovia eletrificada ou eletrificável (rede em média tensão).

Para EFVM - Estrada de Ferro Vitória Minas a distância vertical a ser considerada na travessia deverá ser de 12,0 m (doze metros).

*c) Ângulos de Travessia:*

As travessias deverão ser projetadas preferencialmente segundo direção que se aproxime o máximo possível da direção normal ao eixo da ferrovia, devendo ser



respeitado o ângulo mínimo de cruzamento de 60° e o máximo de 120° entre os eixos da ferrovia e da rede.

Excepcionalmente a travessia, a critério do órgão responsável pela ferrovia, poderá ser feita com ângulo menor que 60°, caso as condições topográficas da região e a estabilidade do poste, vão da travessia, assim o exigir. Porém este projeto deverá ser submetido ao órgão responsável pela travessia para análise e aprovação.

d) *Vão de Travessia:*

A travessia deverá ser realizada num só vão. Não será permitido emenda no vão da travessia. O vão máximo para travessias de rede de baixa tensão é de 70 m (setenta metros). A travessia de baixa tensão sobre a via eletrificada ou eletrificável, para quaisquer vãos, também deverá seguir o padrão definido para rede de média tensão.

e) *Coefficiente de Segurança*

O lance de travessia deverá ser calculado com coeficiente mínimo de segurança igual a 3 (três). As estruturas instaladas nos trechos de travessia deverão ser de fim de rede mecânico, ou seja ancoragem em ambos os lados. Os condutores da travessia poderão ser de alumínio com ou sem alma de aço de bitola mínima 2 AWG.

f) *Via Eletrificada*

Entende-se por ferrovia eletrificável aquela incluída em programa de eletrificação de ferrovias. Cabe ao agente responsável pela manutenção/operação da ferrovia a classificação do tipo de via férrea se eletrificável ou não. A travessia em linha férrea eletrificada ou eletrificável deverá ser preferencialmente subterrânea. Não será permitida a travessia aérea de baixa tensão sobre via férrea eletrificada ou eletrificável.

A travessia aérea em média tensão sobre via férrea eletrificada não poderá se situar sobre suporte da ferrovia. Quando isto for impossível, consultar o órgão responsável pela aprovação da travessia para que seja definida a distância vertical de segurança entre os condutores da ferrovia e os da Cemig.

#### **4.4. Travessia de RDR ou RDU sob Linhas de Transmissão**

Existindo cruzamento entre redes de qualquer natureza, linha de transmissão, rede rural ou rede urbana, deverá ser realizado um levantamento do perfil de modo a detalhar o trecho de travessia.

Devem ser realizadas a determinação da altura dos condutores e uma consulta ao Sistema Regional da Transmissão para definição da janela de passagem, quando a travessia envolver linha de transmissão.

Na determinação da altura dos condutores, poderá ser utilizado o processo do inverso da tangente, descrito no anexo-1, ou o processo de determinação da altura dos condutores descrito na N.D-3.2.

A seguir são apresentados os principais critérios de projetos para travessias de redes de distribuição sob linhas de transmissão.

a) *Janela de Passagem:* Em projetos de travessia envolvendo o cruzamento entre linhas de transmissão e rede de distribuição aérea deverá ser consultado o Sistema Regional da Transmissão (TR) para a determinação da janela de passagem.

Na definição da janela de passagem serão considerados os seguintes parâmetros de cálculo: o valor de flecha máxima definida para a linha de transmissão; a corrente e carregamento máximo admissível para o condutor da LT; valor da temperatura ambiente; elevação da temperatura; e a distância vertical mínima definida pela NBR-5422.

A determinação e definição da janela de passagem, será realizada pelo sistema Regional de Transmissão (TR), e para tal, o projetista deverá informar os seguintes dados:

- nome da linha de transmissão sob a qual se fará a travessia;
- nível de tensão da rede de distribuição e da linha de transmissão;
- número das torres;
- distância cabo/solo, do condutor mais baixo da LT, determinado no local. Deverá ser informado também a hora e data da medição;
- trecho de travessia, distância horizontal em relação ao suporte mais próximo da torre de transmissão.

A janela de passagem fornecerá a distância vertical de segurança para construção e operação da rede.

A tabela-01 apresenta os valores mínimos de distância vertical entre os condutores de uma LT e uma rede de distribuição até 34,5 kV, definidos pela NBR-5422. Estes valores mínimos ocorrerão, quando da pior situação de cálculo (condição de flecha máxima, ou de carregamento máximo do condutor da LT).

Na prática isto significa que esses valores mínimos serão utilizados como referência de cálculo da janela de passagem, não devendo ser utilizados como distâncias mínimas entre os obstáculos em operação normal da linha ou quando da montagem da rede.

Em geral a travessia de LT com RDA se fará com a linha de maior tensão transpondo acima da rede de menor tensão.

Tabela - 01 - Distâncias verticais mínimas do condutor aos obstáculos (m)

Natureza do Obstáculo	Tensão Nominal (kV) da LT (*)					
	34,5	69	138	230	345	500
Redes de Distribuição até 34,5 kV	1,20	1,20	1,54	2,09	2,79	3,73

\* Referência: Relatório 3000.OT/LT3-2225-Critérios de Projetos Eletromecânicos

*b) Largura de Faixa:*

A largura de faixa de segurança de uma linha aérea de transmissão de energia elétrica é determinada levando-se em conta o balanço dos condutores devido à ação do vento, efeitos elétricos (indução e rádio interferência) e posicionamento das fundações de suportes e estais.

Estão relacionados abaixo, os valores médios de largura de faixa das linhas de transmissão e redes aéreas rurais, em função da tensão: [XV]

Tabela - 02 - Largura de Faixa de Segurança (m)

Tensão (kV)	Largura de Faixa (m)	Tensão (kV)	Largura de Faixa (m)	Tensão (kV)	Largura de Faixa (m)
34,5	30,0	69,0	35,0	138,0	40,0
230,0	40,0	345,0 *	70,0	500,0 *	70,0

\* condições de cálculo para estruturas auto-portantes.

c) *Ângulo de Travessia*: o ângulo ( $\alpha$ ) formado entre o eixo da linha de transmissão e a rede de distribuição, deverá ser no mínimo 15°.

d) *Altura de Segurança (distância cabo/solo)*:

Quando da elaboração de um projeto de travessia entre a linha de transmissão e rede de distribuição, deve-se considerar os seguintes condições:

- distância de segurança cabo/solo para a rede de distribuição;
- a distância vertical entre o condutor mais baixo da LT e os condutores da rede de distribuição (medida “in loco”);
- o nível de tensão das linhas/redes consideradas;
- ponto de travessia, distância horizontal em relação ao suporte mais próximo da torre de transmissão.
- distância vertical definida na janela de passagem;

As normas NBR-5433 e 5434 definem os valores de distância cabo/solo para redes rurais e urbanas em 6,0 m (seis metros).

#### 4.5. Travessia com Linhas de Telecomunicações

Os critérios aqui relacionados contemplam os requisitos exigidos pelas concessionárias de telecomunicações no Estado de Minas Gerais (TELEMIG e CTBC) e pela Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (ECT).

a) *Afastamento Horizontal*:

Antes ou depois das travessias deverá ser evitado o paralelismo dos condutores da Cemig com a rede de telecomunicação ou telegráfica. Quando isso não for possível, o afastamento mínimo será de 30 m (trinta metros).

b) *Ângulo de Travessia*:

O ângulo de travessia deverá situar entre 60° e 120°.

c) *Distância Vertical/Distância de Segurança*:

A distância vertical mínima entre redes de distribuição até 34.5 kV e a linha de telecomunicação é de 1,80m (um metro e oitenta centímetros), conforme definido na NBR-5422. A NBR-5422 recomenda: “a flecha dos cabos, quando em repouso, deve ser considerada na condição mais desfavorável, no que se refere à verificação das distâncias de segurança.”

d) *Estruturas*:

As estruturas do vão de travessia devem ser de encabeçamento (fim de rede mecânico). O lance da travessia deve ser calculado com o coeficiente de segurança mínimo igual a 3 (três). Em geral as travessias se farão com a rede de maior nível de

tensão transpondo acima da rede de menor nível de tensão. Esse critério aplica-se também a travessias com linhas de telecomunicações.

#### **4.6. Travessias de Rios, Lagos e Represas**

Em se tratando de travessias envolvendo braços de represas, rios navegáveis ou não, e grandes lagos deverão ser considerados os seguintes requisitos de projeto:

- nível máximo de enchentes ordinárias dos rios, lagos ou represas;
- se o trecho da travessia é considerado navegável ou não. Nesse caso deverá ser consultada a Capitania dos Portos do Estado de Minas Gerais em Pirapora para a definição dos trechos navegáveis.
- distância vertical definida pelas normas NBR-5422, N.D-3.1 e N.D-3.2.

Para o Estado de Minas Gerais são considerados como rios navegáveis os seguintes rios: São Francisco, Doce, Urucum, Paracatu e os lagos e represas formadas por esses rios. A autorização de travessia desses rios deverá ser dada pela Capitania dos Portos do Estado de Minas Gerais. A altura mínima definida para travessias desses rios é de 15,20 m (quinze metros e vinte centímetros) em relação ao ponto de enchentes ordinárias. (ver ND-3.2)

Para travessias sobre rios não navegáveis a altura mínima de travessia do condutor deverá ser de 6,0 m a partir do ponto de enchentes ordinárias, conforme definido na NBR-5422.

Para a represa de Furnas deverá ser considerada a altura mínima de 17,0 m a partir do nível de enchentes ordinárias da represa. Essa recomendação está expressa em ofício da Capitania dos Portos do Estado de Minas Gerais e na NBR-5422 item 10.3.1. [XII]

Em todos os casos de travessias sobre rios, lagos e represas os suportes deverão ser instalados fora da faixa de desapropriação, ou acima das faixas das enchentes.

As estruturas devem ser de encabeçamento (fim de linha mecânico), sendo que no lance da travessia o coeficiente segurança deve ser maior ou igual a 3 (três).

As travessias devem ser projetadas preferencialmente segundo a direção que se aproxime o máximo possível da normal ao eixo do rio ou represa, respeitando o ângulo mínimo de cruzamento de 60° e o máximo de 120°.

#### **4.7. Aeródromos, Helipontos e Sinalização**

A aproximação e proteção de aeródromos, de helipontos e auxílios à navegação aérea é regulamentada pelo Código Brasileiro da Aeronáutica, emitido pelo Ministério da Aeronáutica, e pelo decreto nº 95.218 de 13 de novembro de 1987. [IX]

As propriedades vizinhas aos aeródromos, helipontos e auxílio à navegação aérea estão sujeitas a restrições especiais, de modo que o seu aproveitamento não gere conflitos ambientais ou prejudique as atividades e a infra-estrutura aeronáuticas.

##### **a) Aeródromos**

Para efeito do Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, os aeródromos são enquadrados, segundo o tipo de operação, em três classes, a saber: (ver desenho 03)

- VFR - operação de aeronaves sujeita às regras de voo visual;

- IFR-NÃO-PRECISÃO - operação de aeronaves em aproximação sujeita às regras de vôo por instrumento, que utilizam para orientação auxílios à navegação de não precisão, como por exemplo radar de terminal, radiofarol onidirecional (multidirecional) em VHF (VOR), radiofarol não direcional (NDB) entre outros.
- IFR-PRECISÃO - operação de aeronaves em aproximação sujeita às regras de vôo por instrumento, que utilizam para orientação informações de azimute e rampa de planeio fornecidos por auxílios à navegação de precisão, como por exemplo o radar de aproximação de precisão ou sistema de pouso por instrumentos (ILS).

As classes definidas anteriormente, estão divididas em códigos conforme a tabela a seguir:

Tabela - 03- Classes dos Aeródromos - Comprimentos de Pistas

Código da Pista	1	2	3	4
Comprimento da Pista (m)	≤ 800	800 < L ≤ 1200	1200 < L ≤ 1800	1800 ou +

O plano básico da zona de proteção de aeródromos contém as seguintes áreas:

- faixa de pista: envolve a pista de pouso e tem, em cada ponto, a altitude do ponto mais próximo situado no eixo da pista ou no seu prolongamento.
- áreas de aproximação: estendem-se em rampa, no sentido do prolongamento do eixo da pista, a partir da faixa da pista.
- áreas de decolagem: estendem-se em rampa, no sentido do prolongamento do eixo da pista, a partir da faixa de pista ou do final da zona livre de obstáculos (“Clearway”), caso exista.
- áreas de transição: estende-se em rampa, a partir dos limites laterais da faixa de pista e da parte das áreas de aproximação, compreendida entre seu início e o ponto onde esta áreas atingem o desnível de 45 m (quarenta e cinco metros) em relação à elevação do aeródromo.
- área horizontal interna: estende-se para fora dos limites dos gabaritos das áreas de aproximação e transição, com desnível de 45 m (quarenta e cinco metros) em relação à elevação do aeródromo, e seus limites externos são semicírculos, com centros nas cabeceiras das pistas.
- área cônica: estende-se em rampa de 1/20 (um vinte avos) para fora dos limites externos do gabarito da área horizontal externa.
- área horizontal externa: estende-se para fora dos limites externos do gabarito da área cônica.

Nas áreas de aproximação, decolagem e transição não são permitidas a instalação de postes ou estruturas de qualquer natureza, salvo as torres de controle e os auxílios à navegação aérea. Qualquer aproveitamento que ultrapasse os gabaritos nas áreas horizontal interna, cônica, e horizontal externa, deverá ser submetido à autorização do Comando Aéreo Regional - COMAR.

#### **b) Helipontos**

O plano básico de zona de proteção de helipontos consta das seguintes áreas: (ver desenho 04)

- área de segurança: estende-se para fora da área de pouso e decolagem do heliponto, onde apenas são permitidos aproveitamentos frágeis de no máximo 35 cm (trinta e cinco centímetros) de altura.
- da área de aproximação e decolagem: estende-se em rampa a partir da área de pouso e decolagem.
- áreas de transição: estende-se em rampa, a partir dos limites laterais da área de segurança e da parte lateral das áreas de aproximação, compreendida entre seu início e o ponto onde atinge o desnível de 30 m (trinta metros) em relação à elevação do heliponto.

Os helipontos com áreas de pouso circulares, que permitem aproximações ou decolagem em qualquer direção, não possuem áreas de transição. O gabarito da área de aproximação e decolagem será utilizado em todas as direções.

Não é permitida a implantação de quaisquer obstáculos na áreas vizinhas dos helipontos, que ultrapassem os gabaritos fixados no plano básico de proteção de helipontos.

### **c) Sinalização**

A sinalização de obstáculos tem a finalidade de reduzir os perigos para aeronaves, indicando a presença deles. Toda sinalização será realizada por meio de pintura em cores, balizas, canaletas e luzes de baixa, média ou alta intensidade.

A critério do COMAR, poderá ser exigido a sinalização dos postes, com faixas pintadas perpendicularmente nas cores vermelha e branca ou laranja e branca, quando esses situarem próximos aos aeródromos ou oferecerem riscos à navegação aérea.

As balizas serão colocadas em obstáculos ou em suas adjacências, situando-se em posições bem visíveis de modo a definir a forma geral do obstáculo. Devem ser identificadas, em bom tempo, de todas as direções possíveis pelas quais uma aeronave possa se aproximar. Individualmente, as balizas devem ser de uma só cor: branca, vermelha ou laranja. Quando forem instaladas balizas de cores diferentes, essas deverão ser alternadas. Em alguns casos poderá ser utilizadas canaletas horizontais, normalmente aplicadas em redes de distribuição aéreas.

Quando se tratar de rede elétrica suspensa, cabos aéreos ou estruturas similares, as balizas devem ser esféricas e com diâmetro superior a 60 cm (sessenta centímetros).

A separação entre balizas consecutivas ou entre uma baliza e uma torre de sustentação deverá ser proporcional ao diâmetro da primeira e, em nenhum caso, poderá exceder a: (ver desenho - 05)

- 30 m (trinta metros) para balizas com 60 cm (sessenta centímetros) de diâmetro;
- 35 m (trinta e cinco metros) para balizas com 80 cm (oitenta centímetros) de diâmetro;
- 40 m (quarenta metros) para balizas com pelo menos 130 cm (cento e trinta centímetros) de diâmetro.

Devem ser utilizadas luzes de obstáculo de alta intensidade para indicar a presença:

- obstáculo cuja altura seja igual ou superior a 150 m (cento e cinquenta metros), localizado ou não em zona de proteção;

- torres de linhas de transmissão, torres de telefonia, cabos aéreos, assim como outros obstáculos que possam proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea, a critério do COMAR.

Quando se utilizarem luzes de alta intensidade em torres de energia, elas deverão ser instaladas em três níveis, a saber:

- no topo da torre;
- na altura do ponto mais baixo da catenária dos cabos;
- aproximadamente no ponto médio entre os dois níveis anteriores.

Quando a altura do obstáculo for superior a 45 m (quarenta e cinco metros), colocar-se-ão luzes adicionais a níveis intermediários, espaçadas uniformemente entre a luz superior e a base do objeto.

## **5. DIMENSIONAMENTO MECÂNICO DAS ESTRUTURAS**

A configuração e o dimensionamento das estruturas dependem basicamente dos seguintes fatores:

- espaçamentos mínimos entre as partes energizadas entre si e destas partes com as partes não energizadas ou aterradas;
- esforços mecânicos atuantes sobre a estrutura (horizontais, verticais, de compressão e arrancamento);
- afastamentos mínimos entre os circuitos, quando for o caso;
- existência de circuitos de comunicação ou não;
- tração dos condutores;
- resistência dos postes, cruzetas, ferragens, isoladores, solo, etc;
- instalação de equipamentos (projeto específico).

O cálculo das trações e flechas, nos condutores será efetuado por processo analítico, através da resolução da equação de mudança de estado, baseado nos seguinte parâmetros de cálculo:

- critério de flecha constante;
- cabo básico definido;
- tração máxima do cabo, verificada à temperatura de 15 °C, com vento máximo ou à temperatura mínima sem vento;
- parâmetros físicos dos condutores: seção nominal, diâmetro aparente, módulo de elasticidade, coeficiente de dilatação linear, peso, e carga de ruptura;
- faixas de variação de temperatura definidas para o cálculo;
- faixas de variação de vão definidas para o cálculo;
- hipóteses de cálculo: condição de trabalho de maior duração, condição de máximo carregamento, condição de flecha mínima e condição de flecha máxima.

### **5.1. Tabelas de Trações e Flechas**

As tabelas de trações e flechas serão utilizadas no cálculo da estabilidade das estruturas, durante a montagem das redes, e mesmo para a verificação da distância cabo/solo. Essa última se aplica através dos gabaritos de locação de rede.

As tabelas de trações e flechas estão divididas em:

- trações de projeto: correspondem às trações máximas que poderão estar submetidos os condutores durante a vida útil da rede, em função de determinadas situações (vão, temperatura, vento). Essas tabelas são calculadas para as condições de vento máximo a 15 °C ou de temperatura mínima sem vento, considerando a que for maior.
- trações de montagem: as trações de montagem são calculadas para a condição sem vento, considerando a temperatura ambiente e o comprimento dos vãos.
- flecha final: é representada pela distância vertical entre a linha imaginária (que passa pelos dois pontos de fixação do condutor) e a tangente ao condutor paralela a esta linha. É utilizada para verificação da distância mínima do condutor ao solo, considerando a temperatura máxima de 50 °C. Os gabaritos de locação das estruturas são confeccionados com as curvas correspondentes às flechas de projeto, calculadas para a condição mais crítica.

## 5.2. Cálculo da Estabilidade das Estruturas

Na determinação dos esforços mecânicos da rede estarão presentes as seguintes considerações:

- a) Resultante dos esforços: a resultante dos esforços calculada será transferida a 20 cm do topo do poste e comparada com a resistência nominal. Todos os esforços excedente a este valor deverão ser absorvidos através do conveniente estaiamento.
- b) Determinação das estruturas: as estruturas primárias deverão ser escolhidas de modo a resistir os esforços mecânicos de tração dos condutores, à ação de vento sobre a estrutura e condutores, e aos esforços verticais atuantes na estrutura. Essa escolha deverá considerar também os limites de vão de balanço e os espaçamentos mínimos entre os condutores.
- c) Estaiamento: o estaiamento deverá ser projetado, quando os esforços atuantes na estrutura forem superior a resistência nominal dos postes ou ainda, quando o solo não suportar esses esforços.

O dimensionamento mecânico das estruturas poderá ser realizado considerando:

- as normas de Instalações Básicas: ND-2.1/2.4 para RDU e ND-2.2/2.5 para RDR;
- as normas de projeto : ND-3.1 para RDU e ND-3.2 para RDR

A seguir são resumidos os principais procedimentos para dimensionamento mecânico das estruturas de RDU e RDR:

### 1. Rede Urbana (RDU) - Roteiro Básico

- **Postes:**

A escolha da altura e tipo de poste será função da distância cabo/solo definida para a travessia. Em casos especiais poderão ser utilizados postes superior a 13,0 m. Os postes a serem utilizados são de concreto circular, concreto seção duplo-T ou madeira.

- **Estruturas:**

A escolha das estruturas, é definida de acordo com a ND-2.1 e ND-2.4 e ED-2.9, levando-se em consideração os seguintes detalhes:

- largura do passeio;
- bitola do condutor;



- ângulo de deflexão horizontal e vertical da rede;
- estrutura de ancoragem (fim de rede mecânico).

- **Esforços, Estaiamento e Resistência:**

A determinação dos esforços nos postes será realizada considerando-se as cargas devidas às redes primária, secundária, bem como os cabos telefônicos e outros de uso mútuo (casos específicos).

Os esforços exercidos pelos condutores do circuito secundário e cabos telefônicos são referenciados a 0,20 m do topo do poste, aplicando-se os coeficientes da ND-3.1 tabela 27. O esforço resultante deve ser calculado pelo processo gráfico ou vetorial.

Calculado o esforço resultante no poste (R), devido a tração dos condutores e cabos telefônicos aplicados a 0,20 m to topo (T), definem-se os estais (E) necessários e a resistência nominal do poste, procurando-se otimizar o custo do conjunto poste/estais.

Para o caso de postes que não se situem em fins de rede, proceder do seguinte modo:

- Definem-se, preliminarmente, os estais necessários, se for o caso.
- Calcula-se, para cada poste, a resultante geral (R), entre a tração dos condutores e cabos telefônicos (T) e estais (E), ambos referenciados ao topo do poste.

Para o cálculo do valor de E, deve-se considerar que o estai pode absorver toda a disponibilidade da capacidade do poste adjacente ou contra-poste no qual foi fixado.

De posse do valor de R, utilizando-se a tabela 30 da ND-3.1, define-se a resistência nominal do poste.

No caso específico de projetos que envolvam o prolongamento de rede existente, a tabela 29 da ND-3.1 define a resistência nominal do poste de fim de rede, bem como o estaiamento necessário em função da tração (T).

Quando o valor de R ultrapassar a 1000 daN, a tração do último vão deve ser adequadamente reduzida.

Quando da utilização de estrutura do primário, em ângulo de 90°, ou que requeira dois níveis de cruzeta, o estaiamento deve ser feito de cruzeta a cruzeta, desde que a configuração do primário permita.

- **Engastamento:**

Para a definição do tipo de engastamento devem ser utilizadas, as tabelas 29 e 30 da ND-3.1, a partir dos valores de T e R, respectivamente.

## 2. Rede Rural (RDR) - Roteiro Básico

- **Poste:**

A escolha da altura do poste será função da distância cabo/solo definida para a travessia. Em casos especiais poderão ser empregados postes de 15 m e de 17m, que são de concreto seção duplo-T ou madeira.

- **Escolha das Estruturas:**

Os gráficos de escolha das estruturas da ND-2.2 e ND-2.5 estão divididos de acordo com a categoria da rede, número de fases, nível de tensão e tipo de cabo.

As categorias da rede são:

- rede leve: dimensionada para uma velocidade de vento igual a 80 km/h, ocorrendo a 15°C ou temperatura mínima de 0°C, sem vento.
- rede média: dimensionada para uma velocidade de vento igual a 100 km/h, ocorrendo a 15°C ou temperatura mínima de -5°C, sem vento.

A escolha das estruturas será definida em função do vão médio, ângulo de deflexão, e da bitola do condutor.

As estruturas definidas para o trecho de travessia obrigatoriamente serão de ancoragem (fim de rede mecânico). Lembrando, que o projetista deverá observar os limites de vão de balanço para as estruturas.

O estaiamento e tipo de engastamento serão definidos pelos gráficos de escolha de estruturas (ver gráficos na ND-2.2 e ND-2.5).

## **6. APRESENTAÇÃO DO PROJETO**

Os projetos de travessia e/ou ocupação de faixa de domínio, em geral, deverão conter uma vista em planta, uma vista em perfil e detalhes necessários, em escala convenientes. A forma de apresentação, quantidade de vias e procedimentos para aprovação do projeto serão abordados nesse capítulo.

### **6.1. Formatos e Escalas**

O quadro mostrado a seguir resume os formatos e escalas a serem adotados na confecção dos projetos de travessias.

O projeto deverá constar também as seguintes informações complementares ao desenho:

- a) Nome da cidade e/ou município que pertence a travessia ou ocupação;
- b) Designação da ferrovia ou rodovia e do trecho no qual se encontra a travessia, por meio das localidades adjacentes.
- c) Posição quilométrica exata da ferrovia ou rodovia no ponto da travessia (km+m). No caso de paralelismo com ocupação da faixa, indicar a posição quilométrica exata (km+m) do início e do fim da ocupação.
- d) Ângulo entre os eixos da rede e da travessia.
- e) Indicação da faixa de domínio e distâncias dos postes aos limites da travessia.
- f) Indicação da faixa de domínio e distância dos postes da travessia aos limites da travessia.
- g) Indicação das cercas existentes, seus seccionamentos e distâncias em relação aos suportes das travessias.
- h) No caso de travessias de rodovias, apresentar a indicação dos bordos das plataformas, limites de terraplanagem referentes às cristas de cortes, dos pés de aterros, e das faixas não edificáveis.
- i) Cota do condutor mais baixo da travessia na condição de flecha máxima.

- j) Características mecânicas dos condutores: material (CAA, CA, Aço e outros), bitola do condutor (AWG, MCM ou mm<sup>2</sup>), tração de projeto (daN). Essas características deverão ser especificadas para a fase e neutro.
- k) Características elétricas da rede: tensão nominal (kV), número de fases e número de circuitos.
- l) Características dos postes e estruturas : material (concreto, madeira ou aço), tipo; comprimento do poste; carga nominal do poste; profundidade do engastamento (indicar para os casos de engastamento especiais); tipo de engastamento (base concretada, escora de subsolo, etc.); nome e tipo da estrutura.
- m) Características do estaiamento: tipo de estaiamento (âncora ou tora); diâmetro do cabo de aço.
- n) Tabela de trações de montagem: para o vão da travessia indicar os valores de trações de montagem para os diversos valores de temperatura.

A simbologia adotada na elaboração dos projetos de travessia consta das normas de projeto ( ND-3.1 e ND-3.2) e de instalações básicas (ND-2.1 e ND-2.2)

Tabela - 04 - Quadro de formatos e Escalas

Órgão Travessia	Desenho				Formato	Nº cópias
	Perfil	Planta	Planta Situação	Detalhes Estruturas		
D.E.R	H=1:100 ou 1:200 V=1:100 ou 1:200, ou H=1:2000 V=1:200	1:200 ou 1:500	1:1000 ou 1:2000	1:20	A1, A2 ou A3	5
D.N.E.R	H=1:2000 V=1:500	1:200 ou 1:500	Não exige	1:20	A1	5
RFFSA *	H=1:500 V=1:500 (1)	1:500 (1)	1:500 Não exige	1:20	A1 ou A2	4
FEPASA	H=1:1000 V=1:500 (1)	1:100	1:500 a 1:1000	1:50 (1)	A2	7
E.F.V.M	conveniente	conveniente	—	1:20	A2	7
TELEMIG e CTBC	H=1:5000 V=1:500	1:500	1:500 ou 1:1000	1:20	Qualquer	1
E.C.T	—	conveniente	—	—	Qualquer	1
Cemig	H=1:5000 V=1:500	1:500	1:500 ou 1:1000	1:20	Qualquer	2
Fluvial	conveniente	conveniente	1:1000	—	A2	1

\* Alguns trechos da RFFSA atualmente pertencem a Ferrovia Centro Atlântica

(1) Escalas mínimas para planta ou perfil

## 6.2. Procedimentos para Aprovação do Projeto

O procedimento para aprovação do projeto envolverá 3 (três) Órgãos, sendo:

- Órgão Regional responsável pela elaboração e execução do projeto de travessia;
- a área jurídica da Cemig, representada pelo JR/IM, órgão responsável pela emissão do requerimento de solicitação de travessia e protocolo do pedido junto ao órgão público ou entidade responsável pela travessia;
- órgão público ou entidade responsável pela aprovação do projeto.

O órgão público ou entidade competente deverá manifestar-se sobre os projetos, concedendo autorização formal para execução da obra, no prazo de 30 (trinta) dias, contatos a partir do recebimento dos esclarecimentos ou da satisfação das exigências regulamentares, para pronunciamento final.

A não manifestação do Órgão público ou entidade privada nos prazos previstos, implicará na outorga tácita da autorização pretendida, para execução da obra. Cabe ao JR/IM o controle deste prazo e o protocolo da aprovação do projeto, quando da aprovação por decurso de prazo.

O procedimento para aprovação do projeto está representado no fluxograma descrito no anexo-2.

Para projetos de travessia de RDR ou RDU sob linhas de transmissão o procedimento de aprovação/verificação do projeto envolverá somente órgãos internos da Cemig. Nesse caso deverá ser consultado o sistema de transmissão (TR) para a definição da janela de passagem e elaboração do projeto.

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A elaboração de projetos de travessias envolve uma série de procedimentos que compreendem o levantamento de campo, especificação das estruturas e altura dos suportes, elaboração da planta e aprovação final do projeto. Esses procedimentos são comuns à maioria dos projetos de travessias, variando apenas os valores de distância cabo/solo, formatos, escalas e número de cópias de projeto.

Com base nos dados apresentados neste relatório recomendamos:

- a utilização deste relatório na elaboração de projetos de travessias;
- a adoção deste relatório no curso de preparação de projetista ministrado na Escola de Formação e Aperfeiçoamento Profissional da Cemig em Sete Lagoas;
- quando o projeto de travessia envolver cruzamento da rede de distribuição com linha de transmissão, consultar sempre o sistema regional de transmissão (TR) para definição da janela de passagem;
- propor aos Órgãos de Engenharia dos diversos convênios DNER, DER, Ferrovia Centro Atlântica, EFVM, FEPASA, ECT, TELEMIG e outros a uniformização dos formatos, escalas e número de cópias dos projetos de travessia.

  
Elaborado

Afonso Ferreira Ávila

  
Recomendado

Ricardo C. C. Rocha

  
Aprovado

Maurício Ribeiro Soares

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- I. N.D-3.1- Projeto de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas , Novembro/1992
- II. N.D-3.2-Projeto de Redes de Distribuição Aéreas Rurais, Outubro/1985
- III. N.D-2.1-Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas, Novembro/1992
- IV. N.D-2.2-Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Rurais, Agosto/1988
- V. N.D-2.4-Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas 23,1 kV, Novembro/1992
- VI. N.D-2.5-Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Rurais 23,1 kV, Julho/1989
- VII. N.D-2.7-Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Isoladas, Novembro/1994
- VIII. N.D-2.9-Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Protegidas, Setembro/1996
- IX. Publicação do Ministério da Aeronáutica, Decreto nº 95.218 de 13 de novembro de 1987 e Portaria nº 1.141/GM5 de 8 de dezembro de 1987
- X. Relatório do CODI-SCEI - 10.02 - Travessias e Ocupação de Faixas de Domínio - Rodovias, Agosto/1982
- XI. Relatório do CODI-SCEI - 10.03 - Travessias e Ocupação de Faixa de Domínio - Ferrovias, Dezembro/1982
- XII. NBR-5422 - Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica, Março/1985
- XIII. NG-2 - Norma e Instruções Gerais da Rede Ferrovia Federal S.A, Maio/1982
- XIV. I.N - 09.01-Instrução Normativa do Departamento de Estradas e Rodagem de M.G. Janeiro/1992
- XV. 30.000-OT/LT3-2225 - Linhas de Transmissão até 500 kV - Critérios para Projetos Eletromecânicos, Novembro/1984

**ANEXO-1 - Processo Inverso da Tangente****Cálculo da altura dos condutores**

1. Instalar o teodolito próximo ao local, colocar a mira estadimétrica debaixo do condutor de forma que as leituras sejam realizadas na linha de prumo do mesmo.
2. Anotar os seguintes valores:
  - fios superior, médio, inferior (em milímetros);
  - ângulo vertical do fio médio;
  - ângulo vertical coincidindo o fio médio com o condutor.

3. Calcular a distância reduzida através da fórmula:

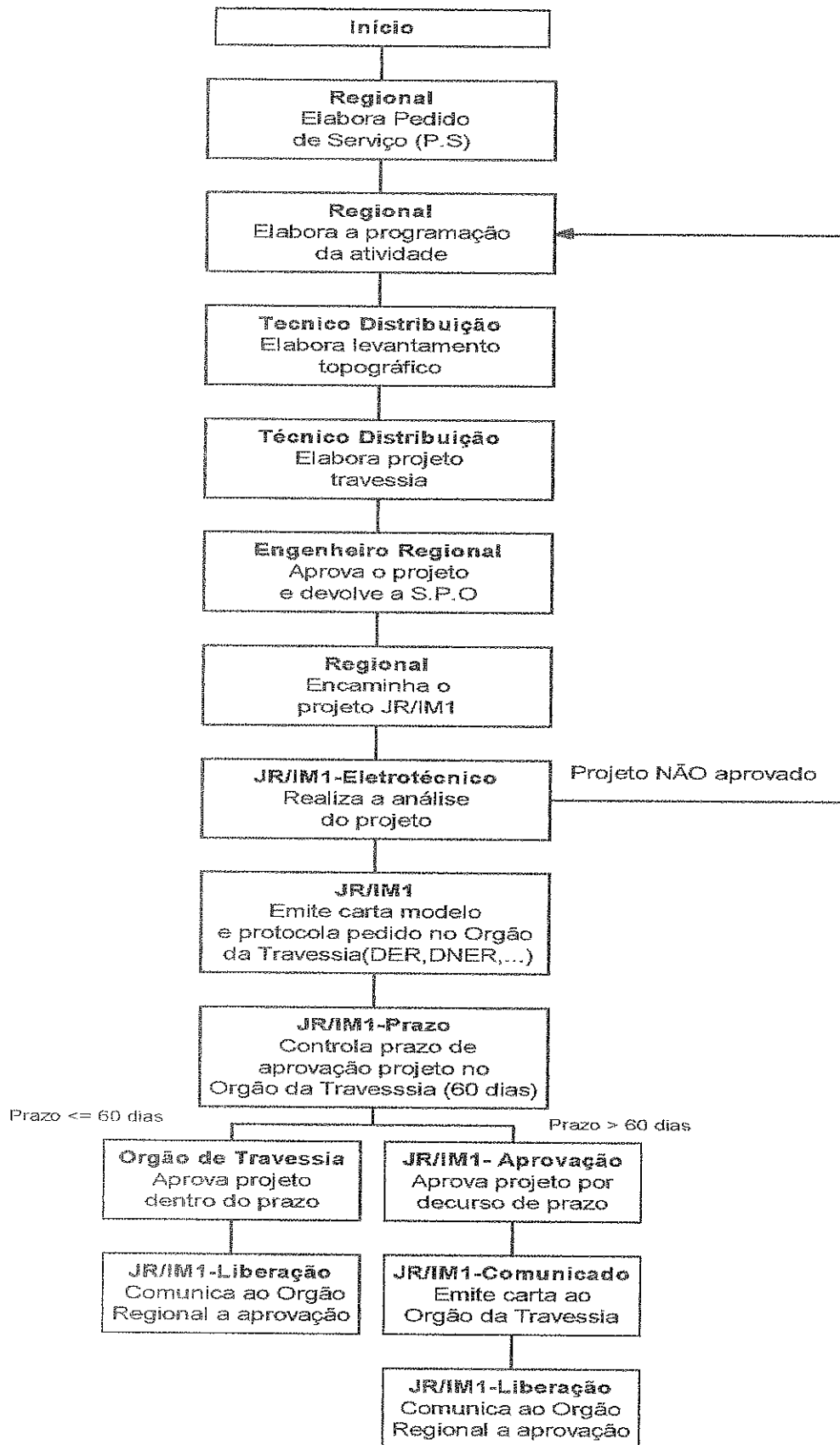
$$D_R = (F_S - F_I) \times \frac{1}{10} \times \sin^2(V_{FM}) \quad [m]$$

4. Calcular a altura do condutor pela fórmula:

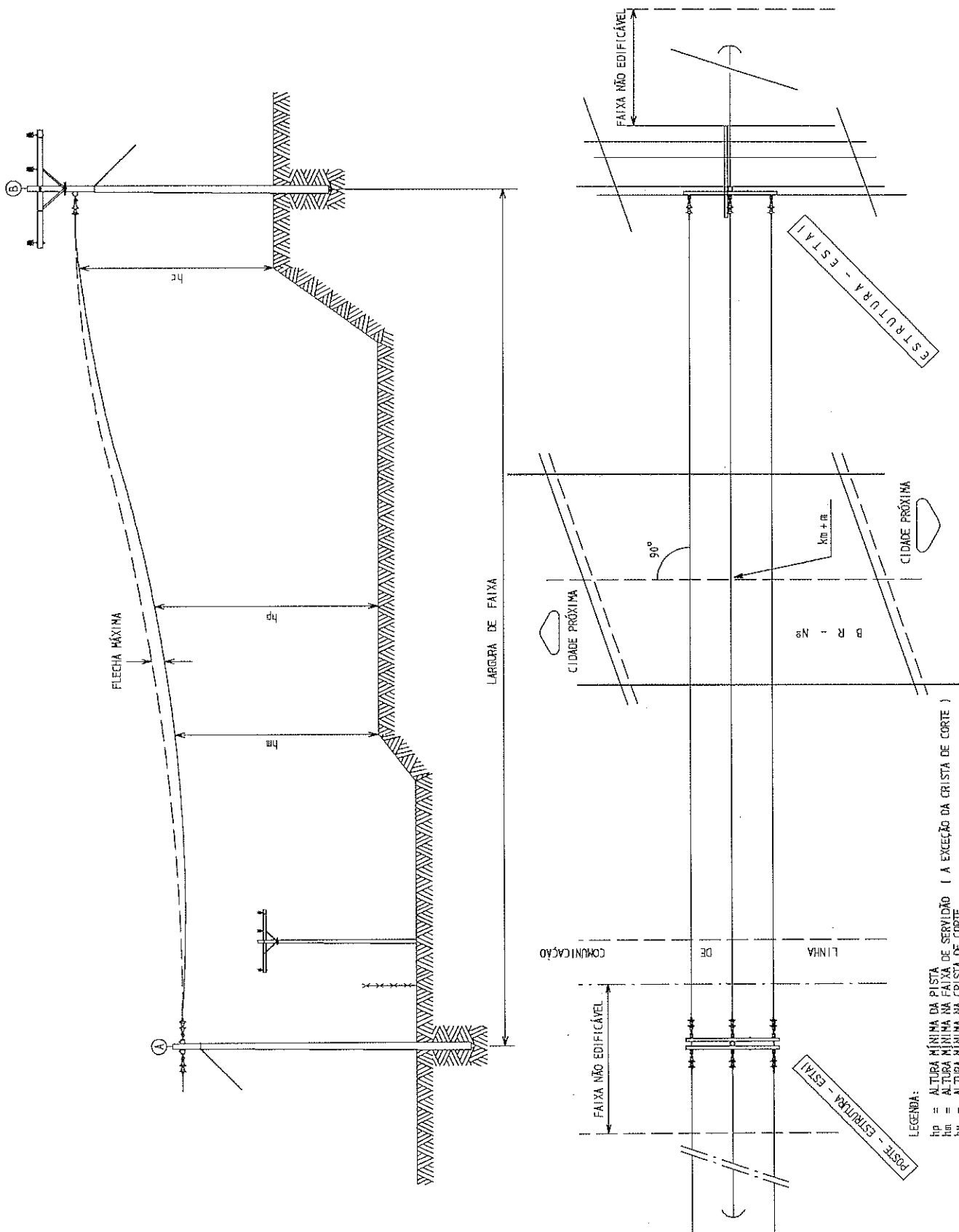
$$A_C = \left( \frac{1}{\operatorname{tg}(V_{CO})} \times D_R \right) - \left( \frac{1}{\operatorname{tg}(V_{FM})} \times D_R \right) + F_M \quad [m]$$

Convenções:	fio superior	= F <sub>S</sub>
	fio médio	= F <sub>M</sub>
	fio inferior	= F <sub>I</sub>
	ângulo vertical para o fio médio	= V <sub>FM</sub>
	ângulo vertical para o condutor	= V <sub>CO</sub>
	distância reduzida	= D <sub>R</sub>
	altura do condutor	= A <sub>C</sub>

**ANEXO - 2 Procedimento para aprovação de travessias - Fluxograma**



DESENHO 01 - TRAVESSIA SOBRE RODOVIA

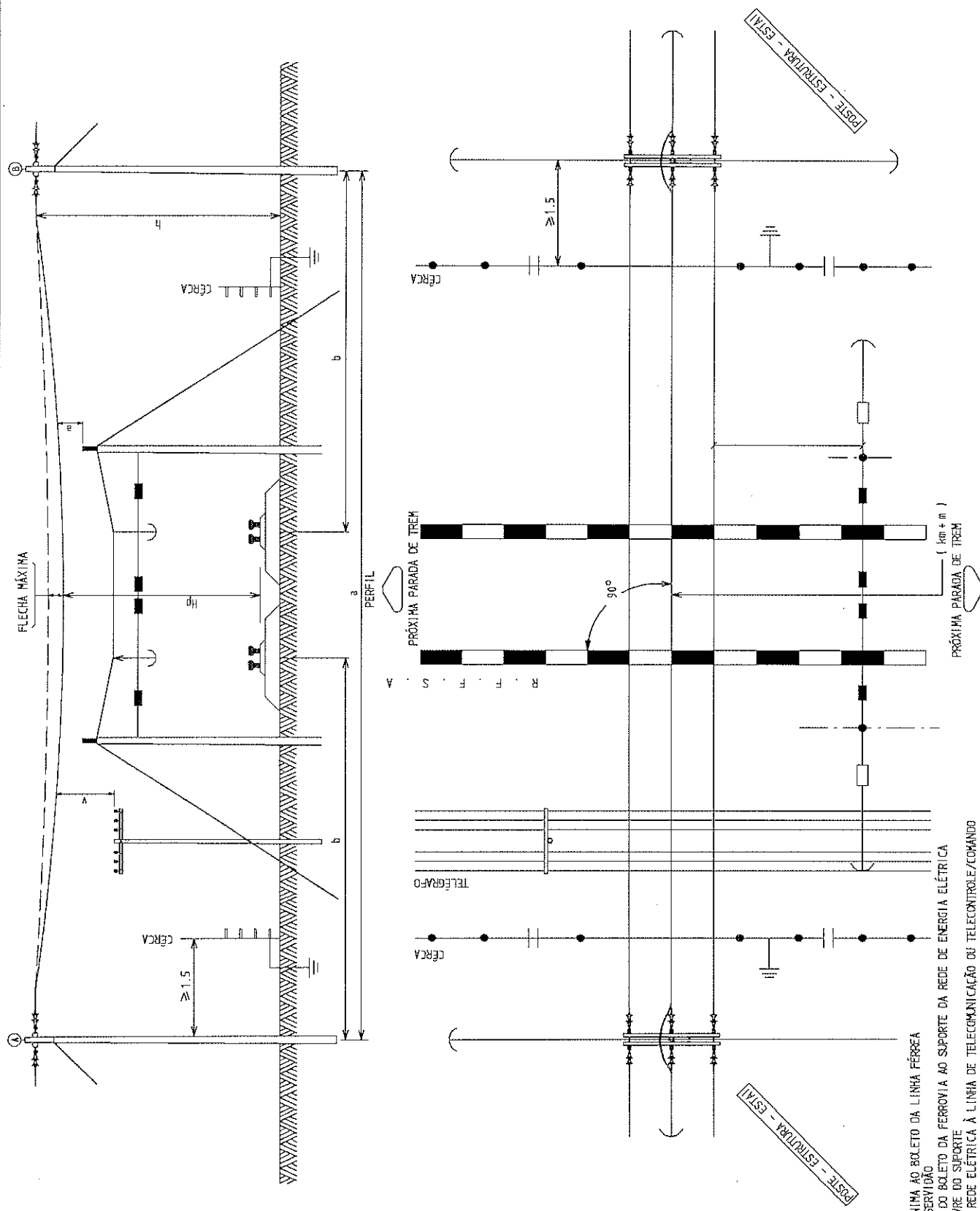


LEGENDA:

- hp = ALTURA MÍNIMA DA PISTA
- hm = ALTURA MÍNIMA NA FAIXA DE SERVIÇÃO ( A EXCEÇÃO DA CRISTA DE CORTE )
- hv = ALTURA MÍNIMA NA CRISTA DE CORTE



DESENHO 02 - TRAVESSIA SOBRE FERROVIA



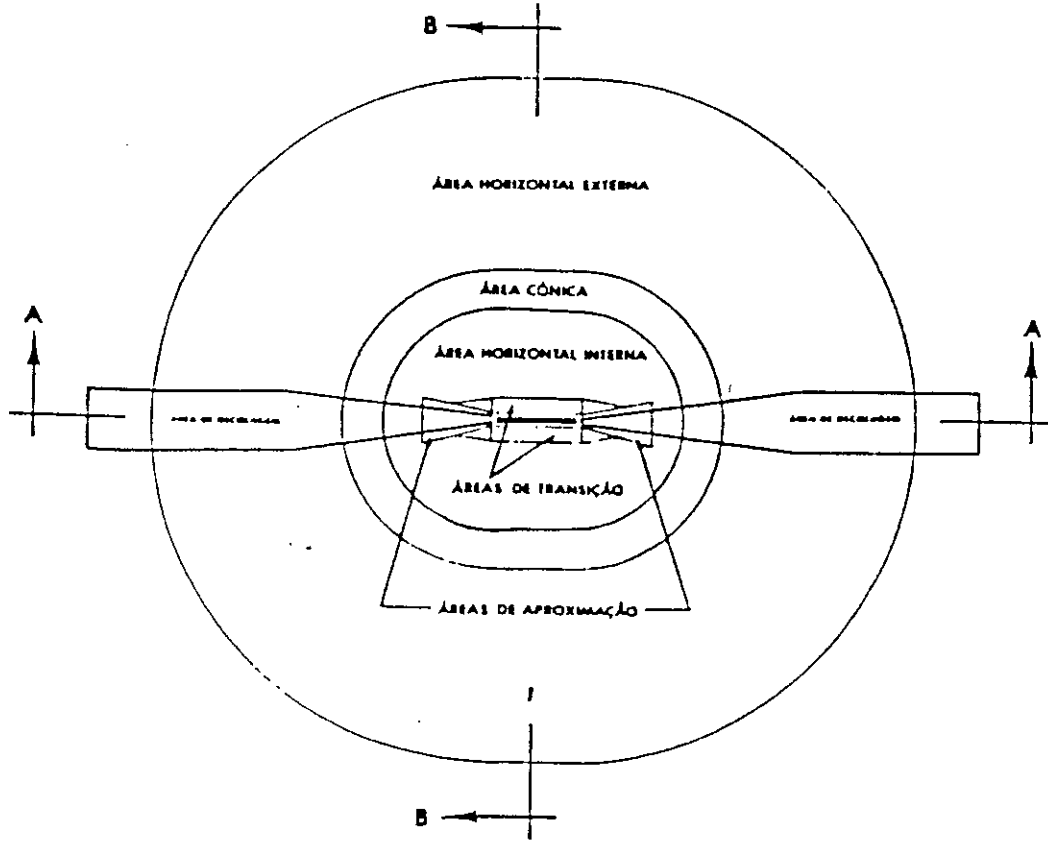
LEGENDA:  
 $hp$  = ALTURA MÍNIMA AO BOLETO DA LINHA FÉRREA  
 $a$  = FAIXA DE SERVIÇO  
 $b$  = DISTÂNCIA DO BOLETO DA FERROVIA AO SUPORTE DA REDE DE ENERGIA ELÉTRICA  
 $h$  = ALTURA LIVRE DO SUPORTE  
 $v$  = ALTURA DA REDE ELÉTRICA À LINHA DE TELECOMUNICAÇÃO OU TELECONTROLE/COMANDO

Desenho - 03 - Aeródromos

PLANO BASICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE AERÓDROMO

CLASSE VFR

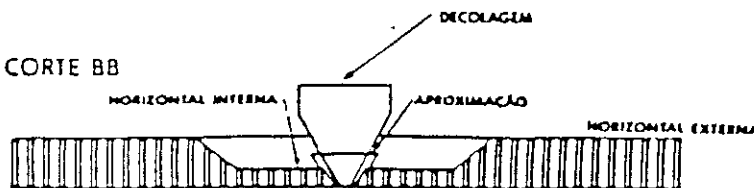
VISTA GERAL



CORTE AA

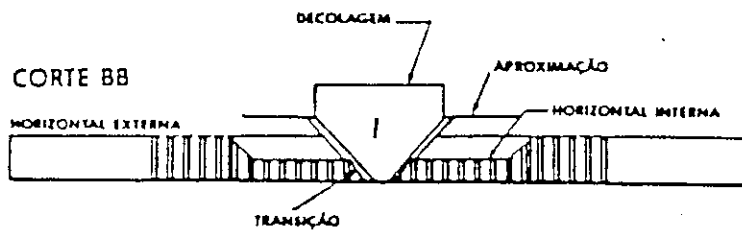
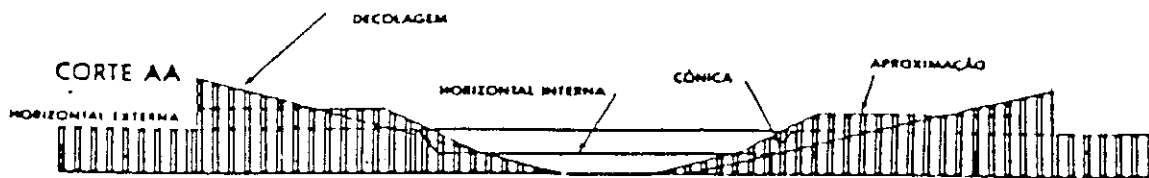
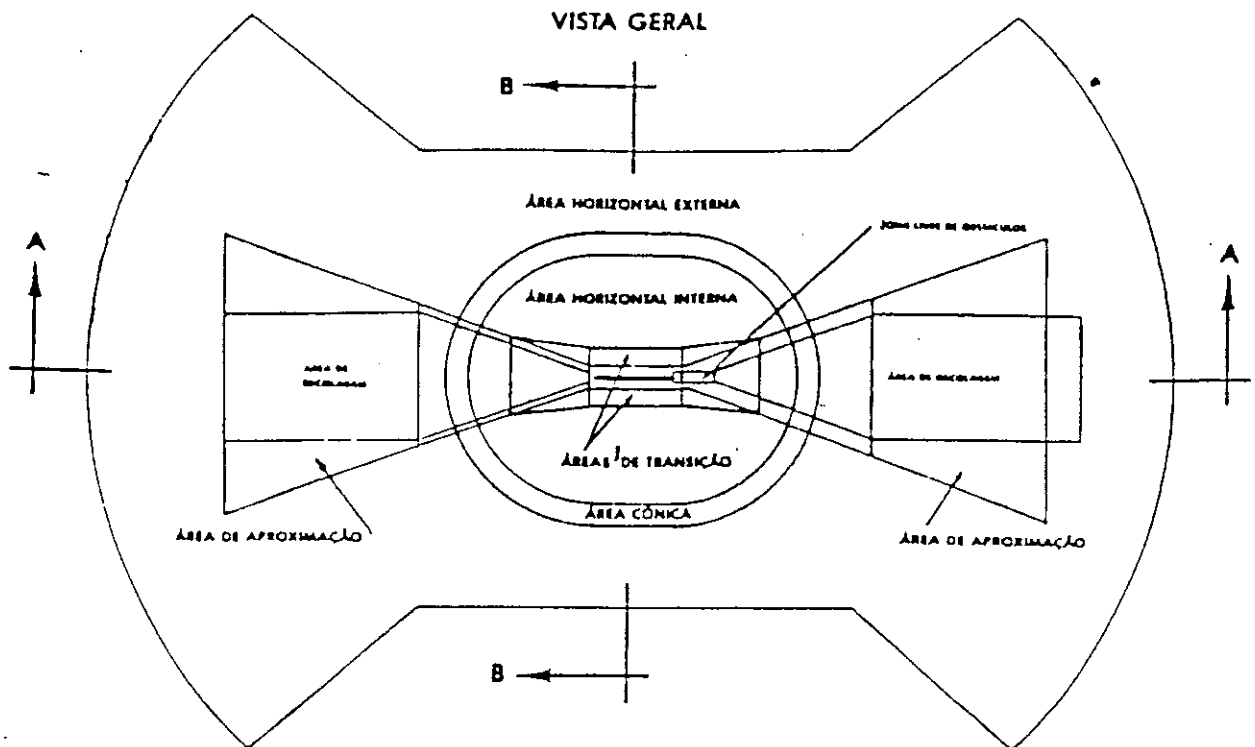


CORTE BB



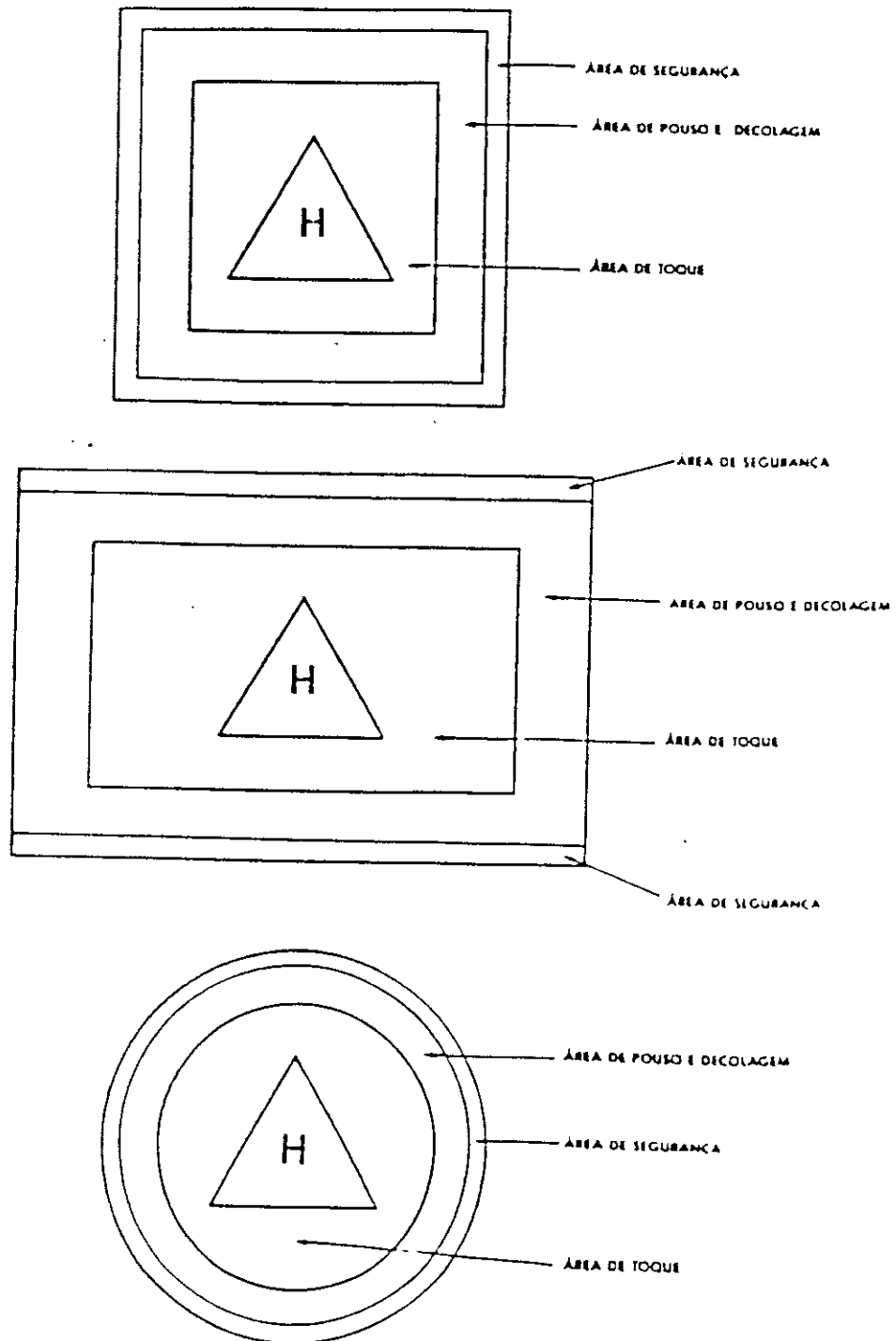
Desenho - 03 - Aeródromos

PLANO BÁSICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE AERÓDROMO  
 CLASSES IFR-NÃO PRECISÃO • IFR-PRECISÃO



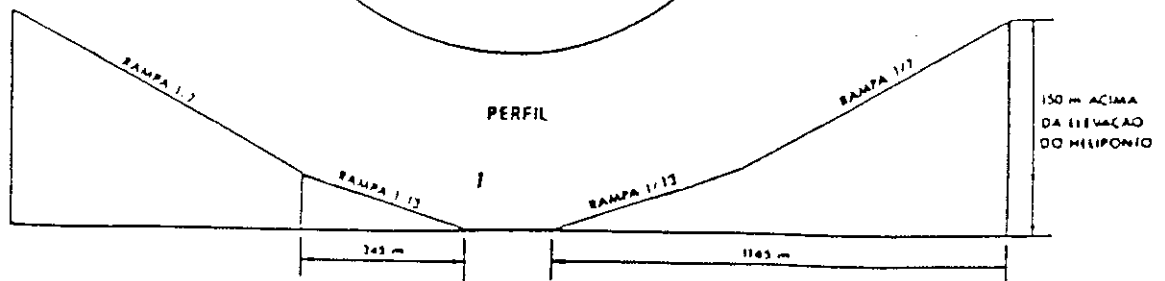
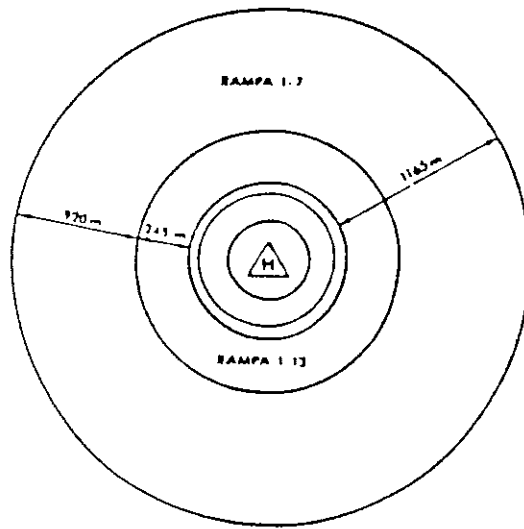
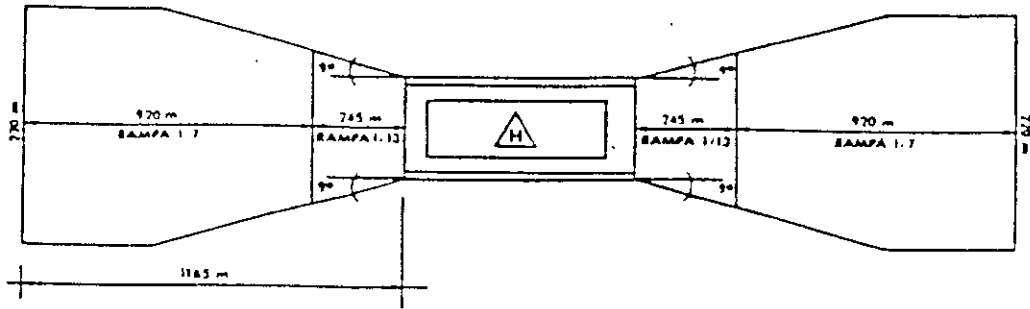
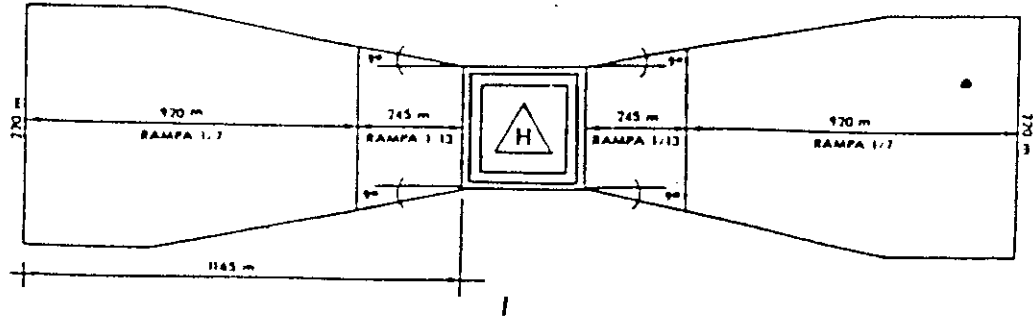
Desenho - 04 - Helipontos

PLANO BÁSICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE HELIPONTO



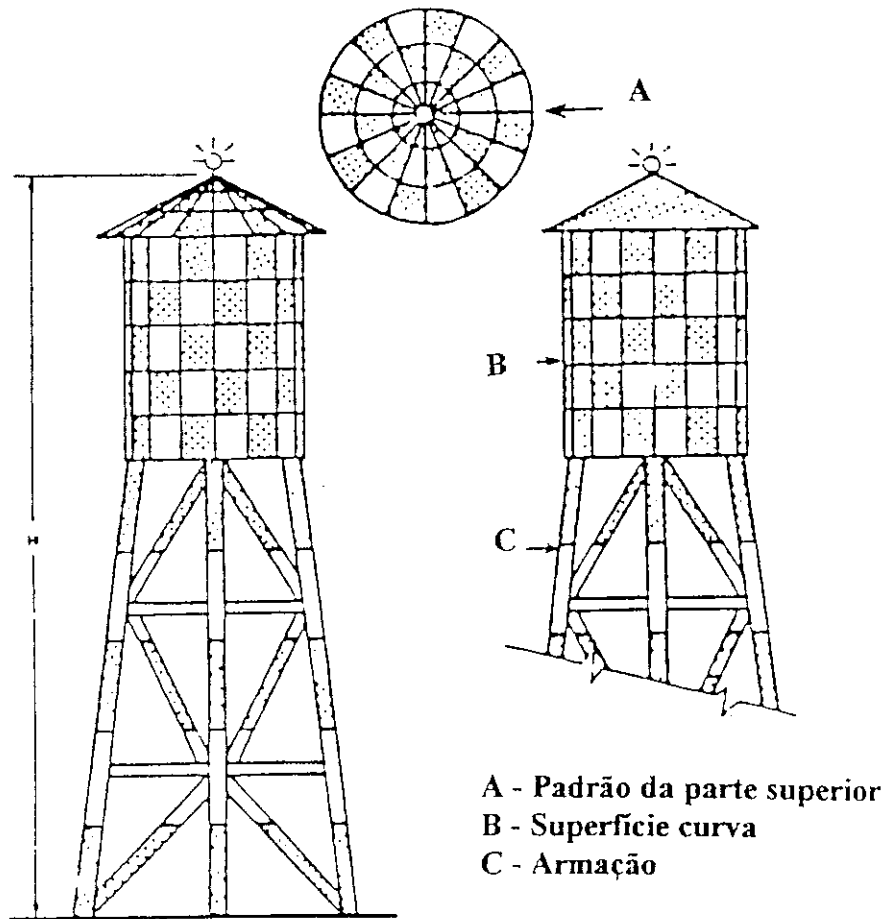
Desenho - 04 - Helipontos

PLANO BÁSICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE HELIPONTO  
ÁREAS DE APROXIMAÇÃO



Desenho - 05 - Sinalização Aérea

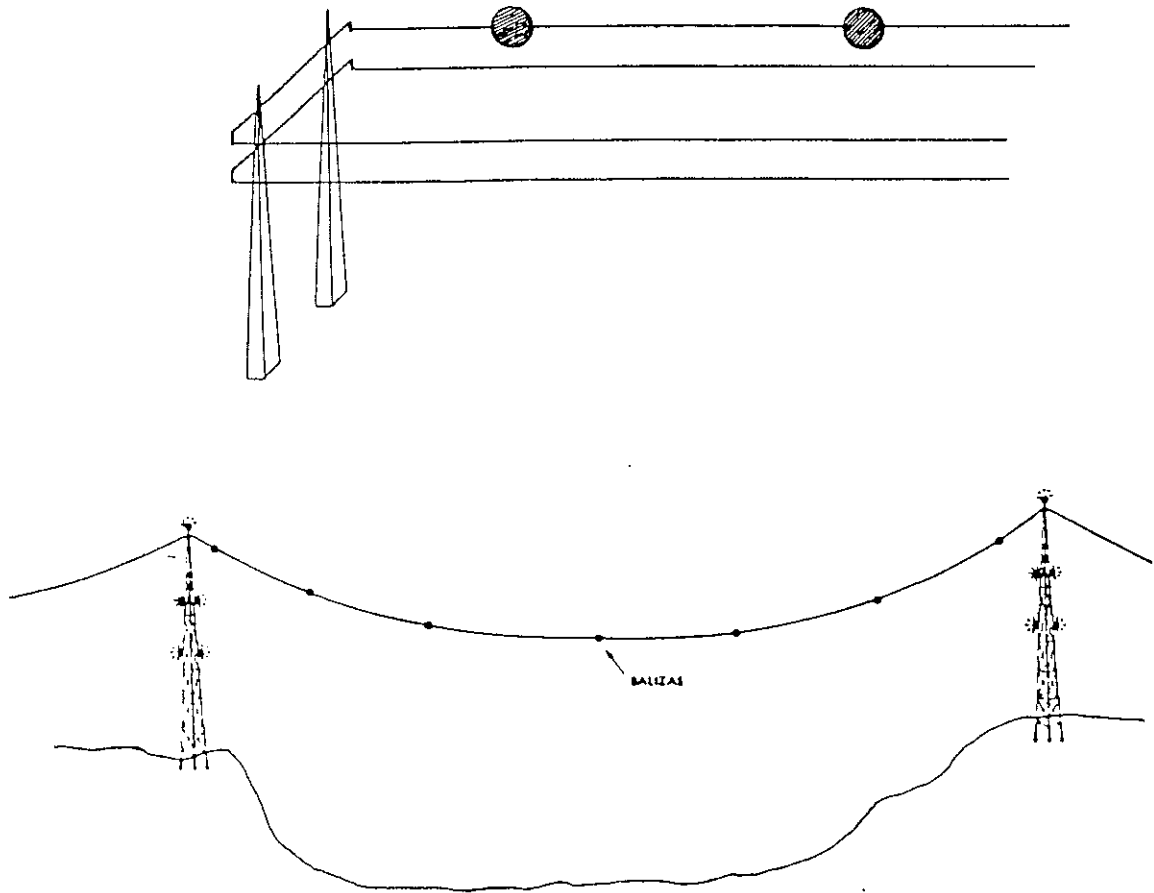
## SINALIZAÇÃO DE OBSTÁCULOS



Nota: Para alturas superiores a 45 m acrescentar luzes intermediárias

Desenho - 05 - Sinalização Aérea

BALIZAS SINALIZADORAS DE FIOS ELEVADOS



**CEMIG** DIVISÃO DE DOCUMENTAÇÃO  
ARQUIVO TECNOLÓGICO  
254.002-B