METRÔ DF
Companhia do Metropolitano do Distrito Federal

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DOS TRENS
SÉRIE 3000

REGIÃO ADM.
ÁGUAS CLARAS

ENDEREÇO
AVENIDA JEQUITIBÁ, 155

AUTOR (ES):
CARLOS MENDONÇA, CLÁUDIA CRISTINA, FAUSTO YZUMI, INÁCIO TEODORO

VISTO
CARLOS ALEXANDRE DA CUNHA

RESPONSÁVEL TÉCNICO IMPLANTAÇÃO/OBRA

AUTOR (ES)

CREA 5042//D-DF	CREA 14872/D-DF	CREA 2753/TD-DF	CREA 5761/TD-DF

AUTOR (ES)
(REVISÃO)

CREA 8314//D-DF	CREA 255453/D-SP	CREA 15818/D-DF	CFT 03681799156/TD-DF

VISTO
(REVISÃO)

CREA 16075/D-DF	CREA 16986/D-DF

USO INTERNO

Esta verificação não esgota as ocorrências que venham a ser levantadas à qualquer tempo. Caso aprovado, representa uma aceitação básica da peça técnica e não isenta os autores do cumprimento das exigências contratuais especificadas.

NÃO APROVADO ☐ APROVADO ☐

Parecer nº _____ Parecer nº _____

Data _____ Data _____

_____
Assinatura(s) e Carimbo(s)

USO EXTERNO

ENCAMINHAMENTO

DOCUMENTO DE ORIGEM

DESTINAÇÃO

☐ ARQUIVO
☐ PROCESSO
☐ IMPLANTAÇÃO

Rub_____
Matr_____

UNIDADE DE CONSTRUÇÃO / SISTEMA E SUBSISTEMA
MATERIAL RODANTE / TREM – CARRO A E CARRO B

REGIÃO / TRECHO
GERAL

MODO	LINHA	ESPECIALIDADE / SUBESPECIALIDADE / COMPONENTE DE SISTEMA
METRÔ	**1**	**GERAL DO CARRO**
ETAPA	ÁREA	TIPO / ESPECIFICAÇÃO DO DOCUMENTO
ESPECIFICAÇÃO	**S/A**	**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA – TREM SÉRIE 3000**
ESCALA	FOLHA	
S/E	**01 DE 301**	
DATA	REVISÃO	CODIFICAÇÃO
05/02/2026	**3A**	**ET.3/RT.00/00.003**

Nº	MODIFICAÇÕES	DATA	AUTOR	VISTO
1	EMISSÃO INICIAL	16/09/2014	CAS CCS FYT IAF	CAC
2	REVISÃO	2024		MDF
3	REVISÃO E ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO MATERIAL RODANTE, SISTEMA DE SINALIZAÇÃO E SUBSISTEMAS	05/02/2026	CAC PFA GSM	ELJ
3A	COMPATIBILIDADE DE NOMENCLATURA	10/04/2026	CAC PFA GSM	ELJ

Obs 1: Os campos deverão ser identificados pela rubrica e iniciais dos seus responsáveis.

Obs 2: Todas as rubricas e iniciais devem ser previamente identificadas junto ao Metrô-DF.

SUMÁRIO

METRO DF
Companhia do Metropolitano do Distrito Federal 1

1 CONCEPÇÃO BÁSICA DE PROJETO 10
1.1 OBJETIVO 10
1.2 GLOSSÁRIO 10
1.2.1 Acrônimos 10
1.2.2 Definições 11
1.3 ESCOPO 13
1.3.1 Objeto do fornecimento 13
1.3.2 Tipo de carro 13
1.3.3 Configuração física do carro 14
1.3.4 Teste e diagnóstico 14
1.3.5 Documentos técnicos 15
1.3.5.1 Modelos Tridimensionais 17
1.3.6 Segurança 20
1.3.7 Facilidades de manutenção e operação 20
1.3.8 Continuidade operativa e remoção de trens 21
1.3.9 CBTC 22
1.4 Desempenho 23
1.4.1 Condições operacionais 23
1.4.2 Ciclos de manutenção 23
1.4.3 Desempenho da tração 24
1.4.4 Desempenho da frenagem 25
1.4.5 Tempos de resposta 26
1.4.6 Simulação de marcha 26
1.4.7 Gabarito estático e dinâmico 26
1.5 Parâmetros de projeto 30
1.5.1 Alimentação elétrica 30
1.5.2 Tensão de serviço auxiliar 30
1.5.3 Capacidade de transporte 30
1.5.4 Ruídos eletromagnéticos 31
1.5.5 Nível de ruído 31
1.5.6 Vibrações e choques 32
1.5.7 Condições ambientais 32
1.5.8 Intercambiabilidade 32
1.5.9 Comandos 32
1.5.10 Condições de via 33
1.5.11 Confiabilidade, disponibilidade, mantenabilidade e segurança 33
1.5.12 Índices de confiabilidade 33
1.5.13 Dimensões e pesos de referência 41
1.6 Princípios operacionais 42
1.6.1 Preparação operacional 42
1.6.2 Modo operacional 42
1.7 Material 45
1.7.1 Seleção de materiais 45
1.7.2 Normas técnicas em geral 46
1.7.3 Identificação em geral 56
1.7.4 Revestimento interno 57
1.7.5 Pinturas 58
1.7.6 Madeiras 58

1.7.7 Parafusos, porcas, pinos, arruelas e rebites 59
1.7.8 Juntas e junções 60
1.7.9 Peças fundidas 60
1.7.10 Borrachas 60
1.7.11 Vidros 61
1.7.12 Equipamentos e componentes eletrônicos 61
1.7.13 Instalação elétrica, materiais e componentes 65
1.7.14 Encanamento e mangueiras para ar comprimido 72
1.7.15 Soldas 72
1.7.16 Moldados de fibra de vidro 73
1.7.17 Reservatórios 74

2 SISTEMA DE TRAÇÃO E FRENAGEM ELÉTRICA 74
2.1 Descrição funcional 74
2.2 Equipamentos de tração e frenagem elétrica 76
2.2.1 Inversor estático de tração 77
2.2.2 Motor de tração em corrente alternada 79
2.2.3 Equipamento de comando e controle de tração e frenagem elétrica 81
2.2.4 Modo tração limitada 85
2.2.5 Resistores de frenagem 86
2.2.6 Equipamento de manobra e proteção 87

3 SISTEMA TRUQUE E SUSPENSÃO 89
3.1 Descrição geral dos truques 89
3.2 Características fundamentais de construção 91
3.3 Estrutura do truque 92
3.4 Suspensão primária, suspensão secundária e válvula de nivelamento 92
3.5 Eixos e rodas 94
3.6 Lubrificador de via embarcado 94
3.7 Caixa e rolamento para rodeiro 95
3.8 Caixa de engrenagens 95
3.9 Acoplamento resiliente 96
3.10 Cilindros, discos e pastilhas de freio 96
3.11 Suspensão do motor 97
3.12 Aterramento 98
3.13 Coletor do terceiro trilho 98
3.14 Ligações mecânicas, elétricas e pneumáticas 99
3.15 Soldas do truque 99
3.16 Ensaio do truque 100
3.16.1 Ensaio Estático 100
3.16.2 Ensaios Dinâmicos 100
3.17 Sistema de Detecção de Rodeiro Desalinhado (Descarrilado) 101

4 SISTEMA CAIXA 102
4.1 Concepção estrutural da caixa 102
4.1.1 Caixa 102
4.1.2 Estrutura da caixa 104
4.1.3 Cabeceira 109
4.1.4 Passagem entre carros 110
4.1.5 Lateral 111
4.1.6 Cobertura 112
4.1.7 Estrutura do estrado 112
4.2 Caixas sob estrado 116
4.3 Ensaios de estanqueidade 117
4.4 Ensaio estrutural da caixa 117
4.5 Revestimento interno 118

4.5.1 Acabamento interno 118
4.5.2 Revestimento do piso 119
4.5.3 Painéis de acabamento 119
4.5.4 Estojos das portas 120
4.6 Revestimento externo 120
4.6.1 Acabamento externo 120
4.6.2 Máscara 121
4.6.3 Identificação do carro 121
4.7 Cabine de condução 122
4.8 Console 123
4.8.1 Monitor central 124
4.8.2 Monitores laterais 125
4.8.3 Comandos e indicadores 127
4.8.4 Módulo de comunicação 128
4.9 Armários elétricos 129
4.9.1 Armários dos carros “A” e “B” 129
4.9.2 Equipamentos do armário elétrico 130
4.10 Colunas e pega-mãos 131
4.11 Bancos 132
4.11.1 Bancos de passageiros 132
4.11.2 Banco do piloto 133
4.11.3 Banco do instrutor 134
4.12 Local para cadeira de rodas 134
4.13 Janelas 134
4.13.1 Fixação das janelas 134
4.13.2 Janelas do salão 135
4.13.3 Para-brisa 135
4.13.4 Janelas laterais da cabine 136
4.13.5 Janelas das portas 136
4.14 Fechaduras e chaves 136
4.15 Limpador de para-brisa 137
4.16 Freio de estacionamento 137

5 SISTEMA DE SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO 139
5.1 Indicador de falha externo lateral 139
5.2 Indicador local para manutenção 139
5.3 Faróis e lanternas 139
5.4 Buzina 140
5.5 Indicador de destino 141
5.6 Iluminação do salão e cabine 141
5.6.1 Luminárias e difusores 141
5.6.2 Iluminação principal 142
5.6.3 Iluminação de emergência 143
5.6.4 Iluminação da cabine de condução 143

6 SISTEMA DE AR REFRIGERADO 144
6.1 Ar refrigerado do salão 144
6.1.1 Alimentação 144
6.1.2 Controle e distribuição do ar refrigerado 145
6.2 Ar refrigerado da cabine 147
6.2.1 Alimentação e controle 147
6.3 Normas aplicáveis 149
6.3.1 Requisitos técnicos 149

7 SISTEMA DE PORTAS 154
7.1 Características gerais 154

7.2 Portas laterais 155
7.3 Portas de serviço e emergência 156
7.4 Comando de portas 158
7.4.1 Funcionamento do botão soco 161
7.4.2 Funcionamento do manípulo de emergência 162
7.4.3 Detecção de obstáculo 162
7.5 Porta lateral da cabine 162
7.6 Porta entre cabine e salão 163

8 SISTEMA DE ACOPLAMENTO 164
8.1 Engates 164
8.1.1 Engates semi-automáticos 164
8.1.2 Engates de barra 164
8.1.3 Conexão elétrica de baixa tensão 165
8.1.4 Conexão elétrica de potência entre carros 165
8.1.5 Conexão elétrica em corrente alternada 380/220 V, trifásico 166
8.1.6 Conexão pneumática entre carros 166

9 SISTEMA DE FRENAGEM POR ATRITO 167
9.1 Equipamento de controle pneumático 168
9.2 Equipamento de comando de freio de atrito 168
9.3 Equipamento de antideslizamento e antipatinagem 170
9.4 Torneira de isolamento do cilindro de freio 171
9.5 Válvula e torneira de isolamento do encanamento principal 171
9.6 Dispositivo de acionamento do freio de emergência 171
9.7 Painel Interno ou Externo de Válvulas 172

10 SISTEMA DE SUPRIMENTO ELÉTRICO 173
10.1 ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA EM CORRENTE ALTERNADA 173
10.1.1 Características Gerais 173
10.1.2 Inversor Estático 174
10.2 ALIMENTAÇÃO DE BAIXA TENSÃO EM CORRENTE CONTÍNUA 178
10.2.1 Alimentação Auxiliar em 72 Vcc 178
10.2.2 Alimentação Auxiliar em 12 Vcc e 24 Vcc 180
10.2.3 Carregadores Dispositivos Eletrônicos (USB) 180
10.2.4 Bateria 181
10.2.4.1 Sistemas alimentados pelo banco de bateria 183

11 SISTEMA DE SUPRIMENTO DE AR COMPRIMIDO 184
11.1 Painel de comando do compressor 185
11.2 Compressor de ar 185
11.3 Reservatórios 185
11.4 Encanamento principal 186
11.5 Unidade de tratamento de ar 186
11.6 Acessórios do sistema de ar comprimido 187
11.6.1 Válvula do tipo tomada rápida 187
11.6.2 Válvulas de retenção 187
11.6.3 Válvula de operação manual 187
11.6.4 Filtros 188

12 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO 189
12.1 Descrição Geral 189
12.2 Requisitos Gerais 189
12.3 Emissão automática de mensagens 192
12.4 Emissão das mensagens via painel de comando na IHM 194
12.5 Painel de comando manual de comunicação 194
12.6 Sonorização 194

12.6.1 Descrição Geral 194
12.6.2 Requisitos Técnico-Operacionais 195
12.6.3 Infraestrutura 197
12.6.4 Captação de áudio 198
12.6.5 Amplificação de áudio 198
12.6.6 Distribuição de áudio 199
12.7 Mapa de Linha Dinâmico 199
12.8 Painel de Comunicação Visual (PCV) 201
12.9 Painel Digital Multimidia (PDM) 202
12.10 Intercomunicação 204
12.10.1 Requisitos Técnico-Operacionais 206
12.11 Painel Indicador de Destino 206
12.11.1 Comunicação Visual Externa ao lado das portas 2 e 5 207
12.12 Radiocomunicação 208
12.13 Interface *ethernet* ou USB 210
12.14 Capacidade de armazenamento das mensagens 211
12.15 Programação e atualização dos eventos 211
12.15.1 Alimentação do sistema 212
12.15.2 Módulo de processamento central 212
12.15.3 Testes de aceitação 213
12.16 Alimentação 214
12.17 Manutenção 214
12.18 Aterramento 215

13 SISTEMA DE MONITORAÇÃO DE FALHAS E REGISTRO DE EVENTOS 217
13.1 Monitoração de falhas e diagnóstico do trem 217
13.1.1 Descrição do sistema 217
13.1.2 Descrição dos módulos 219
13.1.3 Meio físico de transmissão e recepção de dados 221
13.1.4 Sinais processados pelo sistema 222
13.1.5 Monitor de falhas e diagnóstico 224
13.1.6 Ensaios 224
13.2 Registrador de eventos operacionais 224
13.2.1 Módulo registrador 225
13.2.2 Interface analógica e digital 226
13.2.3 Sensor de tacômetro 227
13.2.4 Sinais monitorados 227
13.2.5 Normas técnicas 228
13.2.6 Requisitos de software 228

14 SISTEMA DE VÍDEO VIGILÂNCIA 230
14.1 Descrição geral 230
14.2 Descrição funcional 231
14.2.1 Monitoramento do salão 231
14.2.2 Monitoramento da cabine 231
14.2.3 Monitoramento frontal 231
14.2.4 Retrovisor 231
14.2.5 Alarmes do trem 232
14.2.6 Vigilância 232
14.2.7 Monitoramento de ré 232
14.3 Requisitos gerais 233
14.4 Descrição básica do fornecimento 233
14.5 Softwares 234
14.6 Alimentação do sistema 234
14.7 Características dos monitores 235
14.8 Comunicações 235

14.9 Normas aplicáveis 235
14.10 Características construtivas 236
14.10.1 Câmeras do salão 237
14.10.2 Câmeras externas e da cabine 237
14.11 Testes 239

15 SISTEMA DE DETECÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO 240
15.1 Detecção de incêndio 241
15.2 Combate de incêndio 241
15.3 Extintor de incêndio 243

16 SISTEMA DE SINALIZAÇÃO E CONTROLE DOS TRENS - CBTC 243
16.1 Requisitos Gerais 244
16.2 Arquitetura Embarcada para CBTC 244
16.3 Interoperabilidade, Acesso à Informação e Propriedade Intelectual 245
16.4 CBTC em UTO 245
16.5 Modos de Operação 246
16.5.1 Modo Manual 246
16.5.2 Modo com Proteção Automática de Trens (ATP) 246
16.5.3 Modo de Operação Automática (ATO) 246
16.5.4 Modos Degradados 247
16.6 Requisitos Específicos 247

17 SIMULADOR PARA TREINAMENTO 258
17.1 Objetivos didáticos do sistema 258
17.2 Sistemas que o simulador deverá contemplar 260
17.3 Arquitetura do centro de formação 261
17.3.1 Requisitos do posto de formação 262
17.3.2 Requisitos do posto do instrutor 271
17.3.3 Requisitos do posto de observação 276
17.3.4 Condições da instalação do centro de formação 277
17.4 Modelagem 278
17.4.1 Modelagem dos trens 278
17.4.2 Modelagem das vias 278
17.5 Garantia 279

18 MANUAIS, TREINAMENTO, TESTES E GARANTIA ASSISTIDA 280
18.1 Manuais 280
18.1.1 Manuais de operação 280
18.1.2 Manuais de manutenção 281
18.1.3 *History book* 285
18.1.4 Consolidação da estrutura dos manuais 286
18.2 Treinamento 286
18.2.1 Treinamento de operação 286
18.2.2 Treinamento de manutenção 288
18.3 Ensaios 290
18.3.1 Ensaios em equipamentos 291
18.3.2 Ensaios gerais dos carros/trens prontos 291
18.4 Garantia Assistida 293

19 SOBRESSALENTES 296
19.1 Lista de sobressalente a serem fornecidos pela CONTRATADA 296
19.2 Sobressalentes para apoio no período de garantia assistida 296
19.3 Desenhos e detalhes dos sobressalentes 297
19.4 Continuidade da fabricação de peças no futuro 297
19.5 Modificações e impactos em sobressalentes 297
19.6 Recepção de sobressalentes 297

19.7 Prazo de entrega e garantia dos sobressalentes 298
20 FERRAMENTAS E DISPOSITIVOS ESPECIAIS 299
20.1 Condições Gerais para o Fornecimento das Ferramentas e Dispositivos Especiais 299

1 CONCEPÇÃO BÁSICA DE PROJETO

1.1 OBJETIVO

Este documento tem como objetivo definir as características técnicas, funcionais e os requisitos mínimos para o fornecimento dos carros de passageiros para a Linha 1 do Sistema Metroviário do Distrito Federal – DF.

1.2 GLOSSÁRIO

1.2.1 Acrônimos

AAR: Association of American Railroads;

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas;

AISI: American Iron and Steel Institute;

ANSI: American National Standards Institute;

ASTM: American Society for Test and Materials;

ATO: Automatic Trem Operation (modo de operação automático à frente);

AWS: American Welding Society;

BS: British Standard;

BSS: Boeing Specification Support Standard;

CEN: European Committee for Standardization;

CENELEC: European Committee for Electrotechnical Standardization;

DIN: Deutsche Norm (Deutsches Institut fur Normung);

EN: Norma da União Europeia (*European Standard*);

FRA: Federal Railroad Administration;

IEC: International Electrotechnical Comission;

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers;

ISO: International Standards Organization;

MIL-STD: Military Standard (USA);

MVB: Multifunction Vehicle Bus (Rede de Comunicação do Trem);

MKBF: Média de Quilômetros entre Falhas (Mean Kilometers Between Failures);

NBR: Norma Brasileira;

NF: Norma Francesa (*Norme Francaise*);

NFPA: National Fire Protection Association;

SAE: Society of Automotive Engineers;

UIC: Union Internationale des Chamins de Fer;

UL: Underwriters Laboratories.

1.2.2 Definições

CDMS: Confiabilidade, Disponibilidade, Mantenabilidade e Segurança;

CCO: Centro de Controle Operacional;

SCC: Sistema de Controle Centralizado;

CBTC: Communication Based Train Control (Controle de Trem Baseado em Comunicação);

DCS: Data Communication System;

Contratada: empresa vencedora da licitação objeto desta especificação;

Contratante: empresa que esta contratando (Companhia do Metropolitano do Distrito Federal - METRÔ-DF) os produtos e serviços especificados neste documento;

Proponente: empresa que fez ou fará uma proposta para fornecimento de produtos e serviços especificados neste documento;

Ethernet: padrão de rede, baseada em cabos de par trançado, na qual os dados trafegam até uma velocidade de 10 Mbits por segundo;

Fast Ethernet: padrão da rede *Ethernet* na qual os dados trafegam até uma velocidade de 100 Mbits por segundo;

Gigabit Ethernet: padrão de rede *Ethernet*, na qual os dados trafegam com velocidade de transmissão de até 1 Gigabit por segundo;

Pátio: o local destinado à manutenção, manobra e estacionamento de trens;

Rede: conjunto de equipamentos que conecta um grupo de pontos de acessos, estações e nós;

Sonofletor: termo que define, neste projeto, uma caixa acústica ou uma corneta acústica;

TCP/IP: conjunto de protocolos de comunicação entre equipamentos em rede utilizados na Internet e redes privativas como intranet;

Vias: Regiões de circulação dos Trens e Veículos Auxiliares, incluindo todos os túneis, os nichos, estacionamentos de trens, poços de ventilação, poços de alívio e saídas de emergência;

Zona de Transferência: região limítrofe entre a Via e o Pátio;

TCMS: Sistema de Monitoramento, Comando e Controle do Trem;

Carregamento AW0: Trem/Carro em tara;

Carregamento AW1: Trem/Carro em tara mais passageiros sentados;

Carregamento AW2: Trem/Carro em tara mais passageiros sentados mais carregamento de 04 passageiros em pé por metro quadrado;

Carregamento AW3: Nível de conforto. Trem/Carro em tara mais passageiros sentados mais carregamento de 06 passageiros em pé por metro quadrado;

Carregamento AW4: Nível de desempenho de tração. Trem/Carro em tara mais passageiros sentados mais carregamento de 08 passageiros em pé por metro quadrado;

Carregamento AW5: Nível de desempenho de frenagem de atrito e estrutural. Trem/Carro em tara mais passageiros sentados mais carregamento de 10 passageiros em pé por metro quadrado;

SIG (GIS): Sistema de Informações Geográficas (*Geographic Information System*);

MCS: *Manual Cab Signal* (modo de operação semi-manual à frente);

IHM: Interface Homem Máquina;

Manutenção Preventiva: Modo de rotina que consiste em atuações programadas e periódicas, conforme planos de manutenção;

MTBF: Tempo médio entre Falhas. (*Mean Time Between Failure*).

1.3 ESCOPO

1.3.1 Objeto do fornecimento

Esta especificação tem como objeto o fornecimento de trens, composto por 4 carros, para o METRÔ-DF (Companhia do Metropolitano do Distrito Federal).

Como objetivo, esta especificação descreve as características técnicas gerais dos trens/carros de passageiros a serem adquiridos pelo METRÔ-DF, para o sistema metroviário do Distrito Federal.

Este documento fornece as características básicas do projeto necessárias à perfeita compreensão, possibilitando a análise detalhada do trem, dos carros, dos sistemas e equipamentos.

Além dos requisitos particulares especificados, os equipamentos fornecidos ao METRÔ-DF deverão estar de acordo com os requisitos gerais estipulados a seguir.

1.3.2 Tipo de carro

Todos os carros deverão ter os eixos motorizados e ser de dois tipos, a saber:

- Carro “A” – com cabine de condução, equipamento de sinalização e controle CBTC/ATO (*Automatic Train Control/Operation*) de bordo, sistema de radiotelefonia, Sistema Central de Videomonitoramento (Externo e Salão) e conjunto de bateria ou grupo compressor;

- Carro “B” – sem cabine de condução, com grupo compressor ou conjunto de bateria.

Os trens deverão ser formados por meio de acoplamento de carros “A” e “B” segundo a seguinte configuração:

- Trens de 4 carros: “A” + “B” + “B” + “A”.

Todos os carros do mesmo tipo deverão ser intercambiáveis entre si.

1.3.3 Configuração física do carro

A configuração física do carro, mostrando a localização dos bancos, luminárias, colunas, pega-mãos, e demais itens deverá ser definida na fase de projeto conceitual.

1.3.4 Teste e diagnóstico

Os equipamentos ou sistemas, abaixo discriminados, mas não se limitando a estes, deverão possuir conector para equipamentos de teste e diagnóstico automatizado:

- Equipamento de comando e controle de tração e frenagem elétrica;
- Equipamento de comando de frenagem por atrito, incluindo o sistema de antideslizamento;
- Equipamento de comando de portas.
- Sistema de Ar Condicionado;
- Sistema de Alimentação Auxiliar;
- Ar-Comprimido;
- TCMS;
- Vídeo Vigilância;
- Sistema de sinalização CBTC

O acesso do equipamento de teste e diagnóstico aos equipamentos do carro deverá ser feito através de conectores, instalados em cada equipamento em seu lado externo. Deverá ser verificada a possibilidade de os equipamentos possuírem um único e comum modelo de conector. Preferencialmente, deverão ser providos de conectores padrão *ethernet*, que servirá para análise, teste e diagnóstico automatizado. Para os casos onde não houver essa possibilidade de conexão, o

conector deverá ser do tipo USB que poderá ser utilizado para carregamento e descarregamento de informações e/ou habilitação de comunicação serial.

Os equipamentos de teste e diagnóstico deverão ter acesso aos principais sinais de entrada, saída e códigos de defeito, comando e controle dos equipamentos, de modo a possibilitar um diagnóstico ordenado, para se determinar o componente ou módulo defeituoso.

O controlador de cada sistema deve possuir software de manutenção que poderá ser acessado através da rede *Ethernet* do trem ou via RCTT (Rede de Comunicação Terra-Trem). O software deve permitir o monitoramento e visualização de todos os valores dos sensores que compõem o referido sistema, coleta de dados das falhas registradas pelo controlador do sistema e atualização de software remotamente.

O controlador do sistema deve enviar ao TCMS as variáveis de controles e valores dos sensores que compõem o sistema, sendo necessário o envio medido das variáveis elétricas e mecânicas para controle dos principais equipamentos do sistema.

1.3.5 Documentos técnicos

A CONTRATADA deverá fornecer todos os documentos e desenhos inerentes ao projeto, à manutenção, à operação e ao treinamento, escritos em português do Brasil. Nas versões iniciais e intermediárias, os documentos devem ser enviados em formato eletrônico. Nas versões finais, em duas vias em papel, assinadas, e em arquivo eletrônico assinado digitalmente. O formato (*software*) utilizado para geração dos documentos em arquivo eletrônico deverá ser previamente aprovado pelo METRÔ-DF. Deverão ser fornecidos todos os documentos e desenhos para aprovação do projeto, manutenção e operação do trem. Os documentos técnicos e os seus respectivos prazos de entrega deverão estar indicados no Cronograma Físico-Financeiro contratual. A CONTRATADA deverá fornecer, sem ônus ao METRÔ-DF, a documentação adicional que se faça necessária aos serviços de manutenção, pelo prazo de até 3 anos, após a emissão do CRD (Certificado de Recebimento Definitivo).

As revisões dos desenhos e documentos técnicos deverão ser acompanhadas de memoriais descritivos da alteração que deram causa à nova versão.

Deverão estar disponíveis na fábrica e nos subfornecedores os documentos e desenhos que sejam necessários para a inspeção e o acompanhamento de fabricação.

Deverão ser fornecidos os documentos técnicos (desenhos, catálogos, catálogos eletrônicos, especificações, instruções de engenharia, procedimentos e outros) e *softwares* que se referirem aos equipamentos, dispositivos e ferramentas especiais, inclusive os supridos pelos subfornecedores.

Deverão ser fornecidos os desenhos, *layout* (trilhas e componentes) e *softwares* necessários à reparação em bancada. Os diagramas elétricos dos circuitos eletrônicos deverão ter a indicação da revisão dos circuitos físicos dos cartões ou módulos.

Além dos esquemas elétricos funcionais do trem, a CONTRATADA deverá entregar a documentação de equipamentos eletrônicos e *softwares*.

Para os sistemas que utilizem microprocessadores e módulos eletrônicos, deverá ser previsto o fornecimento dos seguintes documentos:

- Esquemas elétricos dos cartões de circuitos impressos de cada um dos equipamentos pertinentes;
- Desenhos da disposição dos componentes dos cartões;
- Lista de materiais com as características de cada componente;
- Esquemas funcionais com as respectivas interligações elétricas entre os módulos dos equipamentos e dos sistemas;
- Arquivos dos programas executáveis na versão atualizada, instalada nos equipamentos do trem, de modo a permitir a manutenção, quando da necessidade de substituição e consequente reprogramação dos dispositivos programáveis;

- Descrição detalhada dos *softwares* (fluxograma, pseudocódigos e listagem do programa) de forma a permitir o conhecimento detalhado da lógica implementada no programa, para o desenvolvimento do treinamento e pesquisas de falhas.

A CONTRATADA deverá fornecer as informações necessárias para a correta operação e manutenção dos equipamentos fornecidos, conforme disposto na norma NBR-11883. Toda e qualquer análise que se queira efetuar sob o título de requisitos de segurança, desempenho, confiabilidade e outros, deverá ser realizada, preferencialmente, em conjunto com a CONTRATADA e/ou subfornecedor, dentro dos procedimentos de sigilo industrial destas.

Deverão ser apresentados fluxogramas detalhados dos programas de funcionamento dos sistemas radiotelefonia, videomonitoramento, tração e freio elétrico, independente do citado no parágrafo anterior no que se refere à propriedade industrial.

1.3.5.1 Modelos Tridimensionais

Adicionalmente, deverão ser fornecidos os modelos tridimensionais (3D) dos principais componentes do trem, em formato aberto e interoperável compatível com plataformas BIM (Building Information Modeling), contendo todos os metadados técnicos relevantes (dimensões, materiais, tolerâncias, códigos de peças e interfaces de montagem). Esses modelos deverão garantir a consistência, a interoperabilidade, a rastreabilidade e a confiabilidade das informações ao longo de todo o ciclo de vida do ativo.

O **LOD 300** será exigido como padrão contratual para todos os componentes, pois caracteriza-se por modelos com dimensões e posicionamento precisos em relação ao projeto, com nível de detalhe suficiente para análises, integração BIM, planejamento de manutenção e estimativas de custo e prazo. Os elementos representados neste nível já estão geometricamente definidos e contêm informações essenciais como materiais, códigos e especificações principais. Por exemplo, um motor pode estar representado com volume e dimensões corretas, porém sem detalhes internos, enquanto um sistema de freio pode ser mostrado como um conjunto sem todos os parafusos ou sensores.

O **LOD 400**, que acrescenta maior precisão, informações construtivas completas, detalhes de fabricação, tolerâncias e interfaces finais, será exigido apenas para componentes previamente identificados como críticos. Nessa categoria deverão ser incluídos, por exemplo, itens de borracha, peças de fibra de vidro, plásticos moldados ou outros elementos cuja fabricação futura possa ser realizada pelo METRÔ-DF ou que sejam estratégicos para manutenção, fabricação local ou modificação futura. Para estes componentes, o modelo deverá conter informações suficientes para viabilizar a fabricação independente, caso necessário.

Essa diferenciação permitirá ao METRÔ-DF concentrar esforços e detalhamento onde realmente é necessário, reduzindo custos e agilizando entregas, sem comprometer a qualidade das informações. A relação completa dos componentes que deverão ser entregues em LOD 400 está apresentada a seguir, e poderá ser complementada pela área técnica durante a elaboração dos projetos executivos:

i. Caixa

   a. Estrutura da carroceria – LOD 300

   b. Máscara do Trem – LOD 400

   c. Salão de passageiros:

      - Pega-mãos e áreas PCD – LOD 300
      - Bancos - LOD 400

   d. Cabines de condução: Consoles, IHM, banco de piloto, armários – LOD 300

   e. Gangways – LOD 300

   f. Portas laterais (salão de passageiros) – LOD 400

   g. Portas de serviço e emergência – LOD 400

   h. Sistema de ar-condicionado (unidades chassis e dutos) – LOD 300

   i. Sistema de ventilação de emergência – LOD 300

   j. Sistema de iluminação – LOD 300

k. Painéis de comunicação (mapas, PDM, destino) – LOD 300

l. Sistema de sonorização e comunicação – LOD 300

m. Sistema de CFTV – LOD 300

n. Armários elétricos (caixa geral e portas de acesso) – LOD 400 (portas) / LOD 300 (restante)

o. Detecção e combate a incêndio – LOD 300

p. Janelas, vidros, para-brisas e guarnições – LOD 400

q. Revestimentos internos e isolamento – LOD 300

r. Acabamentos externos – LOD 300

s. Cablagens superiores – LOD 300

t. Estrado

ii. Truques:

a. Estrutura dos truques, rodas, eixos, caixas de engrenagens, discos, sapatas de freio, coletor de 3º trilho, fusíveis, suspensão primária, suspensão secundária, acoplamento resiliente – LOD 400

b. Sensores, lubrificadores – LOD 300

c. Motores de tração – LOD 300

d. Rolamentos – LOD 300

iii. Sistema de tração (inversores, controle, resistores de frenagem) – LOD 300

iv. Sistema de frenagem por atrito (cilindros, válvulas, controle, antideslizamento) – LOD 300

v. Sistema pneumático (compressores, reservatórios, tubulações e unidades de tratamento) – LOD 300

vi. Sistema de suprimento elétrico (CVS, caixas de baterias, baixa tensão) – LOD 300

vii. Sistema de sinalização e controle (antenas, balizas) – LOD 300

viii. Sistema de monitoramento de via (câmeras e sensores) – LOD 300

ix. Sistema de acoplamento (engates automáticos e barras) – LOD 400

x. Proteções inferiores (chapas defletoras, suportes) – LOD 300

xi. Cablagens e dutos inferiores (cabos jumper e sinalização/controle) – LOD 400 (jumpers) / LOD 300 (restante)

A entrega dos modelos LOD 300 deverá ocorrer ao final do projeto executivo, enquanto os modelos LOD 400 (apenas para os itens listados) deverão ser apresentados em sua versão final antes da fabricação dos componentes, permitindo ao METRÔ-DF validar a consistência e a rastreabilidade das informações.

1.3.6 Segurança

A segurança dos passageiros e de todos os envolvidos na operação ou na manutenção deverá ser prioritariamente considerada na elaboração do projeto conceitual. As medidas de segurança deverão ser adotadas, conforme esta especificação ou recomendadas pelas normas vigentes, ou ainda, nos casos não previstos serão definidas a critério do METRÔ-DF.

1.3.7 Facilidades de manutenção e operação

Os equipamentos e componentes deverão ter fácil acesso para a manutenção, inspeção, lubrificação, limpeza e desmontagem.

As instalações deverão ser robustas e montadas, preferencialmente, com o auxílio de ferramentas convencionais. Quando houver a necessidade poderão ser utilizadas ferramentas específicas, as quais deverão fazer parte deste fornecimento e a quantidade deverá ser definida na fase de projeto conceitual.

Os conjuntos, que por sua natureza sejam mais complexos, deverão ser montados em módulos de fácil e rápida remoção.

As fiações e cablagens deverão ser projetadas de modo a não interferirem na remoção de componentes, painéis, módulos e equipamentos.

Os módulos do tipo encaixe por conector deverão possuir guias e travas que impeçam o esforço mecânico sobre os pinos do conector, assim como desencaixe acidental do módulo por vibração.

Conectores que sejam aparentemente iguais e estejam localizados próximos um ao outro, estes deverão ter intertravamento de modo a evitar que ocorram erros de conexão.

Não deverão ser fixados componentes, painéis ou equipamentos através de buchas plásticas.

Na fixação dos componentes, deverão ser observados os aspectos de redução do tempo de atuação e otimização do uso de mão de obra, utilizando preferencialmente, e sempre que possível, apenas uma única pessoa na atuação.

Todos os equipamentos mecânicos ou eletromecânicos deverão ser projetados de modo que as suas manutenções preventivas ocorram em intervalos iguais ou múltiplos da inspeção periódica.

Deverá ser fornecido um plano de manutenção preventiva, preditiva e de manutenção especial (revisão geral), com seus corretos períodos de utilização, preferencialmente em quilometragem, para todos os sistemas, inclusive para a carroceria, indicando ainda, a lista de componentes necessários a esta manutenção e de limpeza do trem.

Os dispositivos operacionais nos trens deverão ser padronizados quanto à localização, identificação, cor, formato e modo de atuação, visando à intervenção rápida e segura da operação.

Para facilitar a operação, os equipamentos operacionais deverão estar localizados de tal modo que possam ser operados, mesmo que o carro apresente total ocupação. Situações relacionadas ao assunto em questão serão abordadas em seus itens específicos, neste documento.

A CONTRATADA deverá fornecer lista e especificação completa de componentes de todos os equipamentos dos Sistemas e Subsistemas do Trem, indicando códigos e fornecedores de referência no mercado.

1.3.8 Continuidade operativa e remoção de trens

No projeto dos comandos e controles dos equipamentos, na sua instalação e dos componentes, deverá ser considerado com extremo cuidado o fato de que defeitos ocorridos em um carro permaneçam estanques neste, prejudicando o

mínimo possível a operação do trem evitando-se por paralisá-lo. Em certos casos, este requisito torna-se particularmente difícil de ser conseguido, como por exemplo, nos *trainlines* elétricos e encanamentos ao longo do trem. Quando em um trem em operação ocorrer uma falha que o paralise, este deverá ser rebocado e/ou empurrado por outra unidade até o pátio de manutenção, ou para algum outro ponto pré-determinado, com facilidade e segurança para sua retirada.

1.3.9 CBTC

O Material Rodante a ser fornecido deverá ser projetado, fabricado e entregue de forma compatível com a futura implantação do Sistema de Controle de Trens Baseado em Comunicações (CBTC) no METRÔ-DF. Ressalta-se expressamente que os equipamentos CBTC embarcados, assim como os equipamentos de via, os sistemas centrais e o projeto de implantação do CBTC, não integram o escopo desta contratação, sendo objeto de licitação específica e independente, a ser realizada em procedimento próprio pelo METRÔ-DF.

Dessa forma, esta Especificação Técnica não define o sistema CBTC a ser adotado, nem estabelece soluções tecnológicas proprietárias, limitando-se a fixar os requisitos mínimos necessários para que o Material Rodante possa ser integrado, sem restrições, a qualquer sistema CBTC que venha a ser contratado pelo METRÔ-DF, desde que compatível com padrões internacionalmente reconhecidos no setor metroferroviário e às normas relacionadas a esse sistema.

O projeto do Material Rodante deverá garantir a existência de todas as interfaces técnicas necessárias à integração com o sistema CBTC, incluindo aquelas relacionadas aos sistemas de tração, frenagem, portas, controle e monitoramento do trem (TCMS) e posto de condução. O fabricante do Material Rodante não poderá impor limitações de natureza técnica, tecnológica ou relacionadas à propriedade industrial que impeçam ou dificultem o fornecimento das informações, sinais e dados necessários à integração com o CBTC.

Da mesma forma, o futuro fornecedor do sistema CBTC deverá assegurar a plena integração de sua solução com o Material Rodante adquirido pelo METRÔ-DF, comprometendo-se a disponibilizar todas as informações técnicas necessárias ao correto funcionamento conjunto dos sistemas, não sendo admitida a imposição de restrições que inviabilizem ou onerem essa integração.

Adicionalmente, o Material Rodante deverá ser fornecido com capacidade técnica para operar em ambiente totalmente automatizado, suportando a operação com sistema CBTC até o nível GoA-4, possibilitando a Operação Totalmente Automatizada – UTO (Unattended Train Operation). A efetiva implantação do CBTC e a definição do nível de automação a ser adotado permanecerão condicionadas às decisões estratégicas do METRÔ-DF e à contratação futura do sistema.

Ressalta-se que, embora o Material Rodante deva ser projetado e fornecido de modo a suportar tecnicamente a operação do sistema CBTC até o nível GoA-4, a infraestrutura atualmente existente no METRÔ-DF não permite a circulação de trens em operação totalmente automatizada, uma vez que não dispõe, neste momento, de sistemas auxiliares indispensáveis a esse nível de automação, tais como portas de plataforma e outros dispositivos de mitigação de riscos associados à operação realizada sem a intervenção do piloto.

Dessa forma, o Material Rodante deverá estar tecnicamente apto a operar em GoA-4, sem necessidade de modificações estruturais futuras, porém sua operação efetiva ocorrerá de acordo com os níveis de automação compatíveis com os sistemas auxiliares e a infraestrutura disponíveis no Metrô-DF em cada fase de implantação. A evolução do nível de automação dependerá da implementação desses sistemas complementares e das decisões estratégicas da Companhia, não constituindo obrigação imediata de operação em GoA-4 no âmbito desta contratação.

1.4 Desempenho

1.4.1 Condições operacionais

O movimento dos trens deverá ser controlado por sistema de sinalização e controle, CBTC/ATO de bordo, objetivando o máximo de segurança, utilização das vias e conforto para os usuários. Os trens deverão ser projetados para uma velocidade máxima de 100 km/h.

1.4.2 Ciclos de manutenção

Os carros, objeto desta especificação, deverão ser projetados para operação contínua, durante 21 horas diárias.

Os carros deverão ser projetados e construídos (desenvolvidos) de modo a terem vida útil mínima de 30 anos, dentro das condições de operação descritas nesta especificação e das condições de manutenção constantes do parágrafo seguinte.

O ciclo de manutenção periódica mínima requerida deverá ser igual ou maior, que 10.000 km de operação. Deste modo, todos os equipamentos mecânicos e eletromecânicos deverão ser projetados de modo que suas manutenções preventivas ocorram em intervalos iguais ou múltiplos do valor mínimo.

Exemplo: Se o valor mínimo for definido como 15.000 km, então os equipamentos poderão sofrer manutenção periódica a cada 15.000 km ou 30.000 km ou 45.000 km e assim por diante, não sendo aceitável indicação de necessidades de manutenção periódica fora dessas quilometragens.

O ciclo de manutenção especial (desmontagem de caixa, desmontagem dos truques e motores de tração, reparos de carroceria e pintura e outros) deverá ser de, no mínimo, 500.000 km de operação. Deste modo, todos os equipamentos mecânicos e eletromecânicos deverão ser projetados de modo que suas manutenções preventivas ocorram em intervalos iguais ou múltiplos da inspeção periódica.

Os carros deverão ser projetados para que as intempéries a que eles estarão sujeitos durante o serviço não causem nenhuma perturbação no seu funcionamento e não provoquem nenhuma fadiga anormal às peças de que se constituem. Uma atenção especial deverá ser dada aos problemas de vedação e corrosão, inclusive no que diz respeito à limpeza interna e externa do trem.

1.4.3 Desempenho da tração

O trem em condição de carga normal, em via tangente e em nível, deverá possuir aceleração inicial de partida de 1,12 m/s² ± 0,06 m/s², de modo que, em propulsão máxima, este deverá atingir a velocidade de 80 km/h em um intervalo de tempo inferior a 33 s, sendo esse tempo contado a partir do instante em que o trem está em modo de propulsão.

Para o desempenho de tração deverá ser considerado o nível de carregamento AW 4 (8 passageiros/m^2).

A variação da aceleração com o tempo (solavanco) deverá ser de 1 m/s³, devendo permitir a escolha de outros valores compreendidos entre 0,5 m/s³ e 1,5 m/s³.

1.4.4 Desempenho da frenagem

1.4.4.1 Frenagem de serviço

O projeto deverá prever os seguintes tipos de frenagem de serviço:

- Frenagem por atrito;
- Frenagem elétrica.

Em qualquer uma das condições acima descritas, a desaceleração deverá ser constante e a frenagem máxima de serviço, deverá ser igual a 1,20 m/s² (-0,00 m/s²; +0,24 m/s²) considerando um carregamento AW5, independente da velocidade em que estiver o trem, considerando a via em tangente e nível e, desconsiderando as resistências ao movimento.

A variação da desaceleração com o tempo deverá ser de 1 m/s³, devendo permitir a escolha de outros valores compreendidos entre 0,5 m/s³ e 1,5 m/s³.

1.4.4.2 Frenagem de emergência

A frenagem de emergência deverá ser apenas por atrito, realizada através de equipamentos e componentes de alta confiabilidade e robustez, em circuitos elétricos e/ou pneumáticos redundantes.

O valor da desaceleração, em condições de emergência, deverá ser de 1,50 m/s² (-0,00 m/s²; +0,20 m/s²) considerando um carregamento AW5, para a faixa de velocidade compreendida entre 80 km/h e 0 km/h.

Os valores acima são considerados para a via em tangente e nível e, não sendo consideradas as resistências ao movimento.

1.4.4.3 Frenagem de serviço em nível de emergência

O valor da desaceleração em nível de emergência deverá ser de 1,50 m/s² (-0,00 m/s²; +0,20 m/s²) para a faixa de velocidade compreendida entre 80 km/h e 0 km/h, obedecendo às mesmas condições descritas para frenagem de emergência (item 1.4.4.2).

A frenagem de serviço em nível de emergência deverá ser por atrito e aplicada pelo sistema de proteção automática.

1.4.5 Tempos de resposta

Para efeito de tempo de resposta, os componentes e equipamentos deverão ser considerados em condições de máximo desgaste e máxima folga.

O intervalo de tempo decorrido entre o comando de frenagem de serviço e o instante em que a pressão nos cilindros de freio atinge 10 % do seu valor nominal, deverá ser inferior a 0,5 s.

Já o intervalo de tempo entre o comando de frenagem de serviço e o instante em que a pressão nos cilindros de freio atinge 90 % do seu valor nominal, deverá ser inferior a 2 s.

No caso de frenagem de emergência, o intervalo de tempo decorrido entre a aplicação de emergência, por qualquer um dos meios disponíveis, e o instante em que a pressão nos cilindros de freio atinge 90 % do seu valor nominal, deverá ser inferior a 2,5 s.

Considerando as diversas condições de solavanco estabelecidas, o intervalo de tempo de transição de máximo freio elétrico e máxima tração, isto é, máxima corrente de frenagem até a máxima corrente de tração nos motores e vice-versa, deverá ser inferior a 2,5 s.

Os tempos de resposta acima descritos deverão ser considerados a partir do sinal de comando, tanto para o trem com máxima lotação, como para o trem vazio.

1.4.6 Simulação de marcha

Simulação de marcha determinando a corrente RMS e potência do motor e apresentando as curvas de tensão, corrente de linha, corrente de motor, aceleração e esforço em função da velocidade nos modos tração e freio elétrico para carga de AW4 (8 passageiros/m^2).

1.4.7 Gabarito estático e dinâmico

O gabarito estático é a linha que contém o contorno do carro e tem como função ser a referência para o seu desenvolvimento.

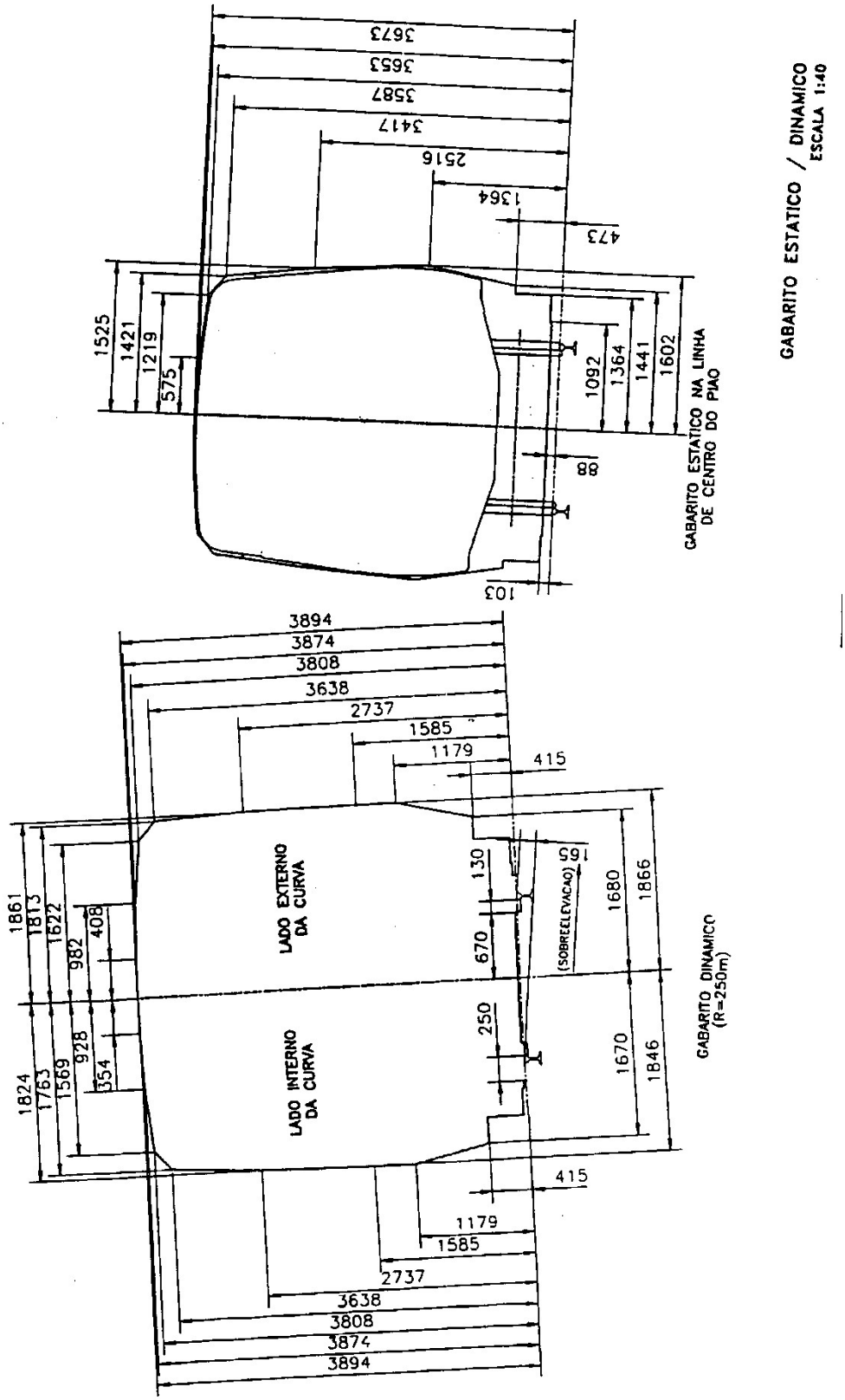
O gabarito dinâmico é a linha que contém a movimentação da seção transversal do carro em relação à linha de centro dos trilhos e o topo do boleto dos trilhos, considerando as piores condições de operação. Deste modo é a referência para a construção da via, bem como para a instalação dos diversos dispositivos e equipamentos que compõem o sistema viário.

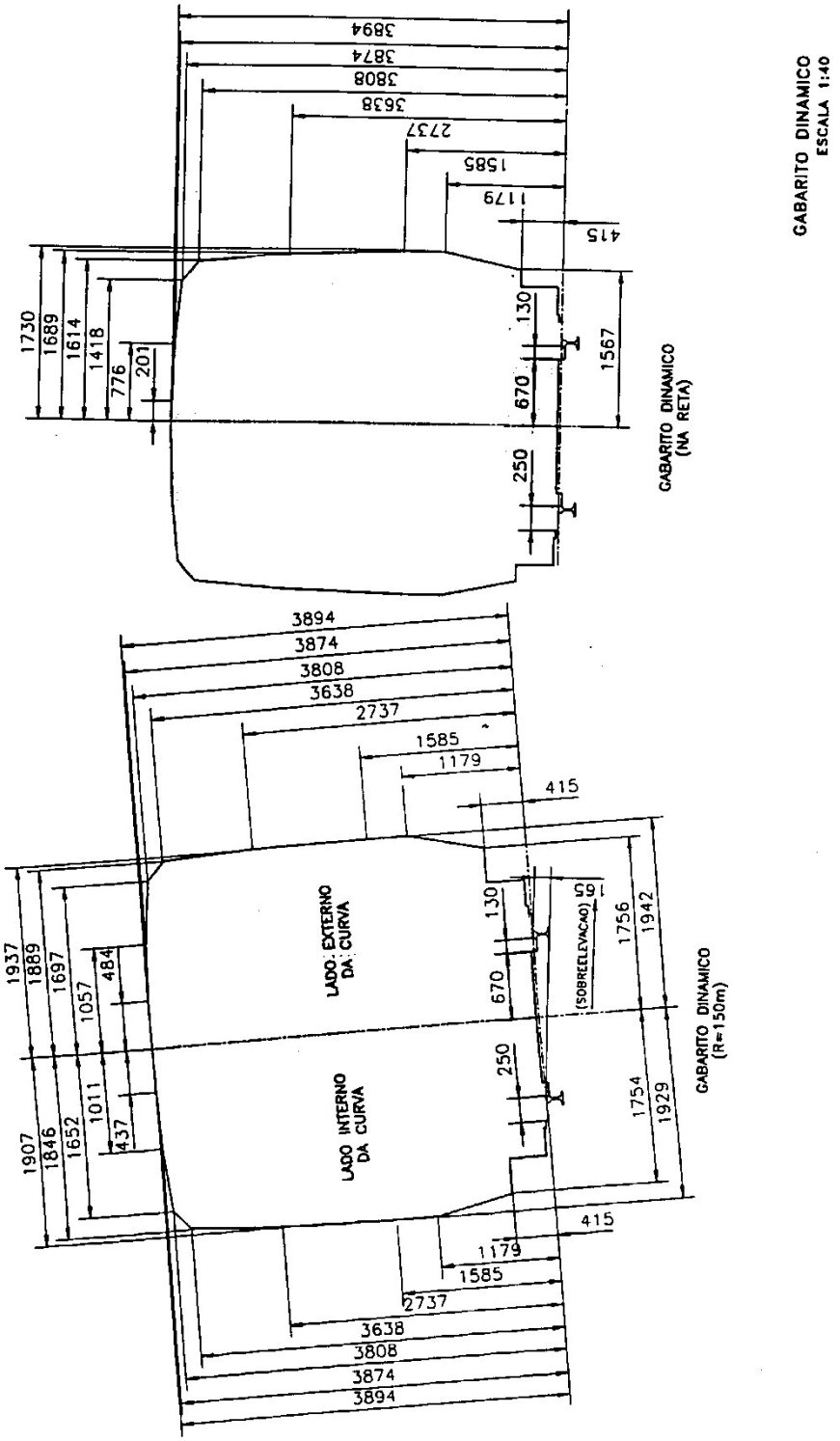
Para o cálculo dos gabaritos foram consideradas as seguintes condições:

- Raio vertical mínimo da via: 1.000 m;
- Raio mínimo em pátio: 150 m;
- Raio mínimo em via: 250 m;
- Sobre-elevação máxima da via: 165 mm;
- Desgaste da roda no raio: 38 mm;
- Oscilações da caixa em função do curso das suspensões e folgas laterais do truque;
- Deslocamentos geométricos devido à inscrição do carro em curvas, nos raios referenciados acima;
- Espaço necessário para recarrilamento do carro (folga na parte superior da caixa).

Ver os desenhos dos gabaritos estáticos e dinâmicos do material rodante apresentados a seguir.

Nota: Dimensões estão apresentadas em mm, exceto quando indicado.


GABARITO ESTÁTICO / DINÂMICO
ESCALA 1:40
3673
3653
3587
3417
2516
1364
473
1525
1421
1219
575
1092
1364
1441
1602
88
103
GABARITO ESTÁTICO NA LINHA DE CENTRO DO PIÃO
3894
3874
3808
3638
2737
1585
1179
415
LADO EXTERNO DA CURVA
LADO INTERNO DA CURVA
1861
1813
1622
982
408
1824
1763
1569
928
354
130
165
(SOBREELEVAÇÃO)
670
250
1680
1866
1670
1846
GABARITO DINÂMICO (R=250m)
415
1179
1585
2737
3638
3808
3874
3894


GABARITO DINAMICO
ESCALA 1:40
3894
3874
3808
3638
2737
1585
1179
415
1730
1689
1614
1418
776
201
130
670
1567
250
GABARITO DINAMICO
(NA RETA)
LADO EXTERNO
DA CURVA
LADO INTERNO
DA CURVA
1937
1889
1697
1057
484
1907
1846
1652
1011
437
65
(SOBREELEVAÇÃO)
1756
1942
1754
1929
GABARITO DINAMICO
(R=150m)

1.5 Parâmetros de projeto

1.5.1 Alimentação elétrica

A energia elétrica deverá ser fornecida aos carros através do terceiro trilho e captada por intermédio de sapatas coletoras.

A tensão do terceiro trilho deverá ser em corrente contínua e obedecer aos seguintes valores:

- Tensão nominal: 750 V;
- Tensão máxima: 900 V;
- Tensão mínima: 500 V.

Todo equipamento alimentado diretamente pelo terceiro trilho deverá operar, satisfatoriamente, em qualquer valor de tensão entre 500 V e 900 V, mesmo ocorrendo variações bruscas de valores contidos nesta faixa.

1.5.2 Tensão de serviço auxiliar

Deverão existir três tipos de tensão de serviço auxiliar nos carros:

- Sistema de corrente alternada, trifásica, de neutro aterrado, com tensão nominal entre fases de 380 V, em frequência industrial de 60 Hz ± 5 %;
- Sistema de corrente contínua, constituído pelo conjunto bateria-retificador, com tensão nominal de 72 V (máxima 90 V e mínima 50,4 V). Os equipamentos alimentados pela rede de corrente contínua deverão operar, satisfatoriamente, em qualquer valor de tensão entre 50 V e 90 V;
- Sistema de alimentação corrente contínua, com tensão de saída de 24 V ± 1,5 V para faróis, lanternas e limpador de pára-brisa.

1.5.3 Capacidade de transporte

A capacidade estimada, para os carros, deverá atender as condições de carregamento abaixo descritas:

- Normal (6 passageiros/m²)

  Carro “A”: 39 passageiros sentados + 211 em pé;

  Carro “B”: 48 passageiros sentados + 223 em pé.

- Máxima (8 passageiros/m²)

  Carro “A”: 39 passageiros sentados + 281 em pé;

  Carro “B”: 48 passageiros sentados + 298 em pé.

- Excepcional (10 passageiros/m²)

  Carro “A”: 39 passageiros sentados + 352 em pé;

  Carro “B”: 48 passageiros sentados + 372 em pé.

Qualquer proposta de alteração com relação aos números acima deverá ser submetida à aprovação do METRÔ-DF, ainda na fase de projeto.

Em função de exigências legais, deverá ser previsto no salão, local específico para acomodação de portadores de necessidades especiais, devendo este local ser definido pelo METRÔ-DF.

1.5.4 Ruídos eletromagnéticos

Todos os equipamentos deverão ser projetados de modo a suprimir e garantir sua imunidade contra interferências eletromagnéticas externas que possam causar alterações no funcionamento correto desses. O projeto deverá garantir que as radiações emitidas não provoquem perturbações no espectro de frequência de funcionamento do sistema CBTC/ATO de bordo.

Os módulos, cabos e conectores deverão ter blindagens, que evitem a emissão ou a recepção de interferências eletromagnéticas.

A emissão de ruídos eletromagnéticos deverá atender à norma EN-50121 ou outra norma equivalente, desde que com metodologia e resultados compatíveis.

1.5.5 Nível de ruído

Todos os equipamentos, sistemas e demais elementos que compõem os carros deverão ser projetados, executados e instalados com especial atenção quanto a seu desempenho acústico, de modo a garantir conforto aos passageiros e piloto, de acordo com as normas vigentes.

Os níveis de ruído deverão atender às normas NBR-13067 e NBR-13068, observando os limites estabelecidos na norma NR-15, considerando os níveis de conforto acústico no interior dos carros, salões e cabines, plataformas e ambientes

externos, trafegando vazio em qualquer velocidade na faixa de 0 km/h a 80 km/h, sobre via assentada em concreto ou lastro.

1.5.6 Vibrações e choques

Os componentes montados na caixa deverão ser projetados para suportar vibrações menores ou iguais a 0,2 g com frequência de até 100 Hz e, cargas de choque de 2 g, com direções aleatórias, ocorrendo 50 vezes por dia e devem respeitar a norma IEC 61373.

Os componentes montados na armação do truque deverão ser projetados para suportar vibrações, em todas as direções, menores ou iguais a 4 g em frequência de até 100 Hz e, cargas de choque de, pelo menos, 12 g verticalmente e 6 g horizontalmente, ocorrendo 50 vezes por dia.

Os componentes montados no eixo do truque deverão ser projetados para suportar vibrações menores ou iguais a 6 g em frequência de até 100 Hz, em todas as direções e, cargas de choque não inferiores a 12 g no eixo maior, ocorrendo 50 vezes por dia.

1.5.7 Condições ambientais

As temperaturas máxima e mínima ambiente, que deverão ser consideradas são de 40º C e 5º C, respectivamente. A faixa de variação da umidade relativa que deverá ser considerada é de 10 % a 95 %.

Todos os equipamentos deverão operar, satisfatoriamente, nestas condições ambientais.

1.5.8 Intercambiabilidade

Os equipamentos, módulos e componentes, que desempenham as mesmas funções, deverão ser mecanicamente e eletricamente intercambiáveis. Em caso de necessidade de ajustes, estes deverão ocorrer exclusivamente no módulo ou componente substituído.

1.5.9 Comandos

Todos os equipamentos e sistemas do trem deverão, sempre que possível, utilizar comandos através de rede ou de um PLC (controlador lógico programável).

Todos os comandos executados pelo trem deverão ser armazenados em um sistema único, o mesmo que registrará as falhas e eventos do trem.

1.5.10 Condições de via

- Bitola: 1.600 mm;
- Raio mínimo de curva horizontal:
  - Via principal: 250 m;
  - Via de pátio: 150 m.
- Superelevação máxima: 165 mm;
- Raio mínimo de curva vertical: 1.000 m;
- Rampa máxima: 4 %;
- Trilho: UIC-60E1 e TR-57.

1.5.11 Confiabilidade, disponibilidade, mantenabilidade e segurança

Deverão ser estabelecidos requisitos gerais de CDMS (confiabilidade, disponibilidade, mantenabilidade e segurança), a serem cumpridos pelos trens e seus sistemas, de acordo com a norma EN-50126.

1.5.12 Índices de confiabilidade

Confiabilidade está relacionada à capacidade dos trens, seus sistemas e equipamentos, de cumprir suas funções dentro dos períodos de tempo/quilômetro estabelecidos.

Entende-se por falha, qualquer disfunção apresentada no trem ou em seus sistemas e/ou equipamentos, desde suas características funcionais até suas condições de integridade, que ocorra durante a circulação em via principal ou em pátios, impedindo assim, a prestação de serviço normal e, se tornando necessária uma intervenção de manutenção corretiva. Esta intervenção pode ser apenas um simples diagnóstico e uma posterior colocação em serviço, ou pode requerer horas de trabalho para a correção da falha.

As falhas serão classificadas em três níveis:

- Nível A

Ocorrências que impliquem em rebocamento do trem por outro, ou por um equipamento de manutenção.

- Nível B

Ocorrências que impliquem na troca do trem no final da viagem (isolação de uma porta, falha de ar refrigerado, iluminação do salão inoperante, dentre outras) ou conforme conveniência operacional; ocorrências que necessitem de despreparação/preparação do trem, ou que paralisem o trem na via, por tempo superior a 50 % do *headway*; ocorrências que impliquem na retirada dos passageiros do trem de modo imediato ou na próxima estação; ocorrências que impliquem na necessidade de operação em modo redundante.

- Nível C

Ocorrências que não afetem a prestação normal de serviço, tais como a substituição prematura de peças que devam ser trocadas com regularidade (consumíveis), bem como as ocorrências que requerem apenas um simples diagnóstico e recolocação em serviço.

Serão desconsideradas deste conceito de avaria as falhas causadas por:

- Uso indevido do trem ou de seus equipamentos;
- Vandalismo;
- Manobras indevidas;
- Falhas induzidas por outra, no mesmo momento;
- Substituição programada de peças ou materiais consumíveis.

As falhas detectadas deverão sempre ser atribuídas a um sistema ou equipamento.

Os índices de confiabilidade serão aferidos por meio de MKBF (média de quilometragem entre falhas), de cada um dos sistemas do trem, calculado pela razão entre a quilometragem acumulada e o número de falhas, apurado para cada trem individualmente.

$$MKBF = \frac{\text{quilometragem acumulada}}{\text{número de falhas}}$$

Os índices de confiabilidade deverão ter como meta de projeto os seguintes valores:

Sistema	**MKBF**
CAIXA (cabine, console, salão de passageiros, banco, fechadura, limpador de pára-brisa, janela e outros)	30.000
FRENAGEM POR ATRITO (comando e controle, cilindro de freio e outros)	60.000
SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO (reator, inversor de emergência, instrumentação do console, velocímetro, odômetro, monitor de vídeo, anunciador de falhas, mapa de linha, indicador de destino e outros)	60.000
SUPRIMENTO ELÉTRICO (inversor, conversor, retificador, bateria, comando, chave, botoeira, fonte e outros)	10.000
TRAÇÃO E FRENAGEM ELÉTRICA (comando e controle, inversor de tração, motor de tração, contator, chave de manobra e outros)	30.000
PORTAS (comando, mecanismo de porta e outros)	100.000
SUPRIMENTO DE AR COMPRIMIDO (comando, compressor, secador de ar, reservatório e outros)	60.000
AR REFRIGERADO (comando, motor ventilador, motor compressor e outros)	20.000
COMUNICAÇÃO (fonte, amplificador, controle, rádio e outros)	60.000
ACOPLAMENTO (cabo *jumper*, engate e outros)	200.000
TRUQUE (estrutura, suspensão, rodeiro, redutor e outros)	300.000
VÍDEO VIGILÂNCIA	60.000
DATA BUS	100.000
DETECÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO	200.000

A apuração dos índices de confiabilidade dos sistemas deverá ser realizada em intervalos periódicos de utilização do trem em operação comercial, conforme abaixo:

- P0 – Período compreendido entre a emissão do 1º CRP (Certificado de Recebimento Provisório) e a emissão do CRP do último trem;
- P1 – Período de 4 meses após o término do período P0;

- P2 – Período compreendido entre o término do período P1 e o final da garantia.

As falhas consideradas para a apuração dos índices de confiabilidade são as de níveis A e B.

Durante o período P1 deverão ser feitas observações periódicas das falhas, com a finalidade de verificar os índices de confiabilidade e identificar possíveis itens a serem melhorados, sem necessidade de cumprimento das metas acima. A CONTRATADA e o METRÔ-DF poderão utilizar esses dados para realização de análises estatísticas que julgarem convenientes.

A CONTRATADA deverá enviar relatório dos primeiros 6 meses do período P2, com a finalidade de verificar os índices de confiabilidade e identificar possíveis itens a serem melhorados.

Para comprovação dos índices de confiabilidade deverão ser consideradas as falhas ocorridas durante o período P2, conforme os valores definidos na tabela acima. Ao final desse período deverá ser realizada uma única medição, considerando todas as falhas ocorridas e a respectiva quilometragem acumulada.

O procedimento de acompanhamento e as definições de envio de listagem de falhas deverão ser estabelecidos durante a execução do projeto, visando à elaboração dos relatórios de confiabilidade.

Deverão ser consideradas como falhas sistemáticas, quando um equipamento ou componente for o responsável por mais de 30 % das falhas do sistema ao qual pertença, independente do número de falhas registradas. Caso isso ocorra, o METRÔ-DF se reserva o direito de solicitar a substituição desse equipamento.

O objetivo da confiabilidade é definido para o conjunto da frota operacional, entretanto haverá objetivo de confiabilidade individual para cada trem, sistema ou equipamento, onde não será aceito o término da garantia de qualquer trem, sistema ou equipamento, cujo MKBF individual seja inferior a 80 % da média apurada.

O METRÔ-DF se reserva o direito de exigir a substituição do equipamento ou sistema que não atingir os índices de confiabilidade descritos nesta especificação, sendo os custos decorrentes, de responsabilidade da CONTRATADA.

Se forem introduzidas modificações substanciais no equipamento ou sistema, essa modificação será avaliada em campo e, após resultado satisfatório, essas deverão ser aplicadas em toda a frota e as referidas alterações documentadas.

Caso as metas não sejam atendidas no período P2, a garantia do trem, sistema ou equipamento com problema será estendida mensalmente, até que seja comprovado o atendimento em um intervalo consecutivo de 3 meses, independentemente do tempo de garantia contratual.

Independentemente dos índices de confiabilidade e da garantia estabelecida em contrato, a garantia dos itens abaixo devem respeitar os seguintes períodos:

- Caixa: 10 anos;

- Truque: 10 anos;

- Redutor: 5 anos;

- Acopladores: 5 anos;

- Rodas: 5 anos;

- Motores: 5 anos;

- Portas: 4 anos.

Durante o período de garantia, a CONTRATADA deverá responsabilizar-se pela substituição e manutenção corretiva dos itens que apresentarem defeitos, bem como toda a mão de obra necessária à realização do serviço, sem ônus para o METRÔ-DF. Essa responsabilidade se estende aos equipamentos de fornecimento de terceiros.

1.5.12.1 Análises de segurança

A CONTRATADA deverá analisar os efeitos na segurança decorrentes de falhas ou mau funcionamento dos sistemas e equipamentos que compõem o trem, incluindo as interfaces entre eles.

As análises deverão ser executadas pela CONTRATADA ou por empresa especializada em análise de segurança. Deverá existir independência organizacional entre as equipes de projeto e de análise de segurança. O analista responsável

deverá registrar uma ART (Anotação de Responsabilidade Técnica), junto ao CREA, de acordo com o escopo das análises.

Durante a fase de projeto a CONTRATADA deverá realizar análises de segurança que atendam aos seguintes passos:

- Identificação de perigos potenciais e determinação de ações de redução e controle de riscos;
- Avaliação do projeto baseado nos critérios de segurança;
- Modificação do projeto conforme necessidade para atender os critérios de segurança;
- Demonstração de atendimento aos critérios e requisitos de segurança.

A CONTRATADA deverá propor o formato das análises, baseando-se nas normas apropriadas e em retorno de experiência dos analistas.

No mínimo, as seguintes análises deverão ser realizadas:

- PHA (análise preliminar dos riscos);
- FMECA (análise dos modos de falha e criticidade dos efeitos);
- FTA (análise de árvore de falhas).

1.5.12.2 Análise preliminar dos riscos

Consiste de uma avaliação dos sistemas, de maneira a identificar e classificar potenciais eventos perigosos, em que o trem possa estar sujeito. A CONTRATADA deverá fornecer um PHA juntamente com o projeto. O PHA deverá ser voltado para a análise das vulnerabilidades das funções no trem e não a um componente de *hardware* ou *software* específico. Cada evento identificado deverá ser classificado segundo os critérios estabelecidos nas normas aplicáveis. Além dos eventos identificados, deverão constar no PHA os seguintes eventos e classificados conforme abaixo:

Evento	**Severidade**
Abertura de portas do lado errado	Catastrófico
Abertura de portas com velocidade maior que 6 km/h sem a aplicação de freio	Catastrófico
Falha no laço de portas fechadas e travadas	Catastrófico

Evento	Severidade
Abertura indevida de uma porta	Crítico
Não aplicação do freio de emergência quando requisitado	Catastrófico
Frenagem de emergência insuficiente	Catastrófico
Incapacidade do freio de estacionamento em manter o trem parado em gradiente crítico com trem vazio	Catastrófico

1.5.12.3 Análise dos modos de falha e criticidade dos efeitos

Consiste de uma avaliação indutiva, sistemática e completa dos possíveis modos de falhas simples dos componentes dos sistemas. Deverão ser elaborados FMECA para todos os sistemas que possuírem eventos identificados como “catastrófico” ou “crítico” no PHA. As análises deverão ser feitas até o menor nível de componente/módulo passível de manutenção corretiva (substituição) diretamente no trem. Nenhum modo de falha simples poderá ocasionar eventos classificados como “catastrófico” ou “crítico”.

Os FMECA deverão ser entregues para análise e aprovação do METRÔ-DF até 60 dias antes da emissão do 1º CRP.

1.5.12.4 Análise de árvore de falhas

Consiste de uma avaliação dedutiva e estruturada dos eventos sob análise, além de permitir o cálculo de probabilidade de ocorrência de combinação múltipla de eventos. Deverão ser elaborados FTA para todos os eventos identificados como “catastrófico” ou “crítico” no PHA. Os resultados dos FTA deverão demonstrar a probabilidade de ocorrência aceitável para cada evento, conforme critérios estabelecidos nas normas aplicáveis.

Os FTA deverão ser entregues para análise e aprovação do METRÔ-DF até 30 dias antes da emissão do 1º CRP.

1.5.12.5 Testes e relatórios

A CONTRATADA deverá fornecer para análise e aprovação do METRÔ-DF os documentos abaixo:

1.5.12.5.1 Registro e controle dos riscos

A CONTRATADA deverá manter uma tabela com todos os eventos identificados ao longo do projeto. Esta tabela deverá descrever cada evento, sua forma de resolução e o *status* corrente. Para efeito de rastreabilidade, deverão ser incluídas as evidências de abertura e de fechamento de cada evento. Estas evidências podem ser documentos de projeto, análises, relatórios de teste e outros. Durante o projeto deverão ocorrer reuniões periódicas entre a CONTRATADA e o METRÔ-DF para discutir pontos abertos desta tabela e encaminhamento das soluções. A tabela final deverá constar no relatório de demonstração de segurança.

1.5.12.5.2 Testes relacionados com a segurança

Os testes relacionados com a segurança visam comprovar as premissas de análise, comprovar os efeitos esperados ou ainda comprovar a forma de detecção de falhas e eventos. A CONTRATADA deverá indicar claramente, em uma tabela específica, quais os testes de validação do trem (tipo e rotina) que são relacionados com a segurança, assim como no próprio procedimento de teste, junto a cada teste.

Os testes deverão ser entregues para análise e aprovação do METRÔ-DF até 30 dias antes da emissão do 1º CRP.

1.5.12.5.3 Relatório de demonstração de segurança

A CONTRATADA deverá fornecer um relatório final que demonstre o cumprimento dos requisitos de segurança desta especificação, assim como do plano de segurança estabelecido. Deverá ainda apresentar os requisitos abertos e/ou exportados para ações de controle, e as conclusões.

O relatório deverá ser entregue para análise e aprovação do METRÔ-DF, para a emissão do 1º CRP.

1.5.12.5.4 Carta de liberação

A CONTRATADA deverá fornecer uma carta de liberação, para operação segura do trem, assinada pelo Gerente de Projeto, Gerente da Qualidade e Responsável Técnico. Nesta carta deverão constar as premissas de segurança e procedimentos a serem seguidos pelo METRÔ-DF, para que a segurança global dos trens seja mantida.

A carta de liberação deverá ser entregue para análise e aprovação do METRÔ-DF, para a emissão do 1º CRP.

1.5.12.5.5 Relatório de confiabilidade

A CONTRATADA deverá enviar um relatório preliminar dos primeiros 6 meses do período P2, com a finalidade de verificar os índices de confiabilidade e identificar possíveis itens a serem melhorados. Para comprovação dos índices de confiabilidade deverão ser consideradas as falhas ocorridas durante o período P2 e a respectiva quilometragem acumulada.

O relatório deverá ser entregue para análise e aprovação do METRÔ-DF, para a emissão do CRD.

1.5.13 Dimensões e pesos de referência

- Comprimento do carro “A” entre faces do engate

  Série 1000: 21.885 mm;

  Série 2000: 21.800 mm.

- Comprimento do carro “B” entre faces do engate

  Série 1000: 21.750 mm;

  Série 2000: 21.770 mm.

- Distância entre centros do truque: 15.600 mm;
- Altura do piso do carro à superfície do boleto do trilho: 1.113 mm ± 15 mm;
- Altura do engate: 655 mm ± 10 mm;
- Tara do carro “A” completo

  Série 1000: 39.500 kg;

  Série 2000: 39.040 kg.

- Tara do carro “B” completo

  Série 1000: 39.400 kg;

  Série 2000: 38.141 kg.

1.6 Princípios operacionais

1.6.1 Preparação operacional

Entende-se por preparação operacional, todos os eventos, atividades e verificações realizadas em uma fase pré-operacional, ou seja, são as atividades e verificações realizadas pelo piloto, que possibilitarão a colocação do trem em operação.

As atividades básicas da preparação operacional são as seguintes:

- Ligar chave de energização geral;
- Selecionar a chave de seleção de sentido de marcha;
- Testar lâmpadas dos anunciadores;
- Normalizar condição de emergência;
- Comprovar a inexistência de falhas pelos anunciadores;
- Remover o freio de estacionamento.

A energização ou desenergização completa de todos os equipamentos dos sistemas de tração, frenagem e auxiliares, ou seja, ligar ou desligar todo o trem deverá ser realizada unicamente através da chave de energização geral localizada no armário elétrico da cabine.

Convém observar que, para a realização dessa atividade, é necessário que em todos os carros as chaves descritas no item 4.9.2 estejam na posição automática.

O teste das lâmpadas dos anunciadores deverá ser feito pelo piloto após a seleção da cabine líder e sentido de marcha.

1.6.2 Modo operacional

Serão três os modos operacionais, a saber:

- MAN (condução manual);
- MCS (condução manual controlada);
- ATO (condução automática);
- Modo Tração Limitada.

1.6.2.1 Condução manual

Quando for realizada a seleção de sentido de marcha, automaticamente deverá ser acionado um sistema de intertravamento, o qual designará a cabine onde houve a seleção como líder e desabilitará a outra.

A transferência de comando de uma cabine para a outra, somente deverá ser permitida com o trem parado e após a indicação no console de que foi selecionada a cabine oposta. Caso contrário, o sistema entrará em emergência.

Essa indicação deverá estar no console, compatibilizando as cores com as utilizadas nas frotas existentes.

Na transferência de comando, o sistema não deverá entrar em emergência, desde que o *master control* (alavanca de comando de tração e freio) esteja na posição de freio máximo. Completada a transferência de comando, a indicação deverá se apagar.

Em mudanças rápidas da chave de seleção de sentido de marcha, o funcionamento do gerador de sinais de tração e freio e demais equipamentos não deverão ser prejudicados. Durante a mudança de cabine líder não poderá haver perda de sinalização de portas ou qualquer outra função necessária à operação pela cabine que assumiu a liderança.

A chave de modo de condução deverá possuir intertravamento com a chave de seleção de sentido de marcha, de modo que a seleção da cabine como líder não seja permitido se a primeira estiver na posição ATO (*Automatic Train Operation*).

Deverá haver sinalização sonora intermitente, na cabine, a ser definida durante o projeto, indicando quando o trem estiver operando em modo manual, com código de via.

Verificadas e normalizadas as condições das portas, o piloto deverá ter condições de movimentar o trem atuando no *master control*.

O *master control* deverá possuir um dispositivo detector de “homem morto”, que aplicará o freio de emergência quando solto, fora da posição de freio máximo. O mecanismo deverá atender aos aspectos ergonômicos, visando garantir a saúde do piloto, e deverá ser avaliado durante a fase de projeto.

O *master control* somente estará habilitado na cabine líder.

A limitação de velocidade deverá ser realizada por equipamento existente no carro líder, o qual deverá impedir, que quando em condução manual, a velocidade ultrapasse 20 km/h, mesmo que o piloto mantenha o controlador na posição de tração máxima.

A limitação de velocidade deverá ser realizada através da aplicação de freio máximo de serviço sempre que a velocidade ultrapassar os 20 km/h, e a devolução do comando ao piloto somente deverá ocorrer quando a velocidade atingir 18 km/h. Em ambos os casos a tolerância deverá ser de ± 10 %.

1.6.2.2 Condução manual controlada

As atividades e/ou eventos da condução manual controlada deverão ser as mesmas consideradas para a condução manual.

A atuação sobre o *master control* deverá ser realizada pelo piloto, a fim de manter a velocidade do trem o mais próximo possível do valor da velocidade limite recebida dos equipamentos da via.

Os valores limites de velocidade permitida em cada trecho da via deverão ser indicados na IHM do trem.

Um mostrador de velocidade comandada, digital, integrado ao velocímetro instalado na IHM, facilitará a tarefa do piloto que deverá ser informado das velocidades recebidas nos diversos trechos da via, bem como a velocidade real do trem.

A limitação de velocidade deverá ser processada pelo equipamento ATP (*Automatic Train Protection*), que supervisionará a atuação do piloto sobre o *master control*. Caso a velocidade real do trem seja superior à velocidade recebida pelo ATP, o equipamento sobrepor-se-á ao comando do piloto e reduzirá a velocidade do trem até que a mesma volte a ser inferior à velocidade permitida.

1.6.2.3 Condução automática

Na condução em ATO, o piloto deverá realizar somente um trabalho de supervisão. O controle de velocidade, a abertura e o fechamento de portas, a parada e partida do trem nas estações, a emissão de mensagens audiovisuais e a troca de

informações de identificação e do desempenho deverão ser processados pelo sistema CBTC.

O controle de aceleração e frenagem deverá proporcionar conforto ao usuário, evitando mudanças de velocidade de forma abrupta.

1.6.2.4 Modo tração limitada

O sistema de tração e frenagem elétrica de cada carro deve possibilitar uma modalidade operativa para condução do trem, denominada “Modo Tração Limitada”, na qual o sistema de tração propiciará a condução e a retirada do trem da operação comercial, na velocidade máxima, a ser definida junto à contratada na fase de projeto executivo, em modo Automático (ATO) ou Modo de Condução Semi-Automático (MCS), liberando tração no trem de forma limitada e imposição de frenagem elétrica ou pneumática sem solavancos.

1.7 Material

1.7.1 Seleção de materiais

Todos os equipamentos, materiais e componentes utilizados no projeto e na fabricação dos carros deverão ser de qualidade comprovada e, em hipótese alguma, deverá ser empregado material ou componente recondicionado.

Ensaios para determinação de qualidade deverão ser executados nos materiais empregados para a fabricação dos carros, conforme especificado e com a devida emissão de certificados. Tais ensaios deverão ter o acompanhamento do METRÔ-DF.

1.7.1.1 Características contra fogo e emissão de fumaça

Todos os materiais utilizados no fornecimento dos trens, com exceção dos materiais de pequenas dimensões, que não contribuam significativamente para propagação de fogo, emissão de fumaça ou gases tóxicos, deverão ter características de chama não propagante e baixa emissão de fumaça conforme estabelecido pela norma NFF-16-101 ou pela tabela a seguir:

Função do material	Norma	Critério
Banco, revestimento de parede e teto, divisória, material não metálico como caixa de equipamento, tampa, caixa de bateria e outros	ASTM-E-162 ASTM-E-662 ASTM-E-662	Is < 35 Ds (1,5) < 100 Ds (4,0) < 200

Função do material	Norma	Critério
Duto de ar refrigerado	ASTM-E-162 ASTM-E-662	Is < 25 Ds (4,0) < 100
Difusor de iluminação de material plástico	ASTM-E-162 ASTM-E-662 ASTM-E-662	Is < 100 Ds (1,5) < 100 Ds (4,0) < 200
Revestimento de piso	ASTM-E-648 ASTM-E-662 ASTM-E-662	CRF > 0,5 W/cm² Ds (1,5) < 100 Ds (4,0) < 200
Elastômero	ASTM-C-542 ASTM-E-662 ASTM-E-662	Passa Ds (1,5) < 100 Ds (4,0) < 200

Nota 1: “Is” é o índice máximo de propagação de chamas conforme norma ASTM-E-162.

Nota 2: “Ds” é a densidade óptica de fumaça conforme norma ASTM-E-662.

1.7.2 Normas técnicas em geral

Todos os materiais e equipamentos deverão atender normas ABNT aplicáveis. Caso inexistam normas específicas da ABNT, deverão ser seguidas normas EM ou equivalentes, salvo quando especificada outra norma.

As normas abaixo deverão ser adotadas, além daquelas constantes no corpo desta especificação:

- AAR M-601: Hose, Wrapped, Air Brake “End Hose”;
- AAR S-401: Brake Design Requirements;
- AAR S-494: Reservoir, Steel Fabricated, Combined Auxiliary and Emergency;
- ABNT NBR 5430: Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis;
- ABNT NBR 5565: Rodeiro ferroviário - Classificação, montagem e manutenção;
- ABNT NBR 7428: Embalagem e acondicionamento - Determinação do desempenho em perfuração;

- ABNT NBR 8365: Equipamento eletrônico utilizado em material rodante ferroviário – Especificação;
- ABNT NBR 9442: Materiais de construção - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante;
- ABNT NBR 9491: Vidros de segurança para veículos rodoviários: Requisitos;
- ABNT NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos;
- ABNT NBR 10085: Medição de temperatura em condicionamento de ar o Procedimento;
- ABNT NBR 11003: Tintas Determinação da aderência;
- ABNT NBR 12440: Carro metropolitano - Banco de passageiro - Resina poliéster reforçada com fibra de vidro - Forma e dimensões – Padronização;
- ABNT NBR 12693: Sistemas de proteção por extintores de incêndio
- ABNT NBR 13067: Carro metropolitano e veículo leve sobre trilhos – Determinação dos níveis de ruídos - Método de ensaio;
- ABNT NBR 13068: Ruídos interno e externo em carro metropolitano e veículo leve sobre trilhos (VLT);
- ABNT NBR 14021: Transporte - Acessibilidade no sistema de trem urbano ou metropolitano;
- ABNT NBR 5165: Máquinas de corrente contínua - Ensaios gerais;
- ABNT NBR IEC 60529: Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP);
- ABNT NBR IEC 62245:2020 - Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling;
- ABNT NBR ISO/IEC 17020 - Avaliação de conformidade - Requisitos para o funcionamento de diferentes tipos de organismos que executam inspeção;

- ABNT NBR ISO/IEC 17065 - Avaliação da conformidade – Requisitos para organismos de certificação de produtos, processos e serviços;
- ABNT NBR NM 280: Condutores de cabos isolados;
- ASME VIII DIV 1: ASME Boiler and Pressure Vessel Code an International Code - Rules for Construction of Pressure Vessels;
- ASTM B117: Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus;
- ASTM D 648C: Standard Test Method for Deflection Temperature of Plastics Under Flexural Load in the Edgewise Position;
- ASTM D256: Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics;
- ASTM D149: Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage and Dielectric Strenght of Solid Electrical Insulating Materials at Commercial Power Frequencies;
- ASTM D229: Standard Test Methods for Rigid Sheet and Plate Materials Used for Electrical Insulation;
- ASTM D380: Standard Test Methods for Rubber Hose;
- ASTM D471: Standard Test Method for Rubber Property Plate Materials;
- ASTM D570: Standard Test Method for Water Absorption of Plastics;
- ASTM D573: Standard Test Method for Rubber - Deterioration in an Air Oven;
- ASTM D638: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics;
- ASTM D695: Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics;
- ASTM D750: Standard Practice for Rubber Deterioration Using Artificial Weathering Apparatus;

- ASTM D792: Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement;
- ASTM D790: Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials;
- ASTM D1149: Standard Test Methods for Rubber Deterioration - Cracking in an Ozone Controlled Environment;
- ASTM D1729: Standard Practice for Visual Appraisal of Colors and Color Differences of Diffusely-Illuminated Opaque Materials;
- ASTM D2000: Standard Classification System for Rubber Products in Automotive Applications;
- ASTM D2134: Standard Test Method for Determining the Hardness of Organic Coatings with a Sward-Type Hardness Rocker;
- ASTM D2247: Standard Practice for Testing Water Resistance of Coatings in 100 % Relative Humidity;
- ASTM D2583: Standard Test Method for Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor;
- ASTM D5865: Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke;
- ASTM E162: Test Method for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source;
- ASTM E662: Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials;
- ASTM G154, Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials;
- ASTM G155: Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials;
- BSS 7239: Boeing Specification Support Standard - Fire Test to Aircraft Material - Toxicity;

- CEN/TS 14972: Fixed Fire Flighting Water Mist Systems - Design And Instalation;
- IEC 60077-1: Equipamentos elétricos de material rodante;
- IEC 60269: Low-voltage fuses;
- IEC 60322: Railway applications - Electric equipament for rolling stock - Rules for power resistors of open construction;
- IEC 60349-2: Motores de corrente alternada alimentados por inversor estático;
- BS EN 45545: Railway applications. Fire protection on railway vehicles;
- DIN 267: Fasteners; Technical Delivery Conditions;
- DIN 50018: Testing in a Saturated Atmosphere in the Presence of Sulfur Dioxide;
- DIN 5510: Preventive fire protection in railway vehicles; levels of protection, fire preventive measures and certification;
- DIN EN ISO 1183: Plastics - Methods for determining the density of non-cellular plastics;
- BS EN 286-3: Simple unfired pressure vessels designed to contain air or nitrogen. Steel pressure vessels designed for air braking equipment and auxiliary pneumatic equipment for railway rolling stock;
- BS EN 286-4: Simple unfired pressure vessels designed to contain air or nitrogen. Aluminium alloy pressure vessels designed for air braking equipment and auxiliary pneumatic equipment for railway rolling stock;
- EN 779: Filtros de ar - “Particulate air filters for general ventilation”;
- EN 12299: Railway applications. Ride comfort for passengers. Measurement and evaluation;
- EN 12663: Structural requirements of railway vehicle bodies;
- EN 13260: Railway applications. Wheelsets and bogies. Wheelsets. Product requirements;

- EN 13261: Railway applications. Wheelsets and bogies. Axles. Product requirements;
- EN 13262: Railway applications - Wheelsets and bogies - Wheels – Product requirements;
- EN 13231-3: Aplicações ferroviárias. Aceitação de obras. Aceitação de trilhos de reperfilamento na pista de rolamento;
- EN 13749: Railway applications - Wheelsets and bogies - Method of specifying the structural requirements of bogie frames;
- EN 13848: Aplicações Ferroviárias. Qualidade geométrica da Via;
- EN14363: Railway Applications - Testing And Simulation For The Acceptance Of Running Characteristics Of Railway Vehicles - Running Behaviour And Stationary Tests;
- EN 14750-1: Railway applications - Air conditioning for urban and suburban Rolling stock - Part 1: Comfort parameters;
- EN 14750-2: Railway applications - Air conditioning for urban and suburban Rolling stock - Part 2: Type tests;
- EN14752: Railway applications - Body side entrance systems for rolling stock;
- EN 45545: Railway applications. Fire protection on railway vehicles;
- EN 50155: Railway applications - Electronic equipment used on rolling stock;
- EN 50343: Regras de instalação de cabos elétricos;
- EN 50121-1: Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 1: General;
- EN 50121-3-2: Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 3-2: Rolling stock – Apparatus;
- EN 50153: Medida de proteção de contra danos de origem elétrica;

- EN 50306-1 a 4: Cabos elétricos sem halogêneos para circuitos de controle;
- EN 50264-1 a 3: Cabos elétricos sem halogêneos para circuitos de controle e potência;
- EN 50382-1 a 2: Cabos elétricos de potência de alta temperatura (120 ^{0})
- EN 50126: *Railway Applications - The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety* (RAMS) Especificação e demonstração da confiabilidade, da disponibilidade, da manutenibilidade e da segurança (CDMS);
- EN 55011: Industrial, scientific and medical equipament - Radio-frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement;
- EN 61000-6-1: Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 6-1: Generic Standards - Immunity for residential, commercial and light-industrial environments;
- EN 61000-6-2: Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 6-2: Generic Standards - Immunity for industrial environments;
- EN ISO 178: Plastics - Determination of flexural properties;
- EN ISO 179: Plastics - Determination of Charpy impact properties;
- EN ISO 12944-4: Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems -- Part 2: Classification of environments;
- IEC 60228: Conductors of insulated cables;
- IEC 60571: Railway applications - Electronic equipment used on rolling stock;
- IEC 60850: Railway applications - Supply voltages of traction systems;
- IEC 61287: Railway applications - Power converters installed on board rolling stock;
- IEC 61133: Railway applications - Rolling stock - Testing of rolling stock on completion of construction and before entry into service;

- IEC 61373: Railway applications before entry into servicelle Shock and vibration tests;
- IEC 62236-3-1: Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 3-1: Rolling stock - Train and complete vehicle;
- IEC 62236-3-2: Railway applications - electromagnetic compatibility - Part 3-2: Rolling stock - Apparatus;
- IEC 62267: Railway applications - Automated urban guided transport (AUGT) - Safety requirements;
- IEC 62278: Railway applications - Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS);
- IEC 62279: Railway applications – Communication, signaling and processing systems – Software for railway control and protection systems;
- ISO 898-1: Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel - Part 1: Bolts, screws and studs with specified property classes -- Coarse thread and fine pitch thread;
- ISO 898-2: Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel - Part 2: Nuts with specified property classes - Coarse thread and fine pitch thread;
- ISO 4406: Hydraulic fluid power -- Fluids -- Method for coding the level of contamination by solid particles;
- ISO 3095: Acoustics -- Railway applications -- Measurement of noise emitted by railbound vehicles;
- ISO 3381: Railway applications -- Acoustics -- Measurement of noise inside railbound vehicles;
- ISO 3506-1: Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners - Part 1: Bolts, screws and studs;
- ISO 3506-2: Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners - Part 2: Nuts;

- ISO 3668: Paints and varnishes -- Visual comparison of colour of paints;
- ISO 8501-1: Preparation of steel substrates before application of paints and related products -- Visual assessment of surface cleanliness -- Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings;
- ISO 10352: Fibre-reinforced plastics -- Moulding compounds and prepregs -- Determination of mass per unit area;
- ISO/IEC 17020 - Conformity assessment - Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection;
- ISO/IEC 17065 - Conformity assessment - Requirements for bodies certifying products, processes and services;
- ISO 9809-2: Gas cylinders - design, construction and testing of refillable seamless steel gas cylinders and tubes essmen 2: Quenched and tempered steel cylinders and tubes with tensile strength greater than or equal to 1 100 MPa;
- MIL-STD-810E: Military Standard: Environmental Test Methods And Engineering Guidelines;
- MIL-STD-883: Department Of Defense Test Method Standard: Microcircuits, Test Standards;
- MIL-S-901D: Military Specification: Shock Tests;
- NF F 16 101: Rolling stock. Fire behaviour. Materials choosing;
- NF 16 102: Railway rolling stock. Fire behaviour. Materials choosing, application for electric equipments;
- NFPA 130: Standard For Fixed Guideway Transit And Passenger Rail Systems;
- NR 13: Norma Regulamentadora - Caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento;
- SAE AMS-W-6858: Welding, Resistance: Spot and Seam;

- UIC 518 OR - Testing and Approval of Railway Vehicles from the Point of View of Their Dynamic Behaviour : Safety, Track Fatigue, Ride Quality;
- UIC 533: Vehicles, protection by earthing of metal parts;
- UIC 541: Brakes - Specifications For The Construction Of Various Brake Parts;
- UIC 561: Means Of Intercommunication For Coaches;
- UIC 566: Loadings Of Coach Bodies And Their Components;
- UIC 651: Layout of driver's cabs in locomotives, railcars, multiple unit trains and driving trailers;
- UIC 813: Technical Specification For The Supply Of Wheelsets For Tractive And Trailing Stock - Tolerances And Assembly;
- UNE 23727: Reaction to Fire Test of Building Materials. Classification of Building Materials;
- ASTM-D-635: Método para teste de tipo;
- EN-13129-3: Aplicações ferroviárias. Ar refrigerado para veículos urbanos e suburbanos;
- EN-13129-4: Aplicações ferroviárias. Ar refrigerado para veículos urbanos e suburbanos (ensaios de tipo);
- EN-61373: Ensaios de choque e vibração;
- IEEE-1476: Interfaces de sistemas de alimentação auxiliar para trem de passageiros;
- IEEE 1474: Standard for Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements;
- UIC-553-OR: Aplicação de ar refrigerado em sistema ferroviário.

No caso da inexistência de normas EN aplicáveis, deverão ser utilizadas normas oficiais e/ou consagradas nos países de origem do próprio Fabricante.

Quando, em casos especiais ou por falta de normas gerais de instituições conhecidas, forem empregadas normas de outras instituições, deverá ser feita a indicação clara das peças e equipamentos por estas abrangidas.

1.7.3 Identificação em geral

Todos os equipamentos ou conjuntos de peças instalados nos carros deverão possuir marcação indelével, de modo a permitir a identificação do fornecedor, tipo, número de série e data de fabricação.

Os equipamentos deverão possuir marcação em local bem visível, que os associe com o desenho de sua instalação em relação a outros equipamentos.

As terminações dos condutores deverão ser identificadas por etiquetas plásticas tubulares, de material do tipo chama não propagante, com caracteres gravados indelevelmente e com bom contraste em relação ao corpo da etiqueta. Os dígitos e letras que compõem a informação da etiqueta deverão ser gravados por inteiro no mesmo tubo.

Os cabos ligados em um mesmo borne da régua de terminais deverão ter a mesma identificação. Esta recomendação aplica-se, principalmente, às conexões de equipamentos e à fiação do carro.

As réguas de terminais deverão ter identificação em local visível e seus terminais numerados, de tal modo que a numeração seja visível mesmo com os condutores conectados.

Os cartões ou módulos deverão ter identificação, a mesma identificação deverá existir no equipamento onde os mesmos deverão ser fixados, em lugar de fácil visualização, devendo ser associada à posição onde os cartões ou módulos deverão ser instalados.

Os componentes deverão ser indicados através da gravação dos caracteres alfanuméricos ou símbolos em *silk-screen* ou outro processo, sobre a chapa de circuito impresso.

Deverá existir uma indicação visual conforme figura, nos equipamentos em que os níveis de tensão forem iguais ou superiores a 380 V nominal.



Nos circuitos pneumáticos os terminais da tubulação e os respectivos receptáculos deverão possuir identificação indelével.

Deverá ser entregue uma lista completa dos equipamentos e respectivos números de série, instalados em cada carro, os quais serão verificados no momento de sua entrega. Essa lista deverá ser parte integrante do *History Book*.

1.7.4 Revestimento interno

O revestimento interno dos carros deverá ser do tipo autoextinguível, não propagador de chamas, resistente à flexão, à abrasão, ao impacto, à ação dos agentes químicos, à ponta de cigarro e à descoloração. Deverão ser apresentados os certificados que comprovem esses requisitos.

Deverão ser apresentadas amostras de todas as peças do revestimento interno que incorporarem comunicação visual, para aprovação do METRÔ-DF.

Em caso de necessidade de curvas em laminados, essas deverão ser projetadas com um raio nunca inferior a 20 mm no plano perpendicular às fibras dos mesmos. Nesses casos, deverá ser utilizado material do tipo *post forming*, com espessura mínima de 2 mm, colada sobre chapa de alumínio.

1.7.5 Pinturas

A pintura a ser executada sobre todas as peças de aço, exceto as de aço inoxidável, constituir-se-á de três etapas:

- Tratamento de superfície;
- Pintura de proteção (*primer*);
- Pintura de acabamento.

Deverão ser utilizados processos de tratamento de superfície e pintura devidamente comprovados.

A fixação de logomarcas, números, e outros, sobre superfícies de aço inoxidável, deverá ser precedida de limpeza adequada visando obter a aderência necessária.

As peças fabricadas em *fiberglass* deverão receber tratamento de superfície e pintura através de métodos consagrados.

Pinturas e adesivação serão discutidas entre METRÔ-DF e a CONTRATADA por ocasião do desenvolvimento do projeto.

As superfícies pintadas deverão apresentar acabamento isento de falhas, possuindo espessura e aderência dentro dos limites especificados, com qualidade que permita obter um bom aspecto visual e longa durabilidade, proporcionando assim, adequada proteção ao material de base, com desempenho resistente à descoloração, intempéries e ao ataque de agentes químicos de limpeza.

Os processos de pintura a serem empregados deverão impedir a propagação de chama. Deverão ser apresentados ensaios que comprovem essa condição.

1.7.6 Madeiras

Caso haja a necessidade do emprego de madeiras na construção dos carros, as mesmas deverão ser completamente secas, desempenadas, isentas de nós, inclusões e outros defeitos que possam comprometer a sua resistência, além de serem certificadas.

Caso seja utilizada madeira compensada, essa deverá ser do tipo resistente a intempéries e a fungos e deverá ser submetida a testes para comprovação do grau

de umidade, resistência à absorção de água, inchamento e resistência à colagem, conforme as normas ASTM.

Todas as chapas de madeiras compensadas deverão ser 100 % do tipo naval, tratado com preservativos fungicidas e contra insetos xilófagos tipo CCA-A.

O tratamento da madeira deverá atender à legislação, norma ABNT ou AWPA-C-9, em vigor.

Quando duas peças de madeira forem ligadas, as superfícies de contato deverão ser convenientemente protegidas por uma tinta.

Toda madeira em contato com superfícies metálicas deverá ser pintada com uma tinta de alumínio.

1.7.7 Parafusos, porcas, pinos, arruelas e rebites

Todos os elementos de fixação em aço carbono deverão ser zincados ou bicromatizados e resistir a 72 h de testes *salt-spray* no mínimo, conforme norma ASTM-B-117.

Os elementos de fixação utilizados no acabamento externo deverão ser de aço inoxidável.

Todos os elementos de fixação deverão ser submetidos à aprovação do METRÔ-DF.

Os ensaios de aderência e resistência da camada protetora deverão ser conforme normas ABNT ou ASTM.

Todos os parafusos estruturais deverão ter indicação do grau, estampada na cabeça, conforme normas DIN, ASTM ou SAE.

Deverão ser executados ensaios para a comprovação do grau indicado, conforme norma SAE-J429-e.

Todas as porcas, de grau 5 ou maior, deverão ser ensaiadas conforme a norma SAE-J995-a, para cada bitola e por lote de entrega.

1.7.8 Juntas e junções

Todas as junções executadas entre elementos dos carros deverão ser perfeitamente ajustadas e as juntas convenientemente adaptadas, de modo a manter uma união sem a interferência na intercambiabilidade das peças.

Todas as juntas de vedação utilizadas deverão ser executadas em borracha *neoprene* ou EPDM.

As junções entre peças de materiais diferentes deverão ser protegidas para evitar a corrosão eletrolítica.

Todos os parafusos, soldas ou qualquer outro elemento para fixação de peças de aço inoxidável, deverão ser de aço inoxidável.

Em qualquer junção, as superfícies de contato deverão ser convenientemente limpas.

A superfície de contato da madeira, em qualquer junção, receberá a aplicação de uma tinta alumínio.

1.7.9 Peças fundidas

Todas as peças fundidas deverão ser indicadas, e suas respectivas especificações apresentadas.

As peças fundidas deverão ser livres de porosidade, rebarbas e outros defeitos que possam comprometer a sua resistência ou durabilidade.

As peças consideradas de segurança deverão ser submetidas a ensaios para comprovação da sua qualidade, com o devido acompanhamento do METRÔ-DF. Na apresentação do PICQ (Plano de Inspeção de Controle de Qualidade) deverão ser detalhados estes itens, peças e componentes.

Certificados de análise química e características mecânicas deverão ser emitidos para cada “corrida” de fabricação de peças fundidas.

1.7.10 Borrachas

Todas as borrachas utilizadas deverão estar em conformidade com a norma ASTM-D-2000.

Todas as borrachas expostas ao meio ambiente deverão ser resistentes a óleos, graxas, solventes, ozona, luz solar e outros. Os ensaios deverão ser

executados conforme norma ASTM, para comprovação das características especificadas.

1.7.11 Vidros

Todos os vidros do carro deverão ser do tipo laminado e inestilhaçável. No caso específico do pára-brisa, o vidro deverá ser duplo e com uma membrana plástica interlaminar resistente a radiações ultravioletas.

Todos os vidros utilizados no trem deverão ter condição de proteção de modo a diminuir os efeitos provocados pela ação da luz solar, no interior do carro, sem comprometer a transparência mínima exigida por norma para veículos automotores.

Os vidros deverão estar em conformidade com os requisitos da norma NBR-9491.

1.7.12 Equipamentos e componentes eletrônicos

1.7.12.1 Equipamentos eletrônicos

A substituição de um módulo ou cartão por outro deverá ser executada com facilidade, otimizando a utilização de mão de obra, empregando-se conexão por encaixe (conector). Deverá ser prevista trava mecânica para fixação do cartão ou módulo ao equipamento.

O *layout* dos componentes e equipamentos eletrônicos, inclusive os de potência, deverá ser posicionado de tal modo que, a substituição de qualquer componente seja efetuada sem que haja necessidade de desmontagem de parte ou de todo o equipamento.

A substituição dos cartões de circuitos impressos ou módulos intercambiáveis, não deverá acarretar a necessidade de recalibração do equipamento. Caso não seja possível evitar a recalibração, a mesma deverá ser realizada apenas no cartão ou módulo substituído.

Os equipamentos deverão dispor de pontos de testes que permitam a identificação do circuito ou cartão defeituoso e auxiliem na localização do componente ou grupo de componentes defeituosos.

Os circuitos deverão ser protegidos, quando possível, contra danos provocados pela remoção acidental de unidades de encaixe, efetuada com os equipamentos ligados.

Os circuitos que dissipam grandes quantidades de calor, como as fontes de alimentação, os circuitos de potência e outros, deverão ser montadas de modo a não aquecer os outros circuitos. Caso haja a necessidade, estes deverão ser montados em local separado.

Todos os sinalizadores, chaves ou controles externos ao equipamento deverão ser identificados de acordo com a sua função.

Toda fiação externa de sinais que sejam processados por circuitos eletrônicos deverá ser blindada, quando houver a possibilidade de interferência de circuitos de potência.

No projeto dos equipamentos eletrônicos deverão ser obedecidas as recomendações de funcionamento das normas IEC-60571 ou EN-50155. Eles devem possuir grau de proteção IP (Ingress Protection), contra sólidos e líquidos, adequado a todas as variáveis e necessidade de uso do ambiente.

Os equipamentos eletrônicos deverão ser protegidos contra a rádio-interferência gerada no trem ou externamente.

Os equipamentos e módulos deverão ter um ponto acessível externamente para permitir a sua conexão com o terra geral dos equipamentos.

1.7.12.2 Componentes eletrônicos

Deverão ser fornecidas as especificações técnicas dos componentes utilizados.

Os componentes selecionados para efeito de ajustes de parâmetros do circuito deverão ser montados em suportes ou soquetes apropriados. Os componentes variáveis ou ajustáveis somente deverão ser empregados quando forem absolutamente necessários.

A montagem dos componentes que possuem orientação ou polaridade deverá ser identificada de modo a evitar enganos na manutenção dos mesmos.

Todos os componentes deverão ser escolhidos para suportarem as condições de trabalho, notadamente superiores aos máximos estabelecidos em projeto e atender as normas MIL-STD-883, IEC60571 e EN50155.

Não deverão ser utilizados componentes fora de linha de fabricação, ou mesmo que estejam para sair de linha. É importante prever neste projeto a disponibilidade para o acréscimo de variáveis de controle, não apenas no sistema de tração e freio elétrico, mas também nos demais sistemas ou equipamentos microprocessados do trem.

1.7.12.3 Semicondutores

Como regra geral, deverão ser empregados semicondutores de silício, cujo comportamento e estabilidade de suas características sejam mantidos quando em presença de elevadas temperaturas.

No caso de utilização de semicondutores em série ou em paralelo, que necessitem de balanceamento, deverá ser fornecido o critério e o procedimento de balanceamento para reparo, no manual de manutenção.

1.7.12.4 Resistores

Resistores acima de 0,5 W de dissipação contínua, não deverão ser fixados no cartão de circuito impresso. Caso seja indispensável sua fixação, esses deverão ser afastados do circuito impresso por montagem conveniente.

1.7.12.5 Transformadores e indutores

Os transformadores e indutores deverão ter suportes isolantes de plástico reforçado com fibra de vidro, sendo que, materiais como *baquelite* não deverão ser utilizados.

Os enrolamentos deverão ser impregnados, a fim de suportarem choques e vibrações e reduzir ruídos próprios quando em funcionamento.

Estes equipamentos deverão ser submetidos a ensaios conforme norma NBR aplicável.

1.7.12.6 Circuitos impressos

As novas tecnologias que empregam circuitos SMD têm projeto e processos de fabricação de cartões de circuito impresso adequados à utilização. Para outras aplicações, onde são utilizados componentes discretos, deverão ser seguidas as diretrizes abaixo ou outras devidamente aprovadas pelo METRÔ-DF.

Todos os cartões de circuitos impressos deverão ser de plástico reforçado com fibra de vidro, com espessura mínima de 1,6 mm, incluindo as superfícies metálicas, as quais deverão ter espessura de cobre mínima de 0,035 mm.

Nos circuitos impressos de dupla ou mais faces, a interligação entre as faces deverá ser feita através de furos metalizados.

Os cartões impressos deverão ser protegidos por uma camada de verniz acrílico isolante ou outro tipo de material de proteção flexível, resistente a fungos, umidade e adequado para suportar temperatura de até 120° C.

Nos casos de circuitos impressos removíveis, estes deverão ser constituídos por um conector do tipo macho-fêmea, conforme a especificação do conector.

Todos os cartões de circuito impresso deverão conter um bloqueio mecânico. Estes bloqueios não farão parte dos conectores e sim do próprio cartão.

1.7.12.7 Conectores

Os conectores para cartão de circuitos impressos deverão ser do tipo macho-fêmea, com pinos e receptáculos metálicos.

Os receptáculos deverão ter ação de mola, para assegurar um bom contato quando conectados, não estando sujeitos à ação de fadiga mecânica.

Todos os conectores utilizados nos cartões de circuitos impressos deverão ser do mesmo tipo e com o mesmo número de contatos. Outros tipos de conectores seguirão a especificação MIL-HDBK-217, ou equivalente.

Todos os conectores utilizados nos equipamentos deverão ter uma reserva de no mínimo 20 % de contatos, exceto os conectores dos cartões do circuito impresso.

Os conectores circulares ou retangulares, montados em chicotes de cabos, deverão ser providos de travas mecânicas.

1.7.13 Instalação elétrica, materiais e componentes

1.7.13.1 Instalação elétrica

A disposição da fiação deverá ser projetada de acordo com as recomendações do Fabricante do respectivo equipamento.

Os cabos de força deverão obedecer ao raio de curvatura mínimo conforme norma ou informação do Fabricante, prevalecendo o de maior valor.

Sempre que possível toda a instalação deverá ser agrupada em módulos pré-montados e alojados segundo disposição padronizada. A fiação instalada em eletrodutos não deverá ser amarrada.

Os fios e cabos não deverão ficar próximos a fontes de calor. Os condutores de potência, submetidos à tensão do terceiro de trilho, não deverão ser colocados no mesmo eletroduto dos condutores de comando, controle e serviços auxiliares.

Quando alguma peça de um componente do equipamento elétrico sob tensão do terceiro trilho for instalada juntamente com outra peça sob tensão auxiliar, toda a fiação envolvida deverá ser isolada para a tensão do terceiro trilho.

Toda fiação de comando, controle, sinalização e auxiliares deverá ser colocada em eletrodutos de dimensões e de material de acordo com as normas vigentes.

As extremidades abertas de qualquer eletroduto que atravesse o assoalho do carro deverão ficar no mínimo 20 mm acima do nível do piso e, convenientemente vedadas. A junção do eletroduto com o piso também deverá ser vedada.

Os raios descritos pelo eletrodutos deverão ser superiores a oito vezes o diâmetro nominal dos mesmos.

Todos os conduítes deverão ser convenientemente aterrados.

Os chicotes de fios deverão ser fixados e amarrados através de presilhas plásticas ou *nylon*.

A entrada e saída dos cabos nas caixas de passagem e junção dos equipamentos deverão ser feitas através de prensa cabos com vedação contra água e poeira.

Toda régua terminal, com mais de cinco bornes, deverá possuir uma reserva de no mínimo 10 % do total de sua utilização do projeto, sendo que cada borne não poderá possuir mais do que três condutores.

Não deverão ser feitas prensagens de dois ou mais cabos em um mesmo terminal. Os terminais deverão ser prensados com ferramentas compatíveis com cada tipo de terminal e bitola de cabo.

Todos os terminais deverão ser de tipos consagrados em projetos ferroviários.

Com o objetivo de evitar interferências eletromagnéticas, os sistemas de proteção e operação automática, equipamento gerador de sinal de controle, comunicação e outros, deverão possuir fiação adequada.

No interior do carro deverão ser instaladas tomadas para 220 Vac, com a localização, potência e quantidade a serem definidas na fase de projeto conceitual.

Todos os componentes da instalação elétrica tais como, réguas terminais, conectores, bases isolantes, micro-interruptores, solenóides, deverão ser ensaiados conforme normas ABNT e os ensaios de vibração segundo norma IEC-60077, caso não tenham sido utilizados em projetos anteriores.

1.7.13.2 Fios e cabos

1.7.13.2.1 Instalação interna

Instalação interna é quando o conjunto de fios, cabos e acessórios são instalados em local abrigado no interior dos carros, bem como os instalados sob o estrado, protegidos por conduítes e caixas sem partes expostas.

Os condutores para o circuito de controle e auxiliares deverão ser do tipo flexível, tanto na sua isolação como na sua formação, antichama (não propagante) e resistentes ao ozônio, óleo, graxa, luz solar e artificial.

Os condutores singelos não deverão ter seção transversal inferior a 1,0 mm².

Todos os condutores tipo flexível deverão ter seu encordoamento conforme norma IEC-60228, classe 5.

Os cabos com mais de dois condutores, blindados ou não, trançados ou não, não deverão ter bitola inferior a 0,5 mm².

1.7.13.2.2 Instalação exposta

Instalação exposta é quando a fiação, cablagem ou acessórios externos são instalados externamente à caixa do carro e não protegidos totalmente por conduítes ou caixas. Fiação externa à caixa do carro instalada em canaleta ou bandeja deverá ser considerada exposta.

Os condutores para os circuitos que envolvam equipamentos instalados na parte exterior da caixa deverão ser do tipo extraflexível, tanto na sua isolação como na sua formação, antichamas (não propagante), resistentes ao ozônio, óleos, graxas, luz solar e artificial.

Os condutores singelos não deverão ter bitola inferior a 1,5 mm².

Os cabos com mais de dois condutores, blindados ou não, trançados ou não, não deverão ter bitola inferior a 0,5 mm².

Entende-se como condutor extraflexível, aquele que tem, em seu encordoamento, condutores estanhados de diâmetro máximo 0,51 mm.

Deverão ser previstos 10 % de cabos reserva nos *trainlines* de comando, montados em calhas e interligação entre carros.

1.7.13.3 Cablagem – Requisitos de instalação

Toda fiação presente no trem deverá ser de cobre eletrolítico estanhado, com isolação isenta de halogênio, antichama (não propagante) com baixo índice de emissão de fumaça, baixo índice de toxidez e baixo índice de oxigênio, de acordo com a norma NFF-16101 e normas IEC-60811, 60502, 61034, 60754-2, EN50264 e EN50306, sempre a mais conservadora.

Toda cablagem de comando e auxiliares deverá ter isolação para 600 V, quando em instalação interna ou protegida.

Toda fiação deverá ser cuidadosamente planejada de modo a não passar próximo a válvulas, chaves, acessos de comando em geral e fontes de calor. Também deverá ser planejada de modo a evitar contato com canto vivo de estruturas e equipamentos.

Todos os cabos elétricos utilizados nas instalações elétricas do trem, independentemente da sua aplicação, devem possuir conectores em suas extremidades.

Os conectores devem garantir uma conexão segura, confiável e duradoura, evitando riscos de superaquecimento, falhas ou acidentes. O tipo de conector deve ser baseado no tipo de cabo, na seção do condutor, na corrente elétrica a ser conduzida e nas condições ambientais em que a instalação será realizada.

Ensaios:

- Verificação dimensional de diâmetro (ensaio de rotina);
- Ensaio de tensão suportável (ensaio de rotina);
- Propagação de chama (ensaio de rotina);
- Imersão no óleo (ensaio de tipo);
- Envelhecimento ao ar (ensaio de tipo);
- Resistência ao ozônio (ensaio de tipo).

1.7.13.4 Disjuntores termomagnéticos

Deverão ser utilizados, sempre que possível, disjuntores termomagnéticos, tanto para os circuitos de potência quanto para os circuitos de comando e auxiliares.

1.7.13.5 Relés e contatores

Estes componentes são utilizados em diversas funções, dentre as quais:

- Comando do carro: seleção da cabine líder, sentido de marcha do trem, intertravamentos elétricos e outros;
- Comando do sistema de portas;
- Comando de auxiliares.

Sua construção deverá ser do tipo robusta e montado em trilhos de fixação.

A fiação deverá ser ligada ao soquete do relé e contatores através de terminais tipo olhal ou soldada e protegida por luva termo-contrátil.

A instalação dos relés nos carros deverá atender os seguintes requisitos:

- A estrutura mecânica e contatos dos relés e contatores deverão ser adequados à execução de pelo menos um milhão de operações sob carga do circuito comandado, sem necessidade de manutenção;

- Se aplicável, o sistema de proteção contra sobrecarga, na propulsão e na frenagem, deverá ser provido de dispositivo para indicar o número de operações ocorridas e não poderão sofrer influências de campos magnéticos externos.

Ensaios dos relés e contatores:

- Ensaio de vibração;

- Ensaios de tipo e de rotina, realizados segundo a norma IEC-77.

1.7.13.6 Botoeiras e chaves comutadoras

Os componentes deverão ser do tipo robusto, com bom acabamento e padrão de cores conforme o utilizado nas frotas atuais.

A fixação das chaves e botoeiras não deverá permitir o movimento de seu corpo em relação à caixa. A peça de acionamento e o soquete das botoeiras deverão estar no mesmo plano, de modo a evitar operações indevidas.

Todos os componentes deverão ser conectados à fiação através de conectores do tipo olhal. A vida mecânica não deverá ser inferior a um milhão de operações.

Ensaios:

- Ensaio funcional

O ensaio de tensão suportável a ser realizado nestes componentes deve estar de acordo com norma ABNT aplicável.

O ensaio de vibração, segundo a norma IEC-77, deverá ser realizado se o componente não for consagrado em utilização ferroviária.

1.7.13.7 Motores auxiliares

Os motores destinados ao funcionamento dos compressores, ventiladores e exaustores do carro, deverão ser de indução, tipo gaiola e trifásico.

Todos os motores deverão ser blindados e dotados de mancais com rolamentos adequados às condições de operação metroviária.

A proteção dos motores contra curto-circuito deverá ser feita por disjuntores termomagnéticos ajustáveis.

A categoria do motor deverá ser definida de acordo com a carga a ser acionada. Os contatores de acionamento e os disjuntores de proteção dos motores, sempre que possível, deverão ser instalados próximos aos mesmos e serem protegidos contra poeira e umidade.

Condições de serviço:

- Altitude superior a 1.200 m;
- Exposição à poeira abrasiva e condutora;
- Exposição a choque e vibrações inerentes à instalação na caixa do carro;
- Funcionamento contínuo com exceção do motor do compressor, que deverá ter funcionamento intermitente.

Os enrolamentos dos motores de indução deverão ser de classe F.

Ensaios:

- Elevação de temperatura (ensaio de tipo);
- Rendimento (ensaio de tipo);
- Fator de potência (ensaio de tipo);
- Tensão suportável (ensaio de rotina);
- Desempenho (ensaio de rotina);
- Outros ensaios previstos nas normas NBR 17094-1, NBR 17094-3, NBR/IEC 60034-9 e NBR/IEC 60034-14.

1.7.13.8 Fusíveis e disjuntores

O nível máximo de corrente de curto-circuito esperado no sistema de terceiro trilho deverá ser de 100 kA, para o qual deverá ser dimensionada a capacidade de interrupção dos fusíveis e disjuntores diretamente energizados por este sistema.

Deverão ser fornecidos certificados que comprovem que os fusíveis e os disjuntores utilizados nos circuitos de potência preencham os requisitos exigidos nas normas IEC-77 e IEC-269-1.

A capacidade de interrupção do fusível de alta tensão deverá atender todos os níveis de corrente e impedância (L/R) inerentes ao sistema do terceiro trilho, mesmo com uma eventual sobrecarga em caso de falha do disjuntor ou contator.

A capacidade de interrupção dos fusíveis e disjuntores de CA deverá atender todos os níveis de corrente e fator de potência inerentes ao sistema nas situações de falhas.

Os fusíveis e disjuntores instalados nos circuitos de tensão inferior a 600 V deverão obedecer às normas ABNT aplicáveis.

A fixação dos fusíveis em seus respectivos porta-fusíveis deverá ser efetuada por terminais do tipo encaixe sob pressão ou do tipo faca ou do tipo faca e parafuso ou do tipo parafuso. Não deverão ser utilizadas fixações do tipo rosqueadas.

Sempre que possível, os fusíveis e disjuntores deverão ser instalados na posição vertical.

1.7.13.9 Aterramento

Todas as caixas, painéis, motores e equipamentos elétricos em geral deverão ser convenientemente aterrados na caixa do carro por cordoalha flexível de cobre estanhado, que deverá ser exclusivamente utilizada para esta finalidade. As conexões da cordoalha deverão ser efetuadas em locais estanhados, quando este local não for de aço inoxidável.

Toda fiação de corrente contínua de 72 V deverá possuir apenas um ponto de aterramento na caixa do carro. O neutro da fonte de 380 V também deverá ser aterrado.

1.7.14 Encanamento e mangueiras para ar comprimido

Os encanamentos deverão ser de cobre, com ligações por compressão ou soldadas, com uniões onde houver a necessidade e estar em conformidade com o padrão AAR-M-504.

As mangueiras em borracha sintética ou *nylon* reforçado deverão obedecer aos padrões de teste ASTM-D-380, norma UIC-830-1 ou EN 854. Estes materiais deverão ser resistentes ao ataque de ozona, graxa, óleo e outros. Os terminais da mangueira deverão ser componentes de ferro fundido e aço e deverão ter proteção superficial contra corrosão, do tipo zincado bicromatizado, com resistência mínima de 72 h em névoa salina, segundo a norma ASTM-B-117.

A fixação das conexões deverá resistir no mínimo cinco vezes a pressão de trabalho, sem ocasionar rompimento ou fissuras próximo à conexão, mesmo quando submetida a vibrações e oscilações normais de trabalho.

A identificação e a fixação das mangueiras deverão ser feitas de modo a não agredir a capa de revestimento.

Para melhorar a flexibilidade, nos casos de mangueiras do tipo *nylon*, poderá haver uma conformação em espiral, ao longo do comprimento.

1.7.15 Soldas

Todas as soldas executadas na fabricação deverão ser projetadas e executadas segundo técnicas aprovadas.

Todas as soldas deverão ser executadas por soldadores qualificados. A qualificação dos soldadores deverá ser feita conforme a norma AWS ou EN 15085.

O METRÔ-DF ou seu representante poderá acompanhar os testes de qualificação dos soldadores, dos quais serão exigidos os respectivos certificados. O METRÔ-DF poderá requerer, sem quaisquer ônus, testes de solda, de soldadores ou tipo de solda utilizada na fabricação do carro, quando julgar que seja questionável em relação aos procedimentos e recomendações indicados pela AWS.

Para todos os eletrodos empregados, deverão ser emitidos certificados de análise química por bitola e por lotes de compra. Deverão ser realizados ensaios para verificação de análise química do material depositado, conforme norma AWS.

Os eletrodos deverão ser mantidos em estufa até o momento de sua utilização.

As partes de aço inox unidas por solda a arco deverão ser executadas com eletrodo para aço inox. Todas as partes de aço inoxidável que são unidas por solda de resistência (solda a ponto) deverão ter um controle preciso da corrente, pressão, tempo, tamanho e forma do eletrodo, para se conseguir soldas uniformes dentro da resistência especificada.

Todas as soldas de resistência usadas para unir partes de aço inox, deverão exceder por no mínimo 20 % a resistência indicada na norma AWS, devendo ser distribuídas uniformemente.

Para cada união do tipo de solda a ponto, deverá ser efetuado um teste prévio de soldagem em corpo de prova que, em seguida, deverá ser submetido a ensaio de tração até a ruptura. Caso o valor obtido no ensaio seja inferior ao especificado, os parâmetros de soldagem (corrente, tempo e pressão de contato) deverão ser novamente regulados e novo ensaio deverá ser executado.

1.7.16 Moldados de fibra de vidro

Todas as peças moldadas em fibra de vidro deverão ser executadas com fibras de vidro finas e impregnadas com resina de poliéster e, a quantidade mínima em peso de fibra de vidro deverá ser de 25 %.

As fibras de vidro empregadas deverão ter 5 µ de diâmetro e serem dispostas em mantas, tecidos ou fibra cortada, atendendo as peculiaridades de cada aplicação. A resina de impregnação deverá ser do tipo autoextinguível e de alta resistência à absorção de umidade.

Todos os cantos e extremidades das peças deverão ser arredondados.

Todas as peças moldadas em fibra de vidro deverão receber tratamento superficial em *gelcoat*, pigmentada na cor do acabamento final e/ou pintura nas faces expostas.

O acabamento das superfícies visíveis das peças deverá ser liso, livre de empenamentos, bolhas, marcas, trincas ou riscos.

As espessuras para todas as peças em fibra de vidro deverão ser de acordo com suas características construtivas.

Todos os pontos de fixação dos moldados de fibra de vidro deverão ter elementos metálicos impregnados no mesmo para aumentar a resistência na sua fixação.

As peças moldadas em fibra de vidro deverão ser submetidas a ensaios de absorção de umidade conforme norma ASTM-D-570, impacto conforme norma ASTM-D-256, flexão conforme norma ASTM-D-790 e verificação de coloração.

1.7.17 Reservatórios

Os reservatórios deverão ser dimensionados de modo a garantir que o ciclo de trabalho do compressor seja homogêneo e evite a condensação de água no interior do mesmo.

Deverão ser fabricados em chapas de aço e ter proteção contra corrosão tanto externa como internamente.

Os reservatórios e demais equipamentos do sistema pneumático deverão ser testados (teste hidrostático) de acordo com as normas aplicáveis. Também deverão ser realizados testes de medição de espessura de chapa e confirmação do valor apresentado para pressão mínima aplicada no teste hidrostático.

Os reservatórios deverão ter na sua parte inferior, válvula ou bujão para dreno.

2 SISTEMA DE TRAÇÃO E FRENAGEM ELÉTRICA

2.1 Descrição funcional

O sistema de tração e frenagem elétrica deve ser projetado para funcionar em toda a faixa de velocidade operacional e para as condições de carro vazio até carregado, considerando os carregamentos estabelecidos nos itens 1.4.3, 1.4.4 e 1.4.5, atendendo aos requisitos de desempenho em tração e frenagem de serviço descritos nesta especificação.

Deve ser fornecida a simulação de marcha, no traçado da via da linha de operação, determinando a corrente RMS e potência do motor e apresentando as

curvas de tensão, corrente de linha, corrente de motor, aceleração e esforço em função da velocidade nos modos tração e freio elétrico para carga de AW4.

O projeto do sistema de tração e frenagem elétrica deve ser otimizado para evitar modos de falha que provoquem desligamento de mais de um eixo do respectivo carro. Desta forma, equipamentos que forem de uso comum a todos os inversores e motores de um mesmo carro, devem ter alta confiabilidade de modo a serem raros os casos de falhas que possam afetar mais que um conjunto inversor/motor.

O equipamento de tração e frenagem elétrica em corrente alternada de cada truque motor deve ser constituído de 2 motores de tração do tipo indução, inversor para alimentação e controle dos motores, um equipamento de processamento de comando e controle, equipamentos de manobra e proteção, filtros de linha, *chopper*, resistores de frenagem, etc.

O sistema de tração deve ser projetado com capacidade suficiente, para vazio e com a propulsão de um carro isolada, rebocar um trem carregado em AW3 por uma rampa de 4%. Esta capacidade deve ser comprovada através de teste em via.

O equipamento de tração deve operar em plena capacidade, sem sobrecargas nos motores que acionam eixos com diferenças de diâmetros de rodas no mesmo truque em torno de 1% e, em torno de 3% em rodas instaladas em eixos de truques diferentes do mesmo carro. Esses requisitos devem ser válidos em qualquer dimensão que as rodas possam assumir durante a sua vida útil.

A frenagem de serviço deve ser totalmente elétrica entre 90 e 5 km/h para carro vazio (AW0). Para carro carregado (AW5), a frenagem deve ser totalmente elétrica entre 65 km/h e 5 km/h. Para valores de velocidade e carregamento fora das faixas de velocidade mencionadas, a frenagem elétrica deve ser limitada apenas pela potência máxima dos motores e complementada pelo freio de atrito (“blending”).

Para valores de velocidade acima de 90 km/h e abaixo de 5 km/h, a frenagem elétrica deve ser limitada apenas pela potência máxima dos motores e complementada pelo freio de atrito, mantendo a taxa de frenagem solicitada.

A energia cinética dos carros em movimento, sendo convertida em energia elétrica nos motores de tração (operando como geradores), deve ser enviada, prioritariamente, ao sistema de alimentação, se ele for receptivo.

A linha pode ser considerada não receptiva para valores de tensão de alimentação acima de 900 Vcc e toda energia cinética do carro deve ser dissipada nos resistores de frenagem elétrica.

O equipamento de frenagem elétrica deve permitir ajustes de, aproximadamente, ± 5% em torno do valor de 900 Vcc.

Em linha totalmente receptiva e sob tensão nominal de alimentação, os sistemas de frenagem elétrica devem ter capacidade de regenerar, no mínimo, 55% da energia cinética total do trem, durante um ciclo completo de frenagem, para todos os valores de carga, de desaceleração requisitada e de velocidade acima de 25 km/h. Isso deve ser considerado para via em tangente e em nível.

O sistema de tração e frenagem elétrica a ser fornecido poderá efetuar o controle dos motores de tração por truque.

A Contratada deve apresentar na proposta, a configuração do sistema de tração e frenagem elétrica, o memorial de cálculo do dimensionamento do sistema e a interação com o sistema de freio de atrito.

2.2 Equipamentos de tração e frenagem elétrica

O sistema em corrente alternada de cada carro deverá ser constituído de:

- Inversores para alimentação e controle dos motores;
- Motores de tração do tipo indução, trifásico;
- Equipamento de processamento de comando e controle;
- Resistores de frenagem;
- Equipamentos de manobra e proteção.

O equipamento de processamento de comando e controle deverá ser único para o equipamento de tração do carro.

O equipamento de tração deverá operar em plena capacidade, sem sobrecargas nos motores que acionam os eixos, tanto com rodas novas quanto com rodas desgastadas. O sistema deverá ser tolerante para operar com diferenças de diâmetros de rodas, em um mesmo carro, de até 1 %, sem causar prejuízos aos motores de tração.

2.2.1 Inversor estático de tração

Os inversores do equipamento de tração e frenagem elétrica dos truques motores devem ser do tipo "controle por tensão" para alimentação e controle dos motores de tração.

O controle deve ser do tipo vetorial e os inversores não devem utilizar tacômetros para o controle.

Deve ser projetado de forma modular, constituído, basicamente, de semicondutores de potência, como diodos e elementos de chaveamento do tipo IGBT, sistema de resfriamento dos semicondutores, indutores etc.

Os dissipadores dos semicondutores devem ter dispositivos que possam desativar todo o sistema de tração e frenagem elétrica, quando houver sobreaquecimento.

Não serão aceitos sistemas de resfriamento onde os semicondutores de potência sejam imersos em câmaras de líquido refrigerante.

Os inversores devem ser refrigerados por ventilação natural, sem a necessidade de utilização de ventilação e filtros para o resfriamento de nenhum dos componentes do equipamento.

Os semicondutores de potência (IGBT e diodos) devem ter facilidades de substituição de componentes, necessitando, para isso, somente o trem na vala e ferramentas adequadas.

O inversor de tração não deve gerar perturbações elétricas na linha de alimentação, bem como, deve ser protegido contra perturbações geradas externamente na linha por outros equipamentos.

Todos os equipamentos devem ser projetados para não provocar perturbação no espectro de frequência de funcionamento do equipamento do sistema de

sinalização de via, controle de bordo CBTC e da RCTT (Rede de Comunicação Terra-Trem).

O reator de filtro deve ser dimensionado para trabalhar com ventilação natural, com classe de isolação H ou superior.

O inversor estático de tração deve incorporar, também, um circuito de potência para controlar a corrente nos resistores de frenagem reostática.

O inversor e o *chopper* devem possuir sensores para proteção contra sobre correntes, sobretensão, correntes de curto entre fases, correntes de curto contra o terra e temperatura excessiva nos semicondutores de potência e proteção contra o desacoplamento dos motores.

O dimensionamento dos semicondutores e do sistema de radiadores de calor deve ser realizado de forma a não ocorrer falhas por fadiga dos IGBTs por ciclos térmicos, em tempo inferior a 10 anos, considerando as condições operacionais definidas nesse documento. A Contratada deve apresentar memorial de cálculo para demonstrar o atendimento desse requisito.

Deve existir intercambiabilidade mecânica e elétrica entre os cofres dos inversores de tração para todos os carros.

O inversor estático de tração deve atender às condições descritas nas normas NBR- 8365 e IEC-60077, onde aplicáveis e os ensaios serão:

- Ensaios de Tipo:
    - funcional;
    - de impulso;
    - de calor seco;
    - de calor úmido;
    - de vibrações e choques.
- Ensaio de Rotina:
    - funcional;
    - de tensão suportável.

Observação: Caso o equipamento já tenha sido ensaiado, o Fabricante poderá apresentar os certificados de testes de tipo.

2.2.2 Motor de tração em corrente alternada

O motor de tração deve ser do tipo indução, rotor não bobinado (gaiola de esquilo), trifásico e balanceado dinamicamente.

O motor de tração deve ser autoventilado e o ventilador deve ser do tipo removível e o balanceamento ser independente do rotor.

Os filtros de ar devem ser descartáveis, eficientes, de material autoextinguível de fácil aquisição no mercado nacional e que não haja desprendimento de partículas ou fibras que danifiquem os motores.

A instalação e remoção dos filtros devem ser de acesso fácil sem necessidade de ferramentas especiais.

A durabilidade deste filtro deve ser de no mínimo 50.000km.

A filtragem do ar de resfriamento de motor deve ser efetuada por um sistema de pré-filtro por onde devem ser eliminadas as partículas sólidas de sujeira por processo mecânico e em seguida passar pelo filtro.

A carcaça do motor deve ser provida de argolas removíveis para facilitar a remoção por içamento.

O motor de tração deve ser dimensionado para suportar sobrecargas durante a frenagem elétrica a partir da máxima velocidade operativa e máxima desaceleração, quando ocorrerem valores de potência no motor bem superiores à potência nominal por breves intervalos de tempo.

Eles devem ser projetados para suportar sobre giro de até 20% acima da condição máxima de uso normal, por tempo indeterminado.

Os enrolamentos das bobinas do estator devem ser isolados com material classe H ou superior e, posteriormente, impregnados, sendo que a elevação de temperatura não deve ultrapassar os limites da classe F.

Os rolamentos do motor de tração devem ser alojados em mancais com válvula de graxa com bico graxeiro, ter isolação elétrica eficiente para evitar passagem de corrente devido às tensões internas geradas no motor.

O rolamento escolhido do lado acoplado deve ser do tipo rolo cilíndrico e do lado oposto esfera de uma ou duas fileiras e devem ser de alta capacidade de carga.

O eixo do motor de tração deve ser fabricado com material adequado e ser dimensionado para suportar as solicitações de cargas sem danos e com segurança.

A vida nominal calculada dos rolamentos para os motores de tração sobre as condições de cargas deve ser maior que 2.400.000 km.

O conjunto de mancal deve garantir um serviço normal com intervalo mínimo de relubrificação de 120.000 km.

A Contratada deve especificar pelo menos três fornecedores de graxas equivalentes que atendam às exigências técnicas que garantam a durabilidade e o intervalo de relubrificação.

O motor de tração deve ser protegido contra sobrecargas (sobre correntes), falta de fase, inversão de fase e, se necessário, contra excesso de harmônicas que possam prejudicá-lo.

Deve haver sensores térmicos no estator do motor. Os sensores devem ser removíveis e substituíveis sem necessidade de remover o enrolamento do estator.

A proteção contra curtos-circuitos no motor deve ser efetuada pelo conjunto disjuntor de linha, fusível, agindo em conjunto com o inversor.

O projeto de construção do motor de tração deve prever que, a sua instalação e remoção, possam ser executadas sem a desmontagem do truque, para isso deve ser projetado um sistema de suspensão do motor seguro, confiável e de fácil remoção.

O projeto de construção do motor de tração deve ser adequado a funcionar submetido às condições de vibração e choque existentes no truque e poeira abrasiva e condutora da via.

O projeto de construção do motor de tração deve ser de fácil montagem e desmontagem para troca dos rolamentos durante a manutenção.

A instalação e remoção do motor de tração devem ser facilitadas, tanto no acesso à desconexão dos cabos, como no desacoplamento mecânico.

Os motores de tração devem ser instalados com conectores elétricos de potência de forma a propiciar teste de giro dos motores a partir de um inversor externo e evitar a inversão de fases durante a manutenção. Os cabos nos conectores devem ser climpados, sem a utilização de parafusos.

Os motores de tração devem ser submetidos aos ensaios de tipo e rotina, conforme norma IEC60349-2 e serão os seguintes:

- Ensaio de Tipo:
  - elevação de temperatura;
  - curvas características;
  - sobrevelocidade;
  - ruído.
- Ensaio de Rotina:
  - aquecimento de curta duração;
  - curvas características;
  - sobrevelocidade;
  - tensão suportável;
  - vibração;
  - valores característicos com tensão nominal (tipo e rotina).

2.2.3 Equipamento de comando e controle de tração e frenagem elétrica

O equipamento de comando e controle de tração receberá os sinais de comando do trem do sistema TCMS e deve utilizá-los para o cálculo do esforço trativo ou frenante dos motores, levando em conta o peso dos passageiros, a tensão da linha, o diâmetro das rodas, e a máxima variação de aceleração (jerk).

No caso de perda de referência do peso dos passageiros o equipamento deve considerar a condição de carro vazio.

Os valores de diâmetros das rodas devem ser calculados pelo sistema de controle da tração e frenagem elétrica automaticamente, sem a necessidade de atualização dos valores manualmente.

A mudança do sentido de marcha deve ser intertravada com a condição de carro parado.

A transição de tração máxima para freio elétrico máximo e vice-versa, deve ser executada em tempo menor que 2,5 segundos, respeitando-se os limites de solavanco (jerk).

Deve haver interface do equipamento de tração com o equipamento de antipatinagem e antideslizamento do sistema de freio de atrito, o qual informará quando da ocorrência de patinagem ou deslizamento de alguma roda, de forma que o equipamento de controle de tração atue. Caso o sistema de tração não consiga corrigir o deslizamento após certo tempo, o controle deve ser realizado pelo sistema antideslizamento do sistema de freio de atrito.

O equipamento de tração e frenagem elétrica deve fornecer ao sistema de frenagem por atrito um sinal imune às interferências, proporcional ao esforço frenante que está sendo fornecido ao carro pela frenagem elétrica. Os sistemas devem ser compatibilizados para que haja um entendimento perfeito para atender a taxa de frenagem requerida.

Ocorrendo a requisição de frenagem de emergência, a frenagem elétrica deve ser substituída pelo freio de atrito até o valor da taxa especificada para a frenagem de emergência, sem redução da taxa durante a transição.

A interface entre o equipamento de comando e controle de tração com o equipamento de comando de freio de atrito deve ser compatibilizada para que a transição entre freio de atrito e freio elétrico e vice-versa, não afete a taxa de frenagem de serviço.

O equipamento de comando e controle de tração deve ser microprocessado, possuindo recursos de autodiagnóstico, com os valores dos principais parâmetros e rotina que detectaram as anormalidades de funcionamento e sinalização de falhas local e no console de comando (monitor de falhas).

O envio das sinalizações de falhas para o console deve ser através do sistema TCMS e da rede *Ethernet* do trem.

O controlador do sistema de tração deve possuir software de manutenção que poderá ser acessado através da rede *Ethernet* do trem ou via RCTT (Rede de Comunicação Terra-Trem).

O software deve permitir o monitoramento e visualização de todos os valores dos sensores que compõem o sistema de tração e frenagem elétrica, coleta de dados das falhas registradas pelo controlador do sistema e atualização de software remotamente.

O controlador do sistema deve enviar ao TCMS as variáveis de controles e valores dos sensores que compõem o sistema, sendo necessário o envio medido das tensões, correntes e esforços calculados para controle dos motores.

O equipamento deve ter, em seu painel frontal, pontos de testes que possibilitem a pesquisa de defeitos. Estes pontos devem permitir a leitura ou registro gráfico dos principais sinais, simultaneamente, sem prejuízo do funcionamento normal do equipamento.

O equipamento de comando e controle de tração deve possuir interface com o sistema TCMS do trem, providenciando a isolação do freio elétrico individualizada em cada carro para efeito de testes pela manutenção do METRÔ-DF.

A isolação do freio elétrico em cada carro deve ser sinalizada no sistema TCMS.

As sinalizações de isolação e falhas no sistema de tração devem ser enviadas ao sistema CBTC, pela rede MVB.

Devem ser previstas facilidades para leitura de posições de memória.

Deve ser possível acessar histórico de falhas e eventos do sistema de propulsão. O registro de histórico de eventos deve conter data, horário e o estado das principais variáveis consideradas pelo sistema de controle momentos antes e momentos após cada evento de forma a facilitar a pesquisa de falhas pela manutenção.

Toda atuação de proteções do sistema de tração deve ser armazenada no registro de eventos do equipamento de controle da tração.

O equipamento de comando de tração e frenagem elétrica deve monitorar a temperatura nos motores de tração, nos semicondutores de potência, filtros e reatores dos equipamentos de controle, atuando nas proteções para impedir a sua degradação.

No caso da tensão de alimentação cair abaixo de seu valor mínimo, o equipamento de comando de tração e frenagem elétrica deve paralisar o sistema de tração ou frenagem elétrica, impedindo, por exemplo, que o carro alimente (quando em regeneração) um curto-circuito da linha.

Nos casos em que a tração apresentar falha ou que seja paralisada por algum dos motivos previstos, o sistema de propulsão do carro com falha deve ser aliviado automaticamente com sinalização na IHM.

O equipamento de comando de tração e frenagem elétrica deve realizar toda a sincronização e o sequencial dos elementos de chaveamento, seja em tração ou frenagem elétrica, assim como gerar sinais de velocidade para serem utilizados para comando e controle das correntes dos motores ou do sistema de tração como um todo.

O equipamento de comando e controle de tração e frenagem elétrica deve ser submetido a ensaios, conforme norma NBR-8365 ou IEC 60571, que são:

- Ensaio de Tipo:
    - funcional;
    - de impulso;
    - de calor seco;
    - de calor úmido;
    - de vibração e choques.
- Os ensaios de rotina serão os seguintes:
    - funcional;
    - de tensão suportável.

Caso o equipamento já tenha sido ensaiado, a CONTRATADA poderá apresentar os certificados de testes de tipo.

2.2.4 Modo tração limitada

O sistema de tração e frenagem elétrica de cada carro deve possibilitar uma modalidade operativa para condução do trem, denominada “Modo Tração Limitada”, na qual o sistema de tração propiciará a condução e a retirada do trem da operação comercial, na velocidade máxima, a ser definida junto à contratada na fase de projeto executivo, em modo Automático (ATO) ou Modo de Condução Semi-Automático (MCS), liberando tração no trem de forma limitada e imposição de frenagem elétrica ou pneumática sem solavancos.

O sistema de tração e frenagem elétrica deve identificar e impor a sinalização modalidade “Modo Tração Limitada” nos casos de impossibilidade ou erro da leitura (sinal inválido) dos sinais da alavanca de comando, ou das leituras da Modalidade ATO, com a eletrônica de propulsão do(s) carro(s)/ *trainline* de tração, dos níveis de tração ou frenagem solicitados pelo operador ou equipamento de condução automática.

O Modo Tração Limitada deve ser ativado, por exemplo, em caso de defeito nas redes MVB do trem que não consiga interpretar corretamente os esforços de tração/freio solicitados ou do controlador de nível de tração/freio (encoder). A imposição do trem em Modo Tração Limitada deve ser realizada através do botão soco presente no console de liderança do trem (com “capa com sistema de mola”) ou chave no painel de chaves da cabine, pelo operador do trem, após o trem detectar necessidade de movimentação em Modo Tração Limitada devido à falha na rede dos equipamentos envolvidos na tração/propulsão do trem e ser mostrada esta necessidade em pelo menos uma das IHMs do console.

No Modo Tração Limitada o equipamento de tração e frenagem elétrica deve propiciar um nível de esforço padrão, da ordem de 50% para tração e 65% para frenagem elétrica em relação ao esforço que seria demandado considerando o trem com carga plena.

Para o freio de atrito o modo socorro deve considerar o percentual de 100% para o freio máximo de serviço.

O Modo Tração Limitada deve ser sinalizado em destaque na IHM e sua real efetivação dependerá de autorização dada pelo operador do trem ou do CCO (no caso da modalidade operativa automática).

A chave ou botão soco Modo Tração Limitada deve ser vermelha e localizada no painel de chaves operacionais no console (com “capa com sistema de mola”) ou chave no painel de chaves da cabine dos carros A.

A forma de autorização da movimentação do trem no “Modo Tração Limitada” deve ser definida com o METRÔ-DF durante a fase de projeto dos trens.

2.2.5 Resistores de frenagem

Os resistores devem ser dimensionados para dissipar a energia gerada em frenagem elétrica plena, sem considerar a energia regenerada para a linha, em todas as condições de carga, desaceleração ou velocidade inicial.

A montagem dos resistores deve permitir fácil substituição de elementos eventualmente danificados.

O projeto de instalação dos resistores de frenagem deve evitar problemas de sobreaquecimento de cabos, equipamentos e piso do carro.

Os bancos de resistores devem ser equipados com proteção térmica, se necessário.

Os resistores de potência utilizados no equipamento de frenagem elétrica devem ser submetidos aos ensaios, de acordo com as prescrições da norma IEC60322, sendo elas:

- verificação do material dos elementos do resistor (tipo);
- elevação de temperatura (tipo);
- vibração e choque (tipo);
- curto-circuito (tipo);
- higroscópico (tipo);
- desempenho sob chuva (tipo). Será realizado ou não, dependendo do local de instalação dos resistores de frenagem no trem;
- verificação da resistência nominal (rotina);

- tensão suportável (rotina).

2.2.6 Equipamento de manobra e proteção

Esse equipamento terá como finalidade energizar, desenergizar e manobrar os circuitos do equipamento de tração, frenagem elétrica e equipamentos auxiliares. Deve interromper correntes de curto-circuito ou sobrecargas (sobrecorrentes).

A entrada dos sistemas de potência deve possuir uma chave manual tipo faca, que desempenhará as seguintes funções:

- energizar o sistema de tração e auxiliares do carro;
- possibilitar a energização dos serviços auxiliares, mantendo os circuitos de tração desenergizados;
- desenergizar os sistemas de tração e auxiliares do carro.

Após a chave manual, no sentido do fluxo de energia, deve haver um disjuntor geral para proteção de todo sistema de tração e frenagem elétrica do carro, apto a interromper qualquer corrente de sobrecarga e curto-circuito que puder ocorrer nos carros.

A atuação das chaves em correntes operativas e de sobrecargas não deve implicar em manutenção dos contatos.

O disjuntor deve suportar até 3 interrupções seguidas, com intervalo de 30s entre atuações, da corrente de curto-circuito especificada, sem necessidade de intervenção da manutenção.

A ocorrência de sobrecarga em qualquer carro do trem (tração ou frenagem) deve ser sinalizada no console de operação.

O equipamento de tração deve prover automaticamente até dois religamentos do disjuntor de linha.

Se a operação de algum tipo de proteção do sistema de tração e frenagem não admitir rearme do disjuntor (relé diferencial, por exemplo) deve ocorrer, automaticamente, seu bloqueio.

O equipamento de tração e frenagem elétrica deve ser projetado para possibilitar o rebocamento dos carros de forma segura, qualquer que seja o defeito ocorrido no equipamento.

A ocorrência de tensões inferiores a 500 Vcc deve, automaticamente, abrir o disjuntor e o retorno da tensão a valores superiores a 500 Vcc deve rearmar, também automaticamente, o disjuntor.

A ausência de tensão de alimentação simultânea em todos os carros do trem indicará desenergização da linha e nesse caso, o religamento dos equipamentos de tração e frenagem e da fonte de corrente alternada deve ser efetuado após uma temporização ajustável entre 5 e 30 segundos após o retorno da tensão para valores acima de 500Vcc.

Os equipamentos de manobra e proteção (relés, contatores, chaves eletromecânicas e eletropneumáticas, disjuntor de linha, disjuntores, etc.) devem obedecer aos requisitos da norma IEC 60077 ou ABNTNBR 7428.

3 SISTEMA TRUQUE E SUSPENSÃO

3.1 Descrição geral dos truques

Todos os carros “A” e “B” deverão ser providos de dois truques com as características a seguir indicadas.

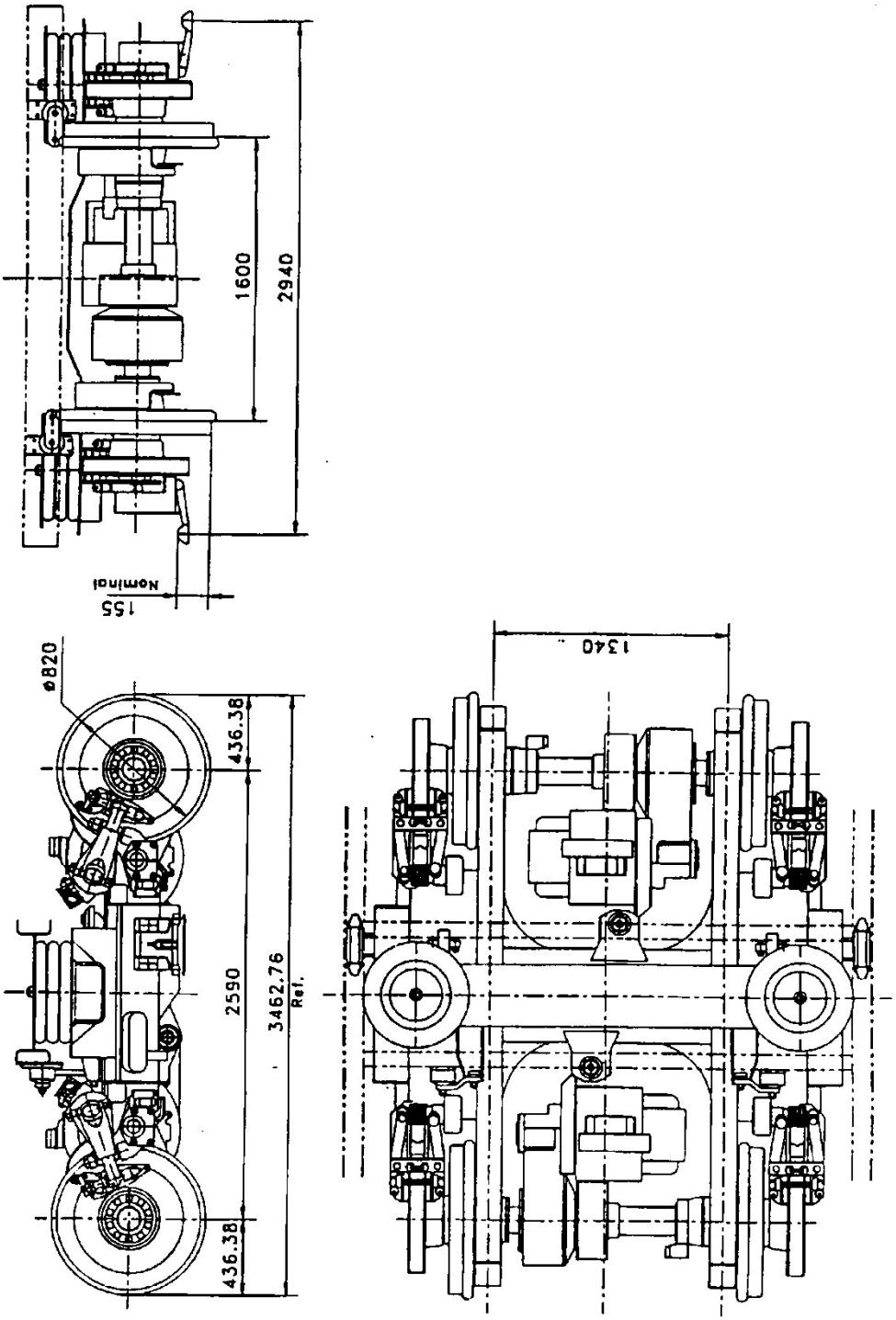
O truque deverá ter um motor por eixo e obedecer ao gabarito dinâmico.

A estrutura do truque deverá ser em chapa soldada de aço carbono do tipo ASTM-A-36 ou similar, com posterior tratamento térmico e NTU-SAC-50 na travessa.

O sistema de captação de energia deverá ser através de coletor do terceiro trilho.

A rotação entre a caixa e o truque deverá ser suave, oferecendo o mínimo de atrito. Todos os truques deverão ser intercambiáveis entre os carros “A” e “B”.

As características gerais estão representadas no desenho a seguir:


1600
2940
155
Nominal
ø820
436.38
2590
3462.76
Ref.
436.38
1340

3.2 Características fundamentais de construção

Os truques deverão ser projetados para suportarem a caixa do carro com todos os seus equipamentos e com lotação máxima especificados. Deverão permitir marcha suave em quaisquer condições de carga do carro, nas velocidades de operação previstas.

A construção do truque deverá ser tal que mantenha constante a altura do piso da caixa do carro ao boleto do trilho independente da carga de passageiros.

A estrutura e as suspensões deverão ser de tipos convencionais existentes no mercado, atendendo aos itens 3.3 e 3.4.

Entre a estrutura do truque e o seu rodeiro, servindo de elemento de ligação, deverá estar localizada a suspensão primária.

A suspensão secundária deverá ser constituída por bolsas de ar localizadas nas extremidades da travessa do truque. Esta suspensão deverá ser completada por meio de amortecedores hidráulicos de modo a garantir uma movimentação suave.

A diferença máxima admissível, no diâmetro de roda, entre eixos do mesmo truque é de 3 mm.

O truque deverá se inscrever corretamente na via. A rotação do truque sob a caixa do carro deverá ser suficiente para que o carro tenha estabilidade nas curvas de menor raio, sem ruídos e desgastes excessivos das rodas e trilhos.

O projeto do truque deverá prever montagem de outros equipamentos tais como: freio, coletores de corrente e antenas cuja montagem deverá ser feita na estrutura do truque.

Todos os equipamentos, cablagem e encanamentos de ar deverão ser fixados na estrutura do truque sendo assegurado o acesso fácil a todas as partes, parafusos, porcas e outros, para fins de manutenção. Assim, deverão ser previstas folgas suficientes que permitam a utilização de ferramentas usuais. O reparo de eventuais vazamentos nos encanamentos de ar não deverá implicar na desmontagem do truque. A fixação de elementos ao truque e à caixa não deverá permitir que ocorram esforços sobre esses, sejam de atrito, de impacto, tração, torção ou repetitivos que venham submeter o material à fadiga.

O truque deverá ser projetado para se obter uma boa estabilidade, fácil remoção e poucos pontos de desconexão quando de sua retirada da caixa.

3.3 Estrutura do truque

A estrutura do truque deverá ser construída com a utilização de chapas de aço soldadas, com resistência suficiente para suportar todos os esforços impostos pelo serviço especificado, sem deformações permanentes.

Deverá ser dada suficiente flexibilidade ao truque, a fim de permitir que as rodas acompanhem todas as irregularidades da via. Os eixos deverão ser montados de forma desvinculada à estrutura.

A travessa deverá ser fabricada em aço NTU-SAC-50 ou equivalente, servindo como um reservatório de ar da suspensão secundária.

3.4 Suspensão primária, suspensão secundária e válvula de nivelamento

O truque deverá ter dois estágios de suspensão:

- Suspensão primária, entre os rodeiros e a estrutura principal do truque, deverá ter um material resiliente do tipo CHEVRON. Alternativas de suspensão primária poderão ser submetidas ao Metrô-DF, que decidirá se acatará ou não a proposição;
- Suspensão secundária, entre a estrutura do truque e a caixa do carro, deverá ser do tipo bolsa de ar, com amortecedores de choque verticais e horizontais.

As suspensões, mais especificamente as suspensões secundárias, deverão proporcionar um amortecimento, tal que todos os fenômenos de galope prolongado de aceleração sejam atenuados durante o movimento normal dos carros, através de amortecedores.

A suspensão secundária (bolsa de ar) deverá ser provida de recursos suplementares para o caso de defeitos na própria suspensão. Assim, nos casos de rompimentos de uma das bolsas de ar, necessariamente acarretará o rápido esvaziamento da outra bolsa do mesmo truque. A suspensão, nestas condições, passará a ser feita com o auxílio de batente suplementares que deverão ser

instalados em paralelo com a bolsa de ar, permitindo continuidade de operação segura em qualquer velocidade.

O volume necessário de ar, para as bolsas de ar da suspensão, deverá ser fornecido por um reservatório próprio.

O circuito pneumático de suspensão deverá ser separado do sistema de freio, de modo que a paralisação de um sistema não acarrete perturbação no outro.

A válvula de nivelamento deverá ser instalada entre a caixa e o truque, com ajuste pela lateral do carro, com a finalidade de manter a altura do piso do carro constante em relação ao boleto do trilho, independente da flutuação da carga do carro.

A válvula de nivelamento deverá ser tal que deverá aumentar ou diminuir a pressão de ar das bolsas das suspensões secundárias, conforme o aumento ou diminuição do número de passageiros do carro.

A válvula de nivelamento deverá ser localizada na região central do truque, em local de fácil acesso para manutenção.

A ação da válvula de nivelamento deverá ser tal que ela não seja sensível às oscilações normais do carro durante o movimento, para tanto, deverá possuir um sistema de amortecimento.

Para os truques do mesmo carro, o sistema de suspensão secundária deverá ser provido, no seu sistema de alimentação de ar, de uma restrição para atenuar as variações bruscas de entrada e de saída do ar de suas bolsas, mantendo o tempo de resposta em torno de 30 s.

Com o objetivo de fornecer a informação da pressão de bolsa para os sistemas de tração e frenagem elétrica e sistema de freio de atrito, deverá haver um sistema que obtenha a média das pressões existentes nos dois truques do carro.

Limitadores de curso, convenientemente localizados no conjunto truque-caixa, deverão ser previstos para impedir deslocamentos da caixa além do limite normal.

Após a variação da condição de carro vazio (AW0) para carro lotado (AW5), a informação de carregamento real do carro, para ser utilizada pelos sistemas de tração e freio de atrito, deve ser atualizada em um tempo inferior a 30 s.

3.5 Eixos e rodas

Os eixos deverão ter dimensões conforme o projeto do truque e deverão ser construídos com material, cuja composição química e propriedades físicas, sejam conforme a do aço tipo AAR-M-101 ou EN 13261, tratado termicamente de modo a ter resistência à ruptura de no mínimo 7.000 kgf/cm², alongamento não inferior a 20 %. Em 50 mm, a redução de área não deverá ser inferior a 50 %.

Os acabamentos superficiais, bem como as identificações dos eixos deverão ser conforme as normas em utilização para material ferroviário.

As rodas deverão ser de aço forjado e laminado com a superfície de rolamento tratadas termicamente, conforme a especificação AAR-M-107, perfil AAR G29-78 cônica, classe CR ou EN 13262, ou outras normas equivalentes.

Todas as rodas deverão ser providas de dispositivos que permitam extraí-la por meio de pressão de óleo.

As rodas deverão ter diâmetro mínimo de 830 mm, devendo ser balanceadas estática e dinamicamente, conforme norma aplicável.

As rodas deverão ser do tipo que permita torneamentos múltiplos para correção do perfil, portanto, o seu aro deverá ter uma espessura útil de pelo menos 45 mm para o seu desgaste.

A diferença máxima admissível no diâmetro de rodas no mesmo eixo é de 1 mm.

O eixamento das rodas deverá ser executado conforme as normas AAR ou equivalente, com registro gráfico de prensagem da roda.

Toda identificação da roda seguirá as normas já existentes da ABNT de material ferroviário.

3.6 Lubrificador de via embarcado

Deverá ser previsto um sistema para aspersão de pequenas quantidades de lubrificante entre o flanco do friso da roda e a lateral do boleto do trilho. As principais características deste sistema são:

- Capacidade para aplicar lubrificantes viscosos de alto desempenho com alto conteúdo de sólidos e consistência NLGi-00 ou NLGi-000;
- Capacidade de dosar adequadamente as quantidades de lubrificantes;
- O sistema deverá ter tubulação única para lubrificante e ar;
- Permitir o controle sobre a intensidade de lubrificação;
- A lubrificação deverá ser direcionada à área do friso, não permitindo a contaminação do topo do boleto;
- O reabastecimento deve ser rápido e fácil;
- O lubrificante deverá ser biodegradável;
- Os discos de freio e a parte inferior do truque não poderão ser contaminados com o lubrificante;
- O sistema deve permitir testar seu funcionamento;
- O sistema deverá ser acionado em trechos de curvas da via e/ou de modo temporizado.

3.7 Caixa e rolamento para rodeiro

Os mancais do rodeiro deverão ser de rolamentos do tipo autocompensadores de rolos montados em caixas de graxas. A sua vedação deverá ser do tipo labirinto.

Os rolamentos dos mancais deverão ser dimensionados para ter vida útil superior a 1.000.000 km. Os rolamentos deverão ser protegidos contra circulação de corrente elétrica.

As caixas dos rolamentos deverão ter bico graxeiro em local de fácil acesso.

3.8 Caixa de engrenagens

Cada rodeiro deverá ser equipado com uma caixa redutora de engrenagens com projeto específico para o truque.

As caixas deverão ser fabricadas em ferro fundido nodular.

A vedação da caixa de engrenagens junto ao eixo tubular do rodeiro deverá ser eficiente.

As engrenagens deverão ser montadas em eixo com mancais de rolamento, imersas em banho de óleo, contido em carcaça com vedação eficaz para a retenção do óleo.

As caixas de engrenagens deverão ser providas de dispositivos que assegurem a lubrificação efetiva dos rolamentos em ambos os sentidos. As mesmas deverão ser equipadas com tampas de inspeção necessárias, vedadas de modo adequado, com bujão de drenagem e vareta magnética.

As caixas de engrenagem deverão ser projetadas para operação silenciosa nas velocidades normais dos trens e, de modo a facilitar a montagem e desmontagem dos seus componentes.

As engrenagens deverão ter os dentes tratados termicamente na superfície do engrenamento por cementação, nitretação ou através de outros processos, de modo a manter na superfície e nos respectivos núcleos dos dentes, uma dureza compatível com o trabalho exigido. O material da engrenagem deverá ser “17CrNiMo6”.

3.9 Acoplamento resiliente

A caixa de engrenagens deverá ser fixada ao respectivo rodeiro através de um acoplamento resiliente, que amortecerá as variações de aceleração na tração e frenagem e protegerá as engrenagens contra choques e vibrações.

O material resiliente deverá ser de borracha, que atenda aos critérios de amortecimento e durabilidade. Os parâmetros de deformação estática do elemento resiliente deverão ser apresentados pelo Fabricante e comprovados durante a fabricação.

3.10 Cilindros, discos e pastilhas de freio

Os freios dos truques deverão ser do tipo a disco, instalado um em cada extremidade do eixo e fixado no cubo da roda.

A geometria do conjunto de timoneria de freio deverá ser projetada de modo que a relação de alavancas seja tal que não haja variação da força aplicada ao disco, em quaisquer condições de desgaste das pastilhas.

A folga entre as pastilhas de freio e o disco deverá ser ajustada automaticamente em função do desgaste e, o tempo de resposta do freio deverá ser constante quaisquer que sejam as condições de desgaste da pastilha e do disco.

O ajustador de folga deverá possuir um curso suficiente para possibilitar sua abertura manual e, facilitar assim a substituição das pastilhas de freio. O ajustador deverá permitir uma regulagem da folga entre as pastilhas de freio e o disco de 0 mm a 5 mm e possuirá travamento interno no mecanismo a fim de não permitir desajustes provocados por trepidação.

As pastilhas de freio deverão apresentar as seguintes características:

- Deverão ser do tipo não asbestos;
- Não deverão apresentar emissão de gases, resíduos ou ruído que sejam prejudiciais aos empregados e usuários do sistema;
- Deverão operar de modo estável até a temperatura de 250º C;
- Deverão ser intercambiáveis com a frota atual sem necessidade de nenhum ajuste;
- Deverá possuir fornecedor nacional e já homologado. Caso existam outros fornecedores, com capacidade de atendimento, seus produtos deverão ser submetidos a testes, com o acompanhamento do METRÔ-DF, para homologação.

3.11 Suspensão do motor

A suspensão dos motores no truque deverá ser feita de modo a absorver as vibrações, utilizando-se barras suportes vertical e horizontal, devidamente fixadas ao truque através de coxins de borracha.

A suspensão do motor deverá ser projetada de modo a garantir a sustentação dos motores, caso ocorra qualquer falha na sua fixação.

3.12 Aterramento

O aterramento do carro deverá ser constituído por escovas duplas que deslizam sobre anéis ou discos situados nos eixos dos rodeiros.

As escovas deverão ter dimensionamento tal que, a perda de uma não implique nas condições de segurança.

O porta-escovas deverá ser do tipo caixa metálica isolada, totalmente fechada de modo a evitar a entrada de poeira, robusta, de fácil acesso para inspeção e substituição das escovas.

Os cabos com identificação de alta tensão deverão ter suas caixas interligadas por cabo de potência e resistor, se necessário, para continuidade do aterramento.

3.13 Coletor do terceiro trilho

Cada truque deverá ser provido, em cada lado, de um conjunto coletor de corrente do terceiro trilho, constituído de:

- Viga suporte;
- Suporte da sapata coletora;
- Sapata coletora;
- Caixa de fusível;
- Protetor contra arco.

A fixação da sapata coletora ao suporte e, deste na viga suporte, deverá ser feito de modo a permitir regulagem de altura para compensação dos desgastes das rodas e a regulagem da pressão de contato entre a sapata e o terceiro trilho. A mola que regula a pressão de contato deverá ser do tipo helicoidal com espaçamento suficiente para não provocar atritos entre as espirais e, quando da aplicação do esforço, a mola deverá ser projetada no sentido de abrir as suas espirais.

A pressão de contato da sapata com o terceiro trilho deverá se manter dentro da faixa definida no projeto.

A sapata coletora deverá ter uma pastilha de desgaste de ferro fundido, devidamente protegida contra choques mecânicos e de fácil substituição. A captação de corrente deverá ser efetuada na face interior do terceiro trilho.

A sapata coletora deverá ser projetada de modo a garantir o perfeito assentamento da pastilha em toda a área de contato com o terceiro trilho, inclusive nas rampas de entrada e, deverá possuir um fusível mecânico.

Cada conjunto coletor deverá ter um fusível de proteção contra curto-circuito entre a sapata coletora e os equipamentos do carro, com capacidade para suportar sobrecarga quando uma única sapata coletora estiver alimentando dois carros.

3.14 Ligações mecânicas, elétricas e pneumáticas

O truque deverá proporcionar um apoio apropriado à caixa do carro, bem como transmitir os esforços de tração e frenagem.

O projeto deverá prever limite de deslocamento transversal da caixa em relação ao truque.

Um dispositivo de travamento deverá ser instalado para permitir o levantamento dos truques quando a caixa for levantada.

As ligações mecânicas, elétricas e pneumáticas entre o truque e a caixa deverão ser de modo tal que, nas ocasiões da retirada do truque da caixa sejam facilmente removíveis. Estas ligações deverão ser seguras e confiáveis.

Os cabos e as mangueiras de ar instaladas nos truques deverão ser fixados por meio de abraçadeiras apropriadas e quando da rotação do truque, não deverão apresentar interferência com elementos adjacentes.

3.15 Soldas do truque

Todas as soldas executadas nos truques deverão atender ao estabelecido no item 1.7.15.

As soldas, localizadas em áreas consideradas críticas e a serem indicadas no desenho, deverão ser objeto de testes de aceitação do processo de soldagem a ser adotado.

Estes testes deverão ser realizados nos corpos de prova construídos de modo a simular as áreas críticas em análise.

As soldas deverão ser analisadas com líquido penetrante, ultrassom ou raio-x, conforme o caso.

3.16 Ensaio do truque

3.16.1 Ensaio Estático

No ensaio estático, as principais cargas aplicadas simultaneamente, devem ser as cargas verticais (condição nominal e sobrecarga), transversais e longitudinais adicionando-se às cargas secundárias provenientes dos esforços de frenagem, suporte do motor de tração, peso dos acessórios e demais cargas determinadas nos estudos.

3.16.2 Ensaios Dinâmicos

Em sequência ao ensaio estático, o protótipo da estrutura deve ser submetido a ensaio dinâmico com esforços pulsantes em diversos pontos da estrutura principal e também nas estruturas secundárias como suporte do motor de tração, timoneira de freio, suporte da barra de tração, e outros locais definidos nos estudos, através de equipamentos que reproduzam as condições normais de funcionamento do truque na via.

Os esforços pulsantes devem ser executados com condições nominais de carga e com sobrecarga.

O ensaio dinâmico deve ter uma duração de pelo menos 6.000.000 de ciclos com aplicação simultânea de esforços principais e esforços que reproduzam as condições normais de funcionamento do carro conforme abaixo:

- de 0 - 6.000.000 ciclos com carga nominal (AW5);
- de 6.000.000 – 8.000.000 ciclos carga nominal + 20% (carga dinâmica + quase estática);
- de 8.000.000 – 10.000.000 ciclos carga nominal + 40% (carga dinâmica + quase estática).

Durante as duas primeiras fases do ensaio (até 8.000.000 ciclos), não deve aparecer nenhuma fissura. Na terceira fase, caso ocorram algumas pequenas fissuras, a continuidade do teste dependerá da análise do Metrô.

Para os demais ensaios não explicitados nesta Especificação Técnica, devem ser seguidos os preceitos da norma UIC 615-4.

3.17 Sistema de Detecção de Rodeiro Desalinhado (Descarrilado)

Os eixos e rodas deverão ser providos de dispositivos ou sensores de alinhamento/desalinhamento em relação ao trilho de rolamento que permitam identificar que o rodeiro está descarrilado. Esta informação deve ser enviada via Sistema de Monitoração de Falhas e Registro de Eventos a IHM, alarmando com ícone próprio, identificando o carro/truque/rodeiro descarrilado.

4 SISTEMA CAIXA

4.1 Concepção estrutural da caixa

4.1.1 Caixa

A caixa do carro deverá ser projetada para atender as características de desempenho exigidas.

O projeto da caixa deverá ser desenvolvido, considerando as características básicas apresentadas nesta especificação.

A caixa dos carros “A” e “B” deverá ser dimensionada para o número de passageiros conforme indicado no item 1.5.3. O *layout* dos bancos deverá ser definido na fase de projeto. Para efeito de cálculo, a caixa deverá suportar a condição de carregamento AW 5 (10 passageiros/m²), com peso médio de 70 kg por passageiro. A caixa deverá ser dimensionada para suportar sem deformações perceptíveis ou permanentes a carga máxima por tempo indeterminado.

O exterior do carro deverá possuir superfícies convenientemente desenvolvidas para facilitar a limpeza através da lavagem automática, assim como na interligação entre carros.

O acabamento externo dos carros deverá ser projetado de modo a evitar ondulações, arestas ou variações bruscas de superfícies.

As soldas a arco e aquelas por resistência (soldas a ponto) deverão ter os pontos bem alinhados e uniformemente distribuídos.

Poderão ser utilizados parafusos ou rebites expostos no acabamento externo, onde necessário, para fixações de elementos, tais como, suportes de lâmpadas de sinalização. Para estes casos os parafusos deverão ser de aço inoxidável e embutidos.

As portas do salão de passageiros deverão ser três de cada lado.

No estrado, internamente aos estojos das portas, deverá ser prevista a execução de furos adequados para garantir o escoamento da água.

O carro “A” deverá possuir cabine de condução em toda a largura da cabeceira dianteira, com portas de acesso, possuindo escada e pega-mão para o piloto, nas duas laterais e uma porta de comunicação com o salão de passageiros. A escada deverá possuir dimensões que facilitem o acesso à cabine a partir da via e/ou pátio, considerando a maior altura do lastro existente e a posição do terceiro trilho.

Todos os carros deverão ser providos de painéis externos na cabeceira 2, com recursos operacionais, conforme descrito no item 4.1.4.

O arranjo dos bancos, colunas e pegadores deverá ser definido na fase de projeto.

A cabeceira dianteira do carro “A” deverá receber uma “máscara” de acabamento, conforme descrito no item 4.6.2.

A caixa do carro deverá ser projetada de modo que se inscreva no gabarito dinâmico especificado, nas máximas condições de oscilação, folgas e desgastes.

Os equipamentos na caixa deverão ser distribuídos, tanto no plano transversal como no longitudinal, de modo que o conjunto fique equilibrado.

O *layout* dos equipamentos sob o estrado deverá ser projetado de modo a evitar instalação de equipamentos rotativos, resistores, captação de ar com ou sem filtro e outros, próximo aos truques, devido aos respingos lançados pelas rodas. A disposição desses equipamentos deverá permitir fácil acesso para limpeza, inspeção e manutenção. Na impossibilidade de se atender a esse requisito, deverá ser previsto anteparos, com o mesmo material utilizado na caixa.

A ligação da caixa com o truque deverá permitir nivelamento do piso e ter sua altura constante em relação ao boleto do trilho por meio de um dispositivo nivelador, considerando que a diferença máxima admissível no diâmetro de roda, entre eixos do mesmo carro, é de 6 mm.

As ligações entre a caixa e o truque deverão permitir que os carros sejam levantados juntamente com o truque.

Em todos os carros as portas de serviço deverão estar localizadas na porta central, sendo uma em cada lateral do carro. As portas deverão ter dispositivo para facilitar o acesso a partir da via e/ou pátio.

O projeto deverá prever ainda, segurança e facilidade de acesso para se fazer o acoplamento entre trens.

4.1.2 Estrutura da caixa

A caixa do carro deverá ser construída em aço inoxidável. As partes que, por condições de projeto, seja necessária a utilização de aço baixa liga, sua aplicação deverá ser limitada ao estritamente necessário. Especialmente nos requisitos relacionados aos cálculos de esforços na caixa, deverá ser considerada a categoria P-III da norma EN12663-1.

O aço inoxidável empregado deverá ser do tipo AISI-201, AISI-202 ou equivalente para as partes estruturais não visíveis e do tipo AISI-301, AISI-302, AISI-304 ou equivalente para partes visíveis. Para as partes não estruturais e não visíveis pelos passageiros, poderá ser usado aço inoxidável do tipo AISI-430 ou equivalente.

A estrutura da caixa deverá ser projetada de modo que possa ser levantada por meio de equipamentos apropriados, aplicados no dispositivo antiencavalamento ou pelos quatro pontos de apoio instalados nas laterais dos carros, com ou sem os truques.

Deverá ser possível o levantamento da caixa por uma extremidade, seja para recarrilamento ou manutenção. Nessas regiões, para levantamento, existirão placas de aço antiderrapante de espessura suficiente para que não ocorra deformação permanente.

A estrutura da caixa deverá ser projetada visando à interligação de todos os elementos com a finalidade de formar um monobloco resistente.

Deverão ser projetadas colunas de colisão em ambas as cabeceiras, solidamente fixadas aos elementos estruturais da caixa.

Nas interligações entre as laterais, cabeceiras, cobertura e estrado deverá ser utilizado material vedante para manter a estanqueidade do conjunto. O produto

utilizado para a vedação deverá ser aplicado entre as chapas a serem unidas antes da execução das soldas. O material e o processo utilizados deverão ser adequados.

4.1.2.1 Cálculo estrutural

Como complemento aos ensaios estruturais, deverá ser realizado cálculo estrutural através de método de elementos finitos para comprovar a coerência das tensões atuantes em comparação com os resultados dos ensaios.

O memorial de cálculo estrutural estático e de fadiga dos elementos estruturais do trem deverá ser fornecido ao METRÔ-DF.

A metodologia a ser empregada nesse cálculo é apresentada no item 4.1.2.2e os parâmetros de cálculo deverão ser estabelecidos em observância com as práticas recomendadas e, segundo as solicitações de carregamento indicadas no item 1.5.3.

4.1.2.1.1 Solicitações normais

Suportar o levantamento da caixa pelos quatro apoios de macaco, com o truque, simulando levantamento na oficina.

Carga vertical estática correspondente ao peso próprio aumentado da carga excepcional, 29.400 kgf, sob condições de serviço.

4.1.2.1.2 Solicitações acidentais

- Compressão longitudinal de 52.000 kgf, aplicada na ancoragem dos engates;
- Compressão longitudinal de 100.000 kgf, aplicada no centro dos dispositivos antiencavalamento;
- Levantamento da caixa com um truque suspenso e apoiada no outro truque, utilizando a superfície inferior do antiencavalamento, simulando descarrilamento;
- Carga vertical de 35.000 kgf, usando duas das quatro nervuras, sem que sejam ultrapassadas as cargas limites do dispositivo de antiencavalamento, de suas fixações à estrutura do carro e da própria estrutura do carro. Duas das quatro nervuras resistem ainda a um esforço de compressão de 100.000 kgf sob quaisquer condições de encavalamento.

Para qualquer das solicitações referidas acima, não se devem verificar deformações permanentes.

4.1.2.1.3 Carga na cobertura

A cobertura deverá ser projetada para sustentar os componentes do sistema de ar refrigerado, dutos, conduítes, luminárias, revestimento, colunas e outros, e resistir sem deformação permanente a uma carga concentrada de 102 kgf exercida por homens trabalhando na cobertura espaçada entre si por 0,75 m.

4.1.2.2 Análise estrutural de carros usando o método dos elementos finitos

4.1.2.2.1 Cálculo estrutural de carros usando análise por elementos finitos

Toda a estrutura dos carros deverá ser analisada através da utilização do método dos elementos finitos.

Este método deverá permitir, com precisão, o dimensionamento e a forma de cada parte da estrutura, além do arranjo ideal de conectores, sejam eles parafusos, rebites ou soldas. Desse modo poderá se alcançar o peso ótimo da estrutura para uma pré-determinada vida de projeto.

O projeto estrutural deverá ser realizado conforme a seguinte metodologia:

- Síntese estrutural

  Nesta fase deverá ser gerado um diagrama estrutural baseado em cálculos simplificados. Usando geralmente modelos simples de vigas e através de comparação com carros semelhantes em operação com projetos já testados.

- Análise estrutural por elementos finitos

A modelagem matemática da estrutura acima gerada deverá então ser preparada. Tal modelagem inclui a definição de nós, escolha dos elementos finitos adequados (barras, placas, membranas, sólidos e outros), cálculo das propriedades geométricas, definição de cargas e condições de contorno para cada carregamento.

Deverá ser estudada inicialmente a estrutura submetida aos carregamentos estáticos convencionais, tais como: vertical, compressão, torção e macaqueamento. Os resultados (deflexões, distribuição de tensões em membranas, placas, vigas e

outros) deverão ser analisados diretamente a partir do monitor de vídeo. Ocorre geralmente um processo interativo de acerto da malha até se obter resultados consistentes. Tal consistência deverá também ser verificada a partir de cálculos manuais.

Obtida a distribuição de tensões atuantes (normais e de cisalhamento) deverão ser calculadas as tensões críticas de flambagem das chapas e dos corrugados.

A seguir deverá ser estudada a dinâmica da estrutura por meio de uma análise modal. Nesse ponto é importante verificar se as primeiras frequências naturais coincidem com as da suspensão (primária e secundária) a fim de se evitar amplificações dinâmicas, que possam comprometer o nível de conforto do carro.

Deve-se também efetuar a análise plástica da estrutura quando submetida à carga máxima que ocorre, por exemplo, durante um impacto. Desse modo deverá ser possível estudar a resposta da estrutura quando da ocorrência de uma colisão.

- Análise local por elementos finitos

Os pontos críticos da estrutura, tais como cantos de portas e janelas, deverão ser estudados em maior detalhe. Uma modelagem mais refinada deverá ser preparada e esforços de contorno deverão ser obtidos do modelo total da estrutura. Desse modo deve-se estudar o fluxo de tensões nessas regiões e a necessidade de eventuais reforços.

Todos os resultados acima definirão a estrutura do carro. O processo é interativo, ou seja, em qualquer uma das fases do projeto poderá haver necessidade de se alterar a estrutura e eventualmente se retornar a um passo anterior.

Durante o projeto, à medida que vão sendo definidos os detalhes de ligações deverão ser realizados testes de laboratório, principalmente em regiões que trabalham sob cargas cíclicas e, portanto, sujeitas à fadiga.

A seguir, deverão ser executados os testes estruturais estáticos do protótipo. Estes testes são úteis para checar os cálculos estruturais, a adequação das hipóteses de projeto, bem como as técnicas de modelagem empregadas. Os testes

(estáticos ou dinâmicos) deverão ser realizados no laboratório de ensaios da CONTRATADA.

4.1.2.2.2 Método dos elementos finitos

O método dos elementos finitos é uma generalização do método matricial dos deslocamentos.

A estrutura real é contínua e pode ser entendida a nível microscópico, como constituída por um número infinito de nós e partes, sendo estas últimas infinitamente pequenas. A ideia básica do método é que a estrutura a ser analisada é considerada como constituída de partes discretas, chamadas elementos, que são conectadas por um número finito de pontos ou nós.

Os deslocamentos da estrutura são representados pelos deslocamentos dos nós. Estes deslocamentos são chamados graus de liberdade. Eles deverão ser as incógnitas primárias da análise e podem ser deslocamentos lineares ou rotacionais. Os graus de liberdade associados a cada nó dependem do tipo de elemento que está conectado aos nós. Somente tais graus de liberdade são ativos no nó. A estrutura é então representada por elementos bidimensionais ou tridimensionais, e a partir daí passa a ser analisada.

Os deslocamentos dentro do elemento são relacionados aos deslocamentos dos nós por uma função de forma. Tal função é na realidade uma generalização do método de *Ritz*. A matriz de rigidez, que relaciona os deslocamentos nodais de um elemento com seus esforços nodais é uma combinação da função de forma e das propriedades do material. A matriz de rigidez é determinada pelo princípio do mínimo de energia potencial total.

Impondo condições de equilíbrio em cada nó e, combinando as matrizes de rigidez de cada elemento, chega-se a um sistema de equações lineares. Essa equação é resolvida para os deslocamentos nodais, dos quais, as tensões e deslocamentos dentro de cada elemento podem ser encontrados.

Portanto, o método dos elementos finitos pode ser resumido pelos seguintes passos:

- Idealização da estrutura (geração da malha nós e elementos);

- Cálculo das propriedades geométricas;
- Cálculo das cargas (nodais e por elemento);
- Formação da matriz de rigidez por elemento;
- Montagem e solução do sistema de equações lineares simultâneas;
- Cálculo das tensões nos elementos.

4.1.3 Cabeceira

As extremidades dianteiras dos carros “A” deverão ter uma cabeceira que permitirá a colocação de pára-brisa em toda a extensão relativa à cabine do piloto.

As cabeceiras dianteiras dos carros “A” deverão ser revestidas com uma máscara fabricada de resina poliéster reforçada com fibra de vidro, conforme especificado.

A união da máscara à caixa do carro deverá ser de tal modo que não dificulte a limpeza através de lavagem automática e seja de fácil substituição.

As duas cabeceiras dos carros “A” e “B” deverão ser rigidamente soldadas aos montantes de colisão.

A distribuição dos esforços deverá ser feita de modo uniforme entre elementos estruturais da cabeceira para que não existam sobrecargas localizadas.

A interligação das cabeceiras com as demais estruturas da caixa não deverá apresentar reentrâncias ou saliências que dificultem a lavagem automática do carro.

4.1.3.1 Painéis externos de cabeceira

Em ambas as laterais da cabeceira 2 de todos os carros deverão ser instalados painéis laterais externos para abrigar as chaves:

- Quatro de isolação de portas;
- Uma de isolação de freio de serviço;
- Uma de isolação de freio de emergência;
- Uma de isolação do encanamento principal;
- Uma de iluminação de emergência.

Quando o rearme remoto efetuado através de comando na cabine não funcionar, deve haver a possibilidade de rearme em Painel Externo de Atuações (colocado próximo ao Painel Externo de Isolações) e, somente na inoperância deste, deverá proceder à atuação no rearme do equipamento no dispositivo ligado diretamente ao equipamento ou subsistema do trem. As chaves ou botões dispostos neste painel serão definidos pelo Metrô-DF junto à Contratada.

As portas de acesso ao painel deverá ser provida de dobradiça na parte superior. Sua construção deverá evitar a entrada de água ou sujeira. Este acesso poderá ser feito tanto da plataforma quanto da via.

O acesso ao painel se fará através de uma chave padrão do METRÔ-DF.

4.1.4 Passagem entre carros

O trem deverá permitir a circulação de passageiros entre os carros. Todas as passagens entre carros deverão ser providas de *gangway*, com largura da passagem de, no mínimo, 1.000 mm e altura mínima de 1.900 mm, servindo também como espaço interno para os passageiros e não deverá possuir degraus em relação ao salão.

Esta passagem deverá ser segura e sem risco de acidente aos usuários, mesmo que haja movimentos relativos entre as partes. Deverão existir pontos de apoio nas laterais para uso dos passageiros.

Todos os componentes metálicos da passarela deverão ser fabricados em aço inoxidável, inclusive seu piso, que deverá ser do tipo antiderrapante.

A parte inferior do *gangway* deverá consistir de uma dupla camada, feita de material ambientalmente adequado, e não deverá conter cloro, nem no processo de fabricação, nem no produto final.

O revestimento flexível externo deverá ser resistente a intempéries, graxas, solventes e detergentes.

O *gangway* deverá atender aos requisitos de fabricação conforme a norma UIC-561, e aos requisitos de teste de fogo e emissão de fumaça de acordo com a norma NFF-16-101, classificação M1/F1.

O nível de ruído na região do *gangway* deverá atender aos mesmos requisitos especificados para o salão de passageiros.

A passagem entre carros deverá atender aos requisitos da norma NBR-14021.

As partes metálicas do *gangway* deverão estar no mesmo potencial elétrico das caixas dos carros.

O sistema de passagem entre carros deverá ser autoportante, de modo que metade fique preso à cabeceira de um carro e outra metade na cabeceira do outro, unidos por um sistema de trava. O fechamento deverá garantir uma perfeita vedação contra entrada de água de chuva ou de lavagem e isolação termo-acústica.

4.1.5 Lateral

As laterais deverão ser ligadas adequadamente ao estrado, cobertura e cabeceiras, compondo com esses uma estrutura monobloco.

Entre as aberturas das janelas e das portas laterais, deverão existir montantes, de forma e espessuras adequadas ligadas às longarinas laterais e ao frechal da cobertura.

Entre o peitoril das janelas e a travessa superior, deverá haver uma chapa lisa de aço inoxidável, soldada aos montantes e com reforços corrugados na parte interna, quando necessário.

Entre o peitoril das janelas e as longarinas laterais, soldadas aos montantes, deverão ser dispostas chapas lisas de aço inoxidável, que contornam o trecho curvo dos montantes reforçados com corrugados na parte interna, quando necessário.

Em cada lateral dos carros “A” e “B” deverão ser instaladas portas de acesso para passageiros e janelas panorâmicas projetadas para formar um conjunto harmonioso. Nas cabeceiras frontais dos carros “A” deverão ser instaladas portas de acesso à cabine, em ambas as laterais.

O revestimento da lateral deverá ser tal que não existam saliências, reentrâncias ou arestas que possam causar lesões aos passageiros.

4.1.6 Cobertura

A estrutura da cobertura deverá ser projetada para formar um conjunto resistente e permitir a fixação dos equipamentos de ar refrigerado e iluminação, conduítes, suportes das colunas e pegadores, revestimentos e outros.

A cobertura deverá ser projetada de modo que possa resistir à aplicação de uma carga de 102 kgf exercida por homens trabalhando na cobertura espaçada entre si por 0,75 m.

A cobertura deverá ser executada na parte central com chapas corrugadas de aço inoxidável, e nas partes externas com chapas lisas, soldadas a ponto nas abas superiores das cambotas de aço inoxidável, convenientemente espaçadas. As cambotas deverão ser ligadas aos montantes das laterais através do frechal da cobertura, de modo a compor com as laterais uma estrutura integrada de adequada resistência e rigidez.

Todas as coberturas completamente montadas deverão ser submetidas a um teste de estanqueidade, antes de sua montagem na caixa. Os bicos ejetores de água deverão estar no máximo a 2 m de distância e com a pressão mínima de 3 bar. O projeto da cobertura deverá prever o escoamento de água de chuva, de modo que não caia sobre o pára-brisa nem sobre a plataforma, no momento da frenagem. A fixação de dispositivo na cobertura, tal com antena, deverá possuir vedação adequada.

4.1.7 Estrutura do estrado

4.1.7.1 Estrado

A estrutura do estrado deverá ser constituída com duas longarinas laterais e duas intermediárias soldadas às vigas transversais e às cabeças do estrado.

Tais elementos estruturais deverão ser em aço inoxidável.

Deverão ser ainda previstos, transversalmente, painéis do mesmo material que servirão de apoio ao piso.

Nas extremidades do estrado, deverão ser construídas as cabeças de estrado que são estruturas metálicas fabricadas com aço de baixa liga e alta resistência

mecânica, com suas partes interligadas por solda a arco, submetida a tratamento térmico para alívio das tensões.

Na cabeça do estrado deverá haver alojamento próprio para o aparelho de choque e tração, para receber a montagem do engate, responsável pelo acoplamento dos carros.

O suporte de ancoragem que permite a ligação caixa-truque e a barra de segurança deverá ser construído em aço de baixa liga e alta resistência.

Os equipamentos instalados sob o estrado deverão ter um arranjo que resulte em uma distribuição uniforme dos pesos e permita facilidade de acesso para inspeção, limpeza, manutenção, instalação e remoção dos mesmos.

Os suportes para sustentação dos equipamentos deverão ser dimensionados e fixados de modo a evitar vibrações ou ruídos excessivos.

Deverão ser previstos montantes de colisão, rigidamente soldados ao estrado para resistir e transmitir uniformemente os esforços à estrutura da caixa. As montantes de colisão deverão ser localizadas nas cabeceiras.

Nas extremidades do estrado deverão ser previstos dispositivos anti-encavalamento, dimensionado para resistir aos impactos provocados por acidentes na linha, para atuar como um dispositivo de proteção da estrutura do carro, evitando maiores riscos e proporcionando maior segurança para o piloto e usuários.

Todos os carros deverão ser providos de quatro apoios de macaco, localizados lateralmente, sendo sua parte inferior construída de material antiderrapante.

A parte inferior do antiencavalamento deverá ser provida de apoio para macaco, a fim de possibilitar o levantamento da extremidade de um carro vazio com seu truque, em casos de emergência, quando o acesso aos apoios normais para macacos não for possível.

Em cada lateral do carro, localizado no suporte de ancoragem, na parte inferior do estrado, deverá ser previsto um dispositivo para funcionar como ponto de fixação, a fim de receber o laço do cabo a ser usado no rebocamento dos carros desenergizados.

4.1.7.2 Cabeça do estrado

As cabeças do estrado deverão ser executadas empregando-se aço carbono de baixa liga e alta resistência e com os elementos interligados por solda a arco. As cabeças de estrado, incorporando a travessa do pião, deverão ser soldadas ao estrado.

Todas as soldas executadas na cabeça do estrado deverão estar conforme o item 1.7.15.

Um tratamento térmico adequado para alívio de tensões deverá ser executado na cabeça do estrado completamente soldada.

Juntamente com a cabeça do estrado deverá ser tratada termicamente uma junta soldada a ser especificada, para a realização de ensaios de tração e dobramento.

Gráficos de temperatura x tempo de cada tratamento térmico deverão ser fornecidos.

As cabeças de estrado deverão ser pintadas com tinta preta anticorrosiva aplicada imediatamente após a execução do jateamento de areia ou granalha de aço.

4.1.7.3 Dispositivo antiencavalamento

Nas cabeceiras dos carros, rigidamente soldadas às cabeças do estrado, deverão ser instalados dispositivos antiencavalamento com perfil para não permitir o encavalamento dos carros numa eventual colisão.

Os dispositivos de antiencavalamento deverão possuir no mínimo quatro nervuras horizontais com espessura suficiente para resistir ao esmagamento, quando aplicada uma carga horizontal localizada de 50 t sobre cada uma delas.

A instalação do dispositivo antiencavalamento deverá ser feita de modo a transmitir uniformemente os esforços à estrutura da caixa.

O dispositivo antiencavalamento deverá ser projetado de modo a permitir o levantamento da caixa por uma das extremidades, seja para manutenção, para efeito de recarrilamento ou para transferência de peso, quando rebocado. A região

do apoio deverá ter uma placa de aço antiderrapante de espessura suficiente para que não ocorra deformação permanente.

4.1.7.4 Instalação de equipamentos sob o estrado

A instalação dos equipamentos sob o estrado deverá ter uma disposição tal que se obtenha uma distribuição uniforme do peso e sejam facilitados os acessos ao equipamento para inspeção, limpeza, manutenção, remoção e instalação.

Todos os suportes para fixação dos equipamentos sob o estrado deverão ser de aço NTU-SAC-50 ou similar, ou ainda aço inoxidável. Os suportes não fabricados em aço inoxidável deverão ser pintados com tinta anticorrosiva.

A fixação dos equipamentos deverá ser projetada de modo a garantir a sustentação segura e a fácil remoção dos mesmos. Os equipamentos deverão permanecer na sua posição mesmo se um dos parafusos se soltar.

O suporte de fixação das caixas de passagem e de equipamentos, bem como os suportes de cabos, conduítes e tubulações, deverão ser soldados ao estrado de forma rígida a não permitir vibração e ruído. As soldas deverão ser preferencialmente executadas sobre a linha neutra das vigas.

Os suportes e abraçadeiras deverão ser espaçados para não permitir deformação e nem interferência entre os cabos, conduítes e encanamentos e entre estes e qualquer outro elemento sob o estrado.

Para a fixação dos cabos deverão ser utilizados suportes de material sintético isolante e fixados aos suportes soldados no estrado.

Para a fixação dos conduítes deverá ser utilizada entre as abraçadeiras e os mesmos, um material adequado para absorver vibrações e evitar ruídos. Os furos de passagem dos cabos nos suportes deverão ter todas as arestas arredondadas.

As fixações dos blocos de ancoragem, bem como dos suportes e guias dos engates, deverão ser convenientemente projetadas para permitir alinhamento dos mesmos e proporcionar uma perfeita intercambiabilidade dos engates.

4.1.7.5 Estrutura do piso

A formação do conjunto do piso do carro deverá consistir em chapas de aço inoxidável em forma de painéis de estrado rigidamente fixados a estrutura do estrado entre as travessas, de modo a receber uma camada de isolante termo-acústico do tipo autoextinguível com qualidade comprovada que não deverá ultrapassar o nível superior das longarinas.

Diretamente sobre as longarinas deverão ser instaladas chapas corrugadas do tipo “rabo de andorinha” em aço inoxidável. Na sequência deverá ser aplicado um contra-piso mineral composto de duas camadas, uma de preenchimento e outra de nivelamento. Sobre esta última camada deverá ser aplicado o revestimento do piso.

As aberturas para passagem de conduítes, tubulações e outros deverão ser calafetadas.

4.2 Caixas sob estrado

Deverão ser instalados sob o estrado, para a instalação de equipamentos, caixas adequadamente dimensionadas, com tampas removíveis que não produzam ruído e que sejam vedadas de modo que as tornem à prova de água e poeira.

As caixas deverão ser projetadas para resistirem às condições normais de serviço e manutenção sem deformação.

As tampas das caixas deverão ser fechadas por trincos ou grampos de ação rápida autotravantes.

O posicionamento das tampas deverá ser tal que ele permaneça no local, após a abertura dos grampos e possam ser facilmente retiradas.

As caixas e equipamentos que necessitem ser removidos por ocasião da manutenção deverão ser convenientemente fixadas aos suportes sob o estrado, conforme descrito no item 4.2.

As caixas deverão ser executadas em chapas pintadas na cor preta com tintas e processos aprovados. As caixas que contiverem contatores auxiliares e fusíveis deverão ser revestidas internamente com tecido de fibra de vidro e pintados com tinta isolante. As caixas dos equipamentos de tração, frenagem e auxiliares

deverão ser em aço carbono, devidamente pintadas na cor preta, externamente e branca internamente com tintas e processos aprovados.

4.3 Ensaios de estanqueidade

Todas as caixas dos carros deverão ser submetidas a um ensaio de estanqueidade antes de receber o revestimento interno.

O esguichamento da água deverá ser feito através de bocais em número suficiente para cobrir toda a caixa e deverão estar afastados da mesma no máximo 2 m e com pressão de 3 bar. O tempo mínimo de esguichamento para o início da inspeção deverá ser de 10 minutos.

Todos os vazamentos detectados deverão ser corrigidos por processos aprovados e as partes recuperadas submetidas a novo ensaio de estanqueidade.

Após a montagem final do carro o mesmo deverá ser submetido aos ensaios de estanqueidade previsto pela norma IEC-61133.

4.4 Ensaio estrutural da caixa

A PROPONENTE deverá realizar ensaios com objetivo de verificar a integridade estrutural da caixa para os esforços solicitados em serviço.

A validação da caixa se dará pelo cálculo estrutural por elementos finitos, incluindo-se as condições de carregamento correspondentes aos ensaios previstos para teste, quais sejam:

- Compressão pelo antiencavalamento (100 t);
- Compressão pelo engate (82 t);
- Carga vertical (400 passageiros mais 30% de condição dinâmica);
- Torção.

Os resultados do cálculo deverão ser submetidos ao METRÔ-DF para aprovação.

Os ensaios deverão ser realizados de acordo com as normas UIC 566 e EN 12663 considerando carregamento AW5.

4.5 Revestimento interno

4.5.1 Acabamento interno

O projeto do revestimento do interior do carro deverá ser tal que permita a fácil limpeza, seja por meios manuais ou mecanizados.

O acabamento interno deverá ser executado com a utilização de laminados de melamina e painéis de fibra de vidro onde indicados.

Os materiais deverão ser de qualidade comprovada para garantir boa resistência à abrasão e deverão ser de alta resistência contra fogo e à ação dos agentes normais de limpeza, tais como, detergente, água, desinfetantes e outros.

No revestimento das laterais e da cobertura, no espaço compreendido entre o acabamento e a estrutura da caixa, deverá ser prevista a colocação de um isolante termo-acústico do tipo lã de vidro, ou de características similares ou superior, de qualidade autoextinguível comprovada, que deverá ser montado na estrutura pré-tratada com massa isolante termo-acústico.

Sempre que houver portas ou sancas deverá haver um dispositivo de travamento para manter a porta ou a sanca aberta. Quando necessário, as junções das partes do revestimento interno deverão ser recobertas com manta juntas de alumínio, de modo a permitir a fixação dos painéis de acabamento através de rebites ou por encaixe.

As tampas de alojamento do mecanismo de portas deverão ser adequadas para colocação de painéis de comunicação visual.

Todos os perfis de alumínio utilizados deverão ser em anodizado natural.

O revestimento interno deverá ter a configuração básica a ser encaminhada ao METRÔ-DF para aprovação.

Para aprovação das tonalidades das cores e da textura das superfícies de acabamento deverão ser apresentadas amostras executadas com o mesmo processo de aplicação a ser adotado.

4.5.2 Revestimento do piso

O revestimento interno do piso do carro deverá ser antiderrapante e executado com material apropriado, de desempenho comprovado, para este tipo de aplicação metroferroviária.

O revestimento do piso deverá prolongar-se pelas paredes do carro até uma altura de 250 mm acima do nível do piso. As extremidades junto às portas deverão ser protegidas por uma peça de acabamento em aço inoxidável.

Sobre o piso nivelado deverá ser colado o revestimento do piso tipo tapete na cor e padrão de textura a ser escolhido pelo METRÔ-DF, durante a fase de projeto.

As junções entre esses tapetes deverão ser executadas por meio de soldagem, com estanqueidade apropriada para evitar penetração de líquidos.

Não poderá existir nenhuma tampa de inspeção ao longo de todo piso do salão e da cabine.

O revestimento do piso da cabine deverá ser do mesmo tipo do descrito para o salão.

O material de revestimento do piso deverá ser:

- Resistente à chama, conforme norma NF-F-16-101, classe M2-F3 ou ASTM-E-648;
- Resistente à chama de ponta de cigarro, conforme norma DIN-51961;
- Resistente à abrasão e desgaste, conforme norma ASTM-C-501-66 ou DIN-53516;
- Antiderrapante, conforme norma ASTM-D-2047;
- Resistente a substâncias químicas, conforme norma DIN-51958;
- Estabilidade dimensional, conforme norma ASTM-D-1204.

Os ensaios deverão ser executados conforme as normas especificadas.

4.5.3 Painéis de acabamento

Todos os painéis para acabamento do interior do carro deverão ser projetados de modo a serem rígidos e sua fixação de modo a não provocar vibração e ruído.

Os painéis utilizados, moldados em fibra de vidro, deverão ser projetados de modo a manter a continuidade do acabamento e não deverão ter saliências, reentrâncias ou arestas que dificultem a limpeza e deverão estar de acordo com o item 1.7.16.

A tonalidade das cores dos painéis não deverá apresentar diferença sensível com relação às demais partes do acabamento interno de mesma cor e de materiais diferentes e ainda deverão manter as cores existentes na frota atual.

O material dos painéis deverá ser autoextinguível, inibindo a propagação de chama.

4.5.4 Estojos das portas

Os estojos das portas deverão ser projetados para resistir à flexão, choque e vibrações. Deverão ser revestidos conforme o acabamento interno do carro e deverão ter em sua ligação com o revestimento da lateral, painéis adequados para manter a continuidade do acabamento.

Os estojos das portas deverão ser convenientemente isolados termo-acusticamente com material autoextinguível de qualidade comprovada.

Os estojos deverão encobrir totalmente a folha da porta quando em posição aberta, não permitindo a existência de frestas que possibilitem aos passageiros a colocação da mão ou objetos entre a folha e o estojo.

As frestas entre as folhas da porta e o estojo deverão ser mínimas e não deverá haver interferência com a folha da porta. No estojo da porta deverá haver um material flexível para proteger a mão do usuário que se apoia sobre a folha da porta.

4.6 Revestimento externo

4.6.1 Acabamento externo

O acabamento externo dos carros deverá ser projetado de modo a se obter um conjunto harmonioso, sem saliências, reentrâncias ou arestas, que possam causar lesões aos passageiros ou dificultar a limpeza quando da lavagem automática.

As superfícies de acabamento deverão ser livres de ondulações, marcas ou riscos. Atenção especial deverá ser dada nos locais passíveis de cantos vivos, como por exemplo, o trilho das portas, onde o acabamento deverá ser melhorado.

As cores deverão ser definidas posteriormente em projeto.

As soldas a arco, quando utilizadas, deverão ter um acabamento tal que não permitam a sua visualização.

As soldas a ponto deverão ser convenientemente alinhadas e os pontos uniformemente espaçados.

Todos os carros deverão ser identificados conforme descrito no item 4.6.3.

4.6.2 Máscara

A cabeceira dianteira dos carros “A” deverá ser revestida com uma peça moldada em plástico reforçado com fibra de vidro.

O projeto da máscara não deverá levar em conta qualquer contribuição da mesma para a resistência estrutural do carro, mas deverá ser considerado que estará sujeita a um impacto de vento, associado à velocidade máxima do trem e às próprias condições ambientais, bem como a choques e vibrações devido ao movimento do trem.

O projeto da fixação da máscara à estrutura do carro deverá ser feito de modo a garantir perfeita vedação e não permitir o aparecimento de trincas devido à movimentação.

As cores, tintas e o processo de pintura utilizado na máscara deverão ser definidos na fase de projeto.

4.6.3 Identificação do carro

Todos os carros receberão um número de identificação em ambas as laterais, no interior da cabine e no salão de passageiros.

A máscara receberá o número do trem e do carro, e a localização desses números deverá ser definida em projeto.

As formas, dimensões e localizações dos números deverão ser as indicadas pelo METRÔ-DF.

Todos os números e logotipos deverão ser confeccionados em vinil autoadesivo e colados sobre o aço inoxidável ou sobre a máscara de poliéster.

A numeração dos carros deverá ser sequencial e iniciar-se-á a partir do número a ser definido pelo METRÔ-DF.

As cores deverão ser definidas posteriormente, no projeto.

4.7 Cabine de condução

Todo carro “A” deverá possuir uma cabine de condução para operação do trem, que abrigará o console, bancos, painel de chaves, painel de disjuntores e equipamentos especificados. A cabine ocupará toda a frente do carro. O estudo ergonométrico e o *layout* da cabine deverão ser apresentados, na elaboração do projeto, ao METRÔ-DF para aprovação e deverá atender à norma UIC-651-OR.

A CONTRATADA deverá apresentar um *mock-up* completo da cabine de condução para a realização de estudo ergonômico, contemplando o posto de comando, banco do piloto, chaves, alavancas de comando e IHM (interface homem-máquina), em escala natural, para aprovação do METRÔ-DF.

A cabine deverá ser provida de portas laterais de acesso em ambos os lados e uma porta de comunicação com o salão de passageiros.

O interior da cabine deverá ter acabamento compatível com o interior do carro.

Deverá ser prevista a colocação de um banco escamoteável, no interior da cabine, conforme descrito no item 4.11.3.

Deverá ser previsto um local para guarda de documento formato A4 a ser definido durante o projeto.

Deverá ser prevista a instalação de um extintor de incêndio idêntico ao descrito para o salão de passageiros.

Um armário deverá ser instalado na cabine, destinado a guardar luvas, lanternas e demais equipamentos utilizados pelo piloto. A porta deste armário deverá ser dotada de fechadura padrão do METRÔ-DF.

Nas cabines de comando deverá haver um dispositivo de identificação biométrica do piloto que for assumir o trem, preferencialmente facial, com possibilidade de repasse da informação desse piloto ao CCO.

Em caso do piloto apresentar mal súbito, se não houver alguma outra anormalidade ou necessidade de comunicação com o trem, provavelmente apenas na estação terminal ocorreria a identificação. A funcionalidade deve estar atrelada à telemetria que será implementada posteriormente pelo Metrô-DF, de modo a informar, em um curto período de tempo, a movimentação do piloto.

Os dispositivos de comando de emergência não devem estar posicionados em locais propícios a acionamentos acidentais. Além disso, os dispositivos de comando de emergência devem ter indicação visual de seu acionamento (Botão de Restabelecimento de Freios, Botão de Freio de Emergência, etc).

4.8 Console

Todas as cabines deverão estar equipadas com um console projetado de forma ergonômica, sendo o mais operacional possível, que permita um fácil acesso para manutenção e limpeza. No console deverão ser instalados monitores de LCD ou LED, chaves e botões de comandos. Esses instrumentos deverão ser distribuídos de forma a facilitar o seu manejo e visualização, cuja disposição, tamanho dos monitores, *layout* das telas, chaves e comandos do console deverão ser acordados durante a fase de projeto.

A CONTRATADA deverá apresentar um protótipo do console para validação do conjunto.

Os monitores deverão ser redundantes, ou seja, em caso de falha de um dos monitores, o outro deverá ter capacidade de apresentar as telas correspondentes ao do monitor com falha, mediante seleção feita pelo piloto.

Os instrumentos deverão ser projetados de forma conveniente para permitir fácil leitura mesmo sob ação de iluminação intensa.

As informações apresentadas no console deverão ser recebidas e comandadas através do sistema *data bus*, com exceção das imagens de CFTV

(vídeo vigilância) que poderão ser comandadas por outro equipamento específico a critério da CONTRATADA.

A ativação dos vídeos, anunciadores/indicadores e instrumentos do console deverão ser associados à seleção de carro líder. O console deverá estar equipado, sem se limitar, com no mínimo os seguintes instrumentos e dispositivos de comando, informação e controle.

4.8.1 Monitor central

4.8.1.1 Velocímetro

Deverá haver um mostrador específico para o velocímetro que deverá indicar, por meio de um ponteiro, a velocidade real do trem, que varia na faixa de 0 km/h a 100 km/h. Essa informação também deverá ser apresentada em formato digital.

A escala, em km/h, do indicador analógico de velocidade deverá ser graduada de 10 em 10, com subdivisões de 5, sendo que o fundo de escala deverá ser de 100 km/h. O erro nas indicações deverá ser inferior a 2%.

Deverá existir um segundo ponteiro para a indicação da velocidade máxima permitida pelo sistema CBTC.

4.8.1.2 Relógio

Deverá ser apresentado relógio eletrônico, tipo digital, com o formato “hh:mm:ss”. O mostrador também deverá indicar a data no formato “dd/mm/aaaa”.

Também deverá haver um cronômetro eletrônico, com o formato “hh:mm:ss”. A partida, parada e rearme do cronômetro poderá ser manual ou automático. O modo de funcionamento automático deverá operar da seguinte forma:

- Partida/rearme: quando uma ou mais portas do salão de passageiros abrirem.
- Parada: quando o trem iniciar o movimento.

4.8.1.3 Voltímetro

O voltímetro deverá indicar a tensão da rede de alimentação do trem na faixa de 0 V a 1.000 V. Essa indicação poderá ser do tipo digital de fácil visualização.

A tensão indicada poderá ser a medida nos sistemas de tração ou alimentação auxiliar.

4.8.1.4 Manômetro

Deverá indicar a pressão do encanamento principal de forma digital e de fácil visualização.

4.8.1.5 Odômetro

Deverá haver um acumulador de quilometragem percorrida cuja memória deverá manter os dados, independentemente de perdas de alimentação.

O acumulador de quilometragem deverá ter capacidade de 7 dígitos, atingindo sua contagem máxima ao alcançar 9.999.999 km.

Deverá permitir o ajuste da quilometragem acumulada em qualquer dos seus dígitos, somente pela manutenção. O ajuste da quilometragem deverá ficar registrado no TCMS.

4.8.1.6 Outros indicadores

Também nessa tela deverão ser mostradas, no mínimo, as seguintes informações:

- Indicação do modo de operação do trem (MAN, MCS ou ATO);
- Indicação de lado de abertura das portas gerada pelo CBTC;
- Indicação de restrição de velocidade ou baixa aderência;
- Indicação de freio de emergência aplicado;
- Indicadores do sistema ATO como destino, próxima estação, parada programada e outros.

4.8.2 Monitores laterais

Deverão ser instalados dois monitores no console sendo, um para apresentação das imagens das câmeras do sistema de CFTV e, uma IHM para apresentação das informações do estado funcional dos equipamentos do trem e informações de falhas. Essas informações deverão ser organizadas em janelas

selecionáveis por *menus* e deverão apresentar, no mínimo, as seguintes informações:

- Indicação geral de falhas apresentadas pelos vários equipamentos do trem, indicando também o respectivo carro, tais como:
- Falha de tração – quando for detectada falha de tração ou quando o sistema de tração tiver sido isolado;
- Falha de freio elétrico – quando houver falha de frenagem elétrica ou quando o freio elétrico tiver sido isolado;
- Sobrecarga de tração ou frenagem elétrica – quando houver sobrecarga, tanto em tração como em freio elétrico;
- Falha de aplicação de freio de atrito – quando houver falha de aplicação do freio de atrito ou quando o freio estiver isolado;
- Falha de remoção de freio de atrito – quando houver falha de remoção do freio de atrito ou quando o equipamento de comando de freio estiver desligado;
- Falha de compressor – quando houver falha no compressor;
- Falha de ar refrigerado – quando houver falha do sistema de ar refrigerado do salão;
- Falha de conversor/retificador – quando houver falha do conversor/retificador ou carregador de baterias;
- Falha de *data bus* – quando houver falha no sistema *data bus*;
- Falha de sonorização – quando houver falha do sistema de sonorização;
- Falha de informações audiovisuais – quando houver falha do sistema de informações audiovisuais;
- Falha de CFTV – quando ocorrer falha no sistema de CFTV;
- Falha de radiocomunicação – quando houver falha no sistema de radiocomunicação;
- Falha de CBTC – quando houver falha no sistema CBTC;

- Falha de portas – quando houver falha no sistema de portas;
- Falha de suprimento elétrico – quando houver falha no inversor auxiliar de corrente alternada.
- Indicação de carros com equipamentos isolados ou desligados como portas, tração, freio, ar refrigerado e outros;
- Indicação de atuação do sistema de detecção e combate a incêndio;
- Indicação do sistema de portas, sendo:
- Sinalização do estado individual de cada porta do trem: aberta, fechada, isolada e com falha;
- Sinalização de atuação de “botão soco" e seu respectivo carro e porta;
- Sinalização de atuação de “manípulo de emergência” e seu respectivo carro e porta.
- Indicação de freio de estacionamento aplicado;
- Indicação do freio serviço aplicado;
- Indicação de freio de emergência aplicado, com as causas do acionamento;
- Indicação da solicitação de transferência de comando;
- Outros a serem definidos no detalhamento do projeto.

A visualização das informações nos monitores laterais deverá atender ao disposto abaixo:

- O monitor direito deverá apresentar as informações referentes ao sistema de monitoração de falhas e diagnóstico e, o monitor esquerdo, as imagens do sistema de CFTV;
- Enquanto o trem permanecer com as portas abertas, deverá apresentar a função de retrovisor, no monitor do sistema de CFTV, conforme item 14.2.4.

4.8.3 Comandos e indicadores

- Chave de modo de condução;

- Chave de seleção de sentido de marcha;
- Alavanca de comando de tração e freio;
- Comando de buzina;
- Chave seletora de portas;
- Comando de CBTC redundante;
- Comando de fechamento de portas, lado esquerdo;
- Comando de fechamento de portas, lado direito;
- Comando de abertura de portas, lado esquerdo;
- Comando de abertura de portas, lado direito;
- Comando de aplicação de freio de emergência;
- Comando de farol;
- Comando de limpador de pára-brisa;
- Botoeira de rearme de indicador de falha verifique;
- Indicador de freio de emergência aplicado;
- Indicador de portas fechadas;
- Indicador de operação em manual;
- Indicador de falha verifique.

4.8.4 Módulo de comunicação

- Microfone;
- Comando de comunicação piloto-público;
- Comando de comunicação intercabine;
- Comando de comunicação piloto-emergência;
- Comando de comunicação piloto-CCO (Centro de Controle Operacional);
- Indicador de intercabine chamando;

- Indicador de emergência chamando;
- Pedal de comando de comunicação piloto-CCO.

4.9 Armários elétricos

4.9.1 Armários dos carros “A” e “B”

Os armários destinados à instalação de equipamentos, relés, interruptores, fusíveis, disjuntores e outros deverão estar localizados na cabeceira 2 dos carros.

Os equipamentos deverão ser fixados em suportes padronizados (*rack* de 19”), que deverão ser rigidamente instalados nos armários.

As portas dos armários elétricos não deverão interferir com os bancos do salão, seu projeto deverá considerar a possibilidade de execução de atividades de manutenção, apenas com as portas abertas ou com fácil remoção, sem prejuízo de seu alinhamento quando da recolocação.

Todos os equipamentos, chaves, porta-fusíveis e interruptores deverão ser fixados no painel frontal do armário. Onde não houver equipamentos, deverão ser previstos painéis de acabamento, com fixação independente dos equipamentos e que deverão manter a continuidade do conjunto.

A cor dos painéis frontais e de acabamento deverá ser definida na fase de projeto.

O arranjo dos equipamentos deverá ser feito de forma funcional.

Os painéis de chaves na cabine deverão ter seu *layout* discutido com o METRÔ-DF na fase de concepção do projeto. Deverão possuir no mínimo, mas não se limitando a estes, os seguintes equipamentos, botoeiras ou chaves:

- Alarme sonoro de acionamento de emergência de portas;
- Alarme sonoro do CBTC;
- Botoeira de teste dos anunciadores;
- Botão pulsador de aplicação do freio de estacionamento;
- Botão pulsador de alívio do freio de estacionamento;
- Chave com retenção para rebocamento;

- CEG (chave de energização geral);
- Chave de derivação das portas do trem;
- Chave de comando de iluminação direcional da cabine;
- Chave de comando da iluminação da cabine;
- Chave de comando do ar refrigerado da cabine;
- Chave de restrição operacional;
- Chave BX (baixa aderência);
- Chave de derivação de freios.

Se houver painel no armário que necessite de acesso às fiações e barras terminais, esse deverá ser feito mediante a articulação do *rack* com os equipamentos, sem causar atrito entre a fiação e outras estruturas.

As portas dos armários deverão ser planas, livres de ondulações e projetadas de forma a manter um assentamento sem vibrações excessivas. O fechamento das portas deverá ser feito através de chave padrão do METRÔ-DF.

Deverá ser previsto no projeto o aproveitamento do ar refrigerado do salão de passageiros para o interior dos armários elétricos. Se necessário poderá ser instalado equipamento para ventilação forçada.

4.9.2 Equipamentos do armário elétrico

No mínimo, mas não se limitando a estes, os armários deverão conter os seguintes equipamentos ou botoeiras:

- Painel de relés;
- Painel de fusíveis;
- Equipamento de comando de freio de atrito;
- Equipamento antideslizamento;
- Quatro tomadas de 220 V;
- Painel de comando local de portas;
- Painel de chaves de comando com as seguintes chaves:

- Iluminação principal;
- Portas;
- Iluminação de emergência;
- Tração;
- Freio de atrito e antideslizamento;
- Inversor estático;
- Ar refrigerado do salão;
- Freio elétrico.

Todas estas chaves deverão ser chaves comutadoras de três posições, sendo:

- DESLIGADO – equipamento desenergizado;
- AUTO – equipamento energizado automaticamente pela cabine;
- LOCAL – equipamento energizado localmente.

O circuito de comando da CEG deverá ser do tipo paralelo, ou seja, os equipamentos poderão ser energizados por uma cabine e desenergizados pela outra cabine. O *layout* e a distribuição das chaves e botoeiras no armário elétrico deverão ser definidos na fase de projeto.

Todos os armários, internos ou externos ao carro, deverão ser providos de Iluminação automática que permita identificar os dispositivos a partir da abertura da porta dos painéis.

4.10 Colunas e pega-mãos

As colunas deverão ser instaladas próximas aos bancos laterais das portas. Os pega-mãos longitudinais deverão ser dispostos nas laterais e na região central do corredor compreendido pelos bancos e na região de portas do salão, de modo a permitir aos passageiros a movimentação com segurança. O *layout* dos mesmos deverá ser definido na fase de projeto.

As colunas e pega-mãos deverão ser em tubos de aço inoxidável de diâmetro de 32 mm (1.¼") e projetados de forma que não seja necessária a sua remoção,

para permitir acesso aos equipamentos, tais como: luminárias, mecanismo de portas, revestimento e outros.

As uniões dos elementos deverão ser desenvolvidas de forma a não conter arestas acessíveis, não permitir acúmulo de poeira e seu acabamento ser concordante com o aço inoxidável utilizado.

As fixações de colunas e pega-mãos deverão suportar, sem que haja deformação permanente em qualquer elemento, uma carga vertical de 2.500 N nos pontos médios entre suportes de fixação dos pega-mãos e uma carga horizontal de 1.500 N nos pontos médios das colunas.

As fixações deverão ser de forma a garantir que seus elementos não se soltem devido às vibrações normais do carro.

Os carros deverão ser providos de alças de pega-mãos, compostas de tiras em PVC flexíveis com alma de tecido de poliéster e balaústre de poliamida, fechamento manual por encaixe, capacidade de carga de no mínimo 300 kgf.

Por trem serão 264 alças, distribuídas em 60 alças nos carros A e 72 nos carros B, tomando com base os trens da série 2000. O quantitativo e sua distribuição poderão sofrer alteração em função do projeto do interior dos carros.

4.11 Bancos

4.11.1 Bancos de passageiros

O *layout* dos bancos de passageiros será objeto de definição conforme disposto no item 1.3.3.

O layout da posição dos bancos de passageiros, a ser definido na fase de projeto, deve ser disposto de modo a maximizar o espaço interno.

Todos os bancos de passageiros deverão ser iguais e intercambiáveis de acordo com suas características de um ou dois assentos e deverão ser fabricados em resina poliéster, reforçado com fibra de vidro, pintados em cor a ser definida na fase de projeto.

Todos os bancos de passageiros, assim como os demais bancos, em situações que recebam pintura, esta deverá ser aplicada com tinta anti-chama (não propagante).

A estrutura dos bancos deverá ser em perfil tubular de seção retangular ou quadrada e deverá ser reforçado de forma a resistir a uma carga de 1.800 N por assento, sem ocasionar deformação permanente em qualquer de seus elementos.

Os bancos e suas respectivas bases de fixação deverão ser projetados de forma a garantir sua estabilidade, evitando vibração e ruído.

As superfícies dos bancos não deverão apresentar saliências, reentrâncias ou arestas vivas e seu acabamento deverá ser livre de bolhas, marcas, trincas ou riscos.

A colocação de equipamentos e bases de apoio sob os bancos deverá ser evitada.

4.11.1.1 Assentos preferenciais

De acordo com a legislação do Distrito Federal, todos os assentos são preferenciais. Deve haver a existência de assentos para obesos (banco com largura equivalente a dois assentos), destinados a pessoas com massa até 250 kg. O espaço frontal livre desses bancos não deverá ser inferior a 0,60 m.

A sinalização dos assentos preferenciais para obesos deverá atender a simbologia internacional de acessibilidade, assim como a informação sobre a Lei Distrital que define que os demais assentos são preferenciais.

4.11.2 Banco do piloto

O banco do piloto do trem deverá ser instalado em frente ao console de comando, de modo que o piloto tenha opção de conduzir sentado ou em pé, a critério do mesmo.

O banco deverá ser estofado, com encosto e revestido com material que atenue o problema de transpiração.

O banco deverá ser projetado para pessoas com massa de até 150 kg.

O banco deverá possuir sistema de ajuste que permita rotação da base, regulagem de altura, deslocamento longitudinal e regulagem da inclinação do encosto do mesmo. O mecanismo de ajustes deverá ser resistente aos esforços e às vibrações comuns desse tipo de aplicação e o projeto deverá obedecer às condições

de ergonomia, considerando o *layout* da cabine, não devendo ser ajustado ao ponto de interferir na visualização da via.

Após a regulagem, o banco deverá permanecer fixado por sistema de travamento que não permita qualquer movimento durante sua utilização.

A fixação do banco deverá ser feita de forma que sua retirada para manutenção seja facilitada e não deverá conter corrediça instalada no piso da cabine.

O banco não poderá interferir com qualquer equipamento, quer em posição normal ou recolhido. Deverão ser previstos batentes para que o banco quando recolhido não danifique o console. O conjunto do banco poderá ser escamoteável sob o console para facilitar a circulação na cabine.

4.11.3 Banco do instrutor

Um banco escamoteável deverá ser instalado na cabine de condução ao lado do piloto para eventual utilização por instrutor ou inspetor.

4.12 Local para cadeira de rodas

No carro “A” deverá ser previsto espaço para posicionamento de pessoas em cadeira de rodas, livre de obstáculos, medindo 0,80 m x 1,20 m (módulo de referência). Deverão existir dois módulos em cada carro, em local a ser definido, conforme indicado no item 1.3.4. Os bancos no local do espaço previsto podem ser rebatíveis para melhor acomodação do cadeirante.

A sinalização dos espaços para cadeira de rodas deverá atender à simbologia internacional de acessibilidade.

4.13 Janelas

4.13.1 Fixação das janelas

As fixações das janelas e respectivos vidros deverão ser desenvolvidos de forma a evitar vibração e ruído, além de efetuar uma perfeita vedação contra a entrada de água.

Os vidros das janelas deverão ser do tipo laminado de segurança, com espessura mínima de 6 mm, em conformidade com o item 1.7.11.

Os vidros deverão ser instalados diretamente nas paredes do carro através de extrudados de borracha de modo a evitar a existência de saliências, reentrâncias ou arestas vivas e deverá ser garantida a facilidade de limpeza e de troca de vidro quebrado.

4.13.2 Janelas do salão

As janelas do salão deverão ser basculante na parte superior em toda a extensão e fixa na parte inferior, abrangendo a maior área disponível.

As janelas deverão possuir um sistema de trava magnética na parte superior para garantir que os basculantes permaneçam fechados durante a operação normal do trem. Em caso de falha do sistema de ar refrigerado ou da alimentação elétrica, as travas deverão ser liberadas automaticamente, permitindo a abertura. O sistema de travamento deverá funcionar de modo que estando acionado, deverá impedir a abertura da janela basculante, porém se a janela estiver aberta, poderá ser fechada, permanecendo travada em seguida.

Em cada carro deverá existir um módulo gerenciador eletrônico com a função de realizar o travamento e destravamento das janelas basculantes.

O sistema de travamento deverá ser alimentado pela tensão das baterias do trem.

Os vidros das janelas deverão ser do tipo laminado duplo, inestilhaçável, com espessura mínima de 6 mm. Deverão possuir película protetora solar ou sistema alternativo para melhorar o conforto térmico do salão e de conservação dos equipamentos instalados.

4.13.3 Para-brisa

A abertura deverá ser projetada de forma a permitir a colocação do para-brisa pela parte externa do carro e de tal forma que não permita sua queda para o interior da cabine, quando forçado neste sentido.

Deverá ser aplicada ao vidro do para-brisa, pelo lado interno, uma película de segurança para proteção contra insolação, infravermelho e estilhaços e, sua coloração e grau de transparência serão definidos durante a fase de projeto.

A fixação do para-brisa deverá ser feita por meio de colagem na máscara/estrutura do carro com o acabamento para garantir o aspecto visual e estanqueidade.

O vidro do para-brisa deverá estar em conformidade com o item 1.7.11.

4.13.4 Janelas laterais da cabine

As portas laterais de acesso à cabine deverão ser providas de janelas corrediças, com a finalidade de permitir a total visualização da plataforma pelo piloto. A CONTRATADA deverá apresentar um protótipo para avaliação.

As janelas deverão permitir uma abertura rápida pelo seu simples destravamento, mas que esta não ocorra através de vibração.

As janelas deverão ser resistentes ao uso intensivo e os vidros das janelas deverão estar em conformidade com o estabelecido no item 1.7.11. Deverá ser dada atenção especial para a vedação.

Deverá ser aplicada uma película de segurança para proteção contra insolação, infravermelho e estilhaços e, sua coloração e grau de transparência serão definidos durante a fase de projeto.

4.13.5 Janelas das portas

As portas deverão ser providas de janelas envidraçadas, abrangendo a maior área disponível, sendo o vidro fixado diretamente nas folhas da porta através de guarnições de borracha. Deverá ser possível a substituição do vidro sem a remoção das portas.

O vidro deverá ser do tipo laminado duplo inestilhaçável com espessura mínima de 6 mm, conforme estabelecido no item 1.7.11.

4.14 Fechaduras e chaves

Todas as fechaduras e chaves a serem utilizadas nos carros, bem como o acionamento das chaves elétricas, deverão ser conforme o tipo padrão do METRÔ-DF.

As chaves deverão suportar uma vida útil superior a 1.000.000 de ciclos.

Deverão ser fornecidas 30 (trinta) chaves por trem na ocasião da entrega dos mesmos.

4.15 Limpador de para-brisa

Os carros “A” deverão ser equipados com um limpador de pára-brisa e este deverá ser de modelo robusto com um braço e permitir o funcionamento em duas velocidades.

O limpador deverá ser acionado por motor elétrico, alimentado pela fonte de 24 V. A chave de comando deverá ser instalada no console.

O limpador deverá permitir funcionamento contínuo e intermitente, com temporização padrão automotivo, com posição de repouso no lado inferior do pára-brisa.

Deverá fazer parte do limpador, um lavador de pára-brisa, acionado eletricamente. O sistema deverá ser robusto, funcionando através de bombeamento e deverá ser dotado de um esguicho triplo que quando acionado deverá efetuar três ciclos na palheta. O reservatório de água deverá estar localizado em posição de fácil acesso e visualização do nível existente, com capacidade mínima para nove litros.

Para a manobra de ré monitorada, deverá haver a possibilidade de acionamento do limpador de pára-brisa da cabine oposta à cabine líder.

4.16 Freio de estacionamento

Todos os carros deverão ser providos de um sistema de freio de estacionamento que deverá imobilizar o carro vazio em uma rampa de 4%, mesmo com um carro isolado.

A chave de aplicação e alívio do freio de estacionamento deverá ser instalada no painel de chaves dos carros “A” e, quando comandada, deverá aplicar o freio de estacionamento em todos os carros. A aplicação de freio de estacionamento deve ser feita, inclusive com trem desligado, alimentada pelo banco de baterias.

Cada carro deverá possuir uma válvula eletropneumática de aplicação e alívio do freio de estacionamento e deverá ter também um pressostato para indicação da aplicação no anunciador de falhas e no indicador de “falha verifique” no console da cabine.

O sistema deverá possuir um mecanismo de destravamento mecânico eficiente instalado sob o estrado, próximo aos cilindros de freio de estacionamento instalados em cada truque, de fácil acesso e com identificação.

A aplicação de freio de estacionamento em qualquer carro do trem deverá acender um indicador luminoso na cabine selecionada. Uma vez aplicado, deverá ser inibida a tração do trem.

5 SISTEMA DE SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO

5.1 Indicador de falha externo lateral

O projeto deverá prever dois indicadores externos, instalados na parte superior central, em ambas as laterais dos carros “A” e “B”, sendo um indicador de cor âmbar que deverá acender quando ocorrer uma falha no sistema de freio de atrito (freio falha remoção) e o outro de cor vermelha que deverá acender, sempre que existir uma ou mais portas do salão abertas, no lado da ocorrência, inclusive as portas laterais da cabine.

Os indicadores deverão ser constituídos por LED de alta intensidade.

5.2 Indicador local para manutenção

Estes indicadores deverão sinalizar falhas do equipamento e deverão estar instaladas no próprio equipamento.

Os indicadores locais de falhas deverão ser em LED de alta intensidade, preferencialmente na cor vermelha e, deverão estar normalmente apagados, acendendo quando houver falhas.

Os equipamentos que deverão possuir estes indicadores são:

- Unidade eletrônica de freio de atrito;
- Comando e controle de tração e freio elétrico;
- Inversor do suprimento elétrico;
- Comando do compressor;
- Comando do ar refrigerado;
- Fonte de 72 V.

5.3 Faróis e lanternas

Todos os carros “A” deverão ser equipados com dois faróis automotivos, que deverão ser energizados através da fonte retificadora e duas luzes de cauda e direcional na cabeceira frontal, que deverão ser energizados através da fonte

retificadora. O farol deverá ter os níveis de intensidade alto e baixo, sendo que este último não deverá provocar ofuscamento ao passar por outro trem.

O acionamento da chave de energização geral do trem deverá implicar na energização automática das luzes de cauda de ambas as extremidades do trem.

A seleção “frente”, no carro líder, deverá implicar no bloqueio da luz da cauda deste carro, permanecendo acesa a luz de cauda da outra extremidade do trem e o inverso, quando selecionado “ré”.

A energização do farol deverá ocorrer automaticamente, quando da seleção do sentido de marcha, ficando a critério do piloto a seleção da luz alta ou baixa. Deverá ser possível também que o piloto desligue os faróis. Para a manobra de ré monitorada, deverá haver a possibilidade de acionamento do farol da cabine oposta à cabine líder.

As lentes das luzes de cauda deverão ser compatíveis com o padrão existente na frota atual. A vedação deverá ser eficiente e o material resistente à intempérie.

A troca do farol e da luz de cauda deverá ser feita pelo lado externo do carro.

5.4 Buzina

Todos os carros “A” deverão ter uma buzina, padrão metroferroviário, localizada na cabeceira frontal sob o estrado, protegida contra a entrada de água.

As buzinas deverão permitir uma regulagem da intensidade do som. Deverá ser previsto um dispositivo para o seu isolamento com fácil acesso no interior da cabine. O seu acionamento deverá ser feito por meio de uma botoeira de cor preta, localizada no console.

O comando elétrico deverá ser alimentado através da bateria do carro e provido de um dispositivo de proteção.

Deverá haver uma buzina acionada pelo CBTC a ser utilizada nos despachos automáticos de trem. Suas características serão definidas na ocasião do projeto executivo.

5.5 Indicador de destino

Na cabeceira frontal do carro “A” deverá ser instalado um indicador de destino, na parte superior do para-brisa, pelo lado interno da cabine.

Sempre que o carro for selecionado como líder, o indicador de destino deverá ser energizado e, o da cabine oposta deverá ser desligado.

O indicador de destino deverá fazer interface com o sistema *data bus* e ser integrado ao sistema de mensagens audiovisuais automáticas, a fim de que as indicações de destino possam ser comandadas pelo equipamento CBTC, possibilitando a apresentação da informação tanto na IHM quanto no indicador de destino.

Deverá ser prevista a possibilidade de selecionar o destino do trem, pelo piloto, na IHM e também no próprio indicador.

O módulo deverá ter autodiagnóstico de forma a informar falhas funcionais.

O equipamento deverá ter capacidade de armazenar, em memória, no mínimo noventa e nove destinos. O *software* de edição dos destinos deverá permitir a inclusão de novos destinos, pelo METRÔ-DF, sem a necessidade de contratação de serviços adicionais.

Para configuração das posições de memória com os destinos existentes, deverá ser utilizada a lista de destinos constante na especificação indicada no item 12.11.

A atualização de destino do trem, em seu indicador, deverá ocorrer automaticamente quando o destino do trem for atualizado pelo CBTC.

5.6 Iluminação do salão e cabine

5.6.1 Luminárias e difusores

O projeto deverá prever a instalação de luminárias, constituídas por LED, com calha, difusor e acabamento faceado ao teto do carro. Sua fixação deverá ser feita na própria sanca, permitindo assim fácil acesso aos dispositivos ou componentes da luminária.

As luminárias deverão possuir difusor em policarbonato de forma a difundir convenientemente a luz, evitando ofuscamento aos passageiros e possibilitando fácil limpeza.

As calhas deverão ser em aço inoxidável ou perfil de alumínio, sem a existência de frestas, devendo ser executadas de forma que impeçam a vibração e ruído.

Os difusores utilizados nas luminárias deverão ser fabricados com materiais que atendam aos índices de propagação de chama, densidade máxima de fumaça e emissão de gases tóxicos.

O sistema de iluminação deverá ser projetado para que atenda aos requisitos de iluminância estabelecidos na norma NBR-14021.

5.6.2 Iluminação principal

A iluminação principal deverá ser constituída por LED, de uso comercial.

Em cada carro a iluminação deverá ser constituída por duas fileiras de luminárias.

O funcionamento da iluminação dos carros deverá ser condicionado às condições de comando do trem, sendo:

- Sempre ligado no caso de haver comando em uma das cabines do trem;
- Desliga-se 15 minutos após o trem ficar sem comando.

Deverá existir uma chave de isolação dessa função no painel de chave, de forma a manter a iluminação em funcionamento, independentemente de haver comando no trem, por exemplo, para atuação da manutenção.

A alimentação das luminárias deverá ser em corrente alternada do próprio carro.

A vida útil das lâmpadas deverá ser de, no mínimo, 50.000 horas.

Os ensaios deverão seguir as condições descritas nas normas EN-50155, EN-50121-3-2 e IEC-61373.

5.6.3 Iluminação de emergência

Todos os carros deverão ter iluminação de emergência alimentada pela bateria em 72 V.

O equipamento de iluminação de emergência deverá ficar permanentemente em funcionamento, enquanto o trem estiver ligado, ou com a chave de iluminação em modo local.

Todas as luminárias instaladas na região das portas do salão deverão ser utilizadas na iluminação de emergência.

O acionamento da iluminação de emergência (NORMAL – DERIVADO) deverá ser realizado através de chaves instaladas nos painéis laterais externos em ambos os lados dos carros.

5.6.4 Iluminação da cabine de condução

A iluminação da cabine de condução deverá ser projetada de modo a garantir perfeita visibilidade dos comandos e dispositivos de controle pelo piloto, sem causar ofuscamentos ou reflexos que exijam permanente esforço de adaptação.

O nível de iluminância mínimo sobre o console deverá ser de 300 lux.

Deverão existir três tipos de iluminação:

- Iluminação dos instrumentos do console, que deverá ser constituída por LED, ajuste de intensidade luminosa e possibilite boa visibilidade dos instrumentos sem causar ofuscamento ao piloto, cujo acionamento se dará quando da seleção de cabine líder;

- Iluminação geral da cabine, que deverá ser constituída por luminárias com LED, alimentadas pela fonte de corrente contínua do trem, sendo seu acionamento independente da habilitação de comando da cabine, a critério do piloto;

- Iluminação direcional da cabine, que deverá ser constituída por *spot* em LED, de direcionamento ajustável e nível de iluminância adequado em ambos os lados da cabine.

O acionamento da iluminação da cabine, direcional e geral, deverá ser por chaves independentes.

6 SISTEMA DE AR REFRIGERADO

6.1 Ar refrigerado do salão

Cada carro deverá ser equipado com duas unidades independentes de ar refrigerado, alimentadas em tensão alternada de 380 V, trifásica e 60 Hz.

As unidades deverão ser idênticas e intercambiáveis e, sua construção deverá ser em aço inox 304 ou alumínio.

A unidade de ar refrigerado deverá ser do tipo compacta, com tecnologia Inverter, com compressor/condensador e evaporador/soprador e todos os seus componentes montados sobre uma estrutura, a ser fixada no teto do veículo. Os painéis de controle deverão estar no armário elétrico do carro.

A unidade de ar refrigerado deverá ser composta de pelo menos dois compressores do tipo *Scroll*.

O funcionamento do sistema de ar refrigerado dos carros deverá ser condicionado às condições de comando do trem, sendo:

- Sempre ligado no caso de haver comando em uma das cabines do trem;
- Desliga-se a refrigeração, 15 minutos após o trem ficar sem comando. Nesse caso, porém, deve-se manter em funcionamento a ventilação e troca de ar no interior dos carros se a temperatura interna for superior a 30° C.

Deverá haver uma chave de isolação dessa função no armário elétrico, de forma a manter o ar refrigerado sempre ligado independentemente de haver comando no trem, por exemplo, para atuação da manutenção.

6.1.1 Alimentação

Cada unidade deverá ser ligada por fontes diferentes, proporcionada pelo circuito de alimentação cruzada da saída dos inversores auxiliares. O desligamento de um dos inversores de alimentação auxiliar não deverá afetar o funcionamento normal da outra unidade de ar refrigerado dos carros.

O sistema de comando e controle deverá ser alimentado pela tensão de baterias do trem.

No armário elétrico deverá ter uma chave de controle de alimentação que possa comandar o desligamento do sistema de ar refrigerado e ventilação do salão de passageiros.

6.1.2 Controle e distribuição do ar refrigerado

A vazão de saída de ar refrigerado de cada unidade deverá ser distribuída de forma homogênea ao longo de todo o comprimento do carro.

O controle deverá ser automático e comum para as unidades de refrigeração de um mesmo carro.

O sistema de ar refrigerado deverá ser projetado para operar nas condições ambientais da cidade de Brasília e deverá proporcionar conforto de acordo com o indicado nas normas EN-13129-3, categoria B, EN-14813-1, categoria B e EN-14750-1, categoria B, sempre que cabíveis e com prevalência daquela que for mais conservadora.

Para temperatura interna abaixo de 22° C, a refrigeração deverá desligar-se automaticamente e somente a ventilação do evaporador deverá permanecer ligada, funcionando como renovação de ar.

Para temperatura externa acima de 22° C (inclusive), o controle deverá determinar uma temperatura interna de referência, como definido na seguinte equação:

- Tir = 21 + 0,25*(Te - 18), em ° C.

Onde:

- Tir = Temperatura interna de referência;
- Te = Temperatura externa.

Para temperatura interna superior a 22° C, o sistema de refrigeração deverá religar-se automaticamente, independente da temperatura externa.

A temperatura interior média é a média aritmética das temperaturas medidas a 1,1 m sobre o piso do salão de passageiros. Considerando a temperatura interna de referência como sendo a temperatura teórica a conseguir no interior do salão de passageiros, tem-se:

- A temperatura interior média com relação à temperatura interna de referência, quando o equipamento de ar refrigerado trabalha em sua capacidade nominal, não deve ser maior que ± 2° C;

- A variação máxima das temperaturas medidas a 1,1 m do piso do salão de passageiros deve ser menor que 4° C;

- A variação máxima de temperatura medida em uma seção vertical qualquer no salão deve ser menor que 4° C.

A regulação deverá ser efetuada com controle de temperatura por sensores convenientemente localizados no interior e exterior do carro.

Para a instalação, a potência dos equipamentos por carro deverá ser calculada para a capacidade de carga considerando:

- Carregamento completo de passageiros sentados mais o carregamento de 6 passageiros/m²;

- Capacidade mínima de resfriamento de 7° C e temperatura externa de 32° C.

Os equipamentos devem ter capacidade de operar normalmente até a temperatura externa de 40° C.

O cálculo para o dimensionamento deverá seguir as normas aplicáveis com, no mínimo, 8 m³ de ar externo de renovação por passageiro/hora, sem considerar trocas de ar durante as paradas do trem nas plataformas.

A CONTRATADA deverá apresentar o memorial de cálculo adotado em projeto, indicando todas as características do sistema proposto e seguindo as recomendações das normas aplicáveis e os ciclos de abertura de portas de 35 s de portas abertas e 120 s de portas fechadas, a céu aberto.

Para aprovação do sistema de distribuição do ar refrigerado, a CONTRATADA deverá efetuar testes em *mock-up* em tamanho real do salão de passageiros para comprovação das características especificadas.

Os testes de tipo e rotina deverão seguir as normas aplicáveis e com carga térmica total equivalente.

6.2 Ar refrigerado da cabine

Cada cabine deverá ser equipada com uma unidade independente de ar refrigerado, alimentada em tensão alternada de 380 V, trifásica e 60 Hz, pelo inversor auxiliar do trem.

As unidades deverão ser idênticas e intercambiáveis.

A unidade de ar refrigerado deverá ser do tipo compacta, com compressor/condensador e evaporador/soprador e todos os seus componentes montados sobre uma estrutura, a ser fixada no teto do veículo.

O compressor da unidade de ar refrigerado deverá ser do tipo *Scroll*.

O funcionamento do sistema de ar refrigerado deverá ser condicionado às condições de comando da cabine, sendo:

- Sempre ligado no caso de haver comando na cabine;
- Desliga-se a refrigeração, 15 minutos após a cabine ficar sem comando. Nesse caso, porém, deve-se manter em funcionamento a ventilação e troca de ar no interior da cabine se a temperatura interna ficar superior a 30° C.

Deverá haver uma chave de isolação dessa função na cabine do trem, de forma a manter o ar refrigerado sempre ligado independentemente de haver comando, por exemplo, para atuação da manutenção.

O controle de temperatura deverá ser efetuado pelo próprio piloto e possibilitar regulagens entre 22º C e 28º C.

6.2.1 Alimentação e controle

O sistema de comando e controle deverá ser alimentado pela tensão de baterias do trem.

Na cabine de condução deverá ter uma chave de controle de alimentação que possa comandar o desligamento do sistema de ar refrigerado e ventilação da cabine.

O sistema de ar refrigerado deverá ser projetado para operar nas condições ambientais da cidade de Brasília e deverá proporcionar conforto de acordo com o indicado na norma EN-13129-3, categoria B.

Para temperatura interna abaixo de 22° C, a refrigeração deverá desligar-se automaticamente e somente a ventilação do evaporador deverá permanecer ligada, funcionando como renovação de ar.

O desligamento da refrigeração, mantendo a ventilação ligada, deverá também ocorrer quando a cabine permanecer sem comando por um tempo maior que 15 minutos. Deverá haver uma chave para isolar essa função e manter o equipamento ligado, independentemente da existência de comando na cabine.

Para temperatura interna superior a 22° C, o sistema de refrigeração deverá religar-se automaticamente.

A regulação deverá ser efetuada com controle de temperatura por sensor convenientemente localizado no interior da cabine.

O sistema de ar refrigerado deverá ter um dispositivo regulador de vazão e de direcionamento para o piloto e uma derivação para o desembaçador do pára-brisa e, deverá atender a norma UIC-553.

O evaporador/soprador deverá ser provido de controle de velocidade baixa e alta.

As grelhas de saída de ar refrigerado não deverão estar sobre a cabeça do piloto e os direcionadores de ar do evaporador/soprador deverão ser posicionados para possibilitar fluxo de ar na frente do piloto. O nível de ruído na cabine, com o evaporador/soprador de ar funcionando na velocidade alta, deverá atender aos requisitos da norma NBR-13068, medidos conforme NBR-13067.

Para a instalação, a potência do equipamento por cabine deverá ser calculada para a capacidade de carga considerando:

- Carregamento de 1 pessoa;
- Capacidade mínima de resfriamento de 7° C e temperatura externa de 32° C.

Os equipamentos devem ter capacidade de operar normalmente até a temperatura externa de 40° C.

O cálculo para o dimensionamento deverá seguir as normas aplicáveis com, no mínimo, 8 m³ de ar fresco por hora.

A CONTRATADA deverá apresentar o memorial de cálculo adotado em projeto, indicando todas as características do sistema proposto e seguindo as recomendações das normas aplicáveis.

Para aprovação do sistema de distribuição do ar refrigerado, a CONTRATADA deverá efetuar testes em *mock-up* em tamanho real da cabine de condução para comprovação das características especificadas.

Os testes de tipo e rotina deverão seguir as normas aplicáveis e com carga térmica total equivalente.

6.3 Normas aplicáveis

O sistema de ar refrigerado para o salão de passageiros e cabine deverá atender aos requisitos das normas aplicáveis, constantes do item 1.7.2.

6.3.1 Requisitos técnicos

6.3.1.1 Esforços mecânicos e vibrações

Os componentes do sistema montados no chassi e base dos veículos e seus elementos de fixação devem atender aos requisitos da norma EN-12663, devendo suportar as seguintes acelerações em regime permanente:

- Longitudinal: +3 g;
- Vertical: +(1 + c) g (com “c” variando entre 0,5 no centro do carro e 2 na cabeceira);
- Transversal: +1 g.

6.3.1.2 Chassi

O chassi do equipamento de ar refrigerado deverá ser confeccionado em aço inox. Deverá conter todos os componentes do sistema de ar refrigerado, fora o painel de controle, e deverá ser estruturado para ser instalado sobre o teto do carro, suportando todas as acelerações especificadas.

A CONTRATADA deverá, em sua documentação, apresentar laudos de ensaios para comprovar o correto dimensionamento do chassi para suportar os esforços especificados.

6.3.1.3 Conectores

Os equipamentos de ar refrigerado e o painel de controle deverão ser ligados eletricamente por meio de conectores para facilitar substituições e manutenções. Para os cabos de alimentação de potência serão permitidas conexões por borneiras ou conectores.

Todos os componentes do chassi instalados no teto dos carros, inclusive os elementos de conexão elétrica, deverão ter um grau mínimo de proteção IP-67.

Para os elementos montados no interior do carro, o grau de proteção mínimo é IP-54. Para casos de grau de proteção menor que o especificado para o interior dos carros, será requerida a aprovação prévia do METRÔ-DF.

6.3.1.4 Compatibilidade eletromagnética

O sistema deverá cumprir os requisitos de emissão e compatibilidade eletromagnética, conforme definido na norma EN-50121. A CONTRATADA deverá fornecer laudo técnico dos ensaios realizados em laboratório homologado e habilitado para esse tipo de prova e que comprovem o atendimento aos requisitos especificados para emissão e compatibilidade eletromagnética.

6.3.1.5 Qualidade

A CONTRATADA deverá possuir um sistema de garantia da qualidade homologado segundo a norma EN-9001.

6.3.1.6 Comando e controle

Os equipamentos de comando e controle devem atender aos requisitos da norma EN-50155. O painel de controle deverá controlar separadamente cada unidade de ar refrigerado de forma que, independentemente da origem ou local de uma falha em seus componentes, que possa provocar o desligamento de uma unidade, a outra deverá operar, normalmente, sem qualquer restrição.

O sistema de comando e controle deverá ser microprocessado, tanto para executar as funções de comando e controle como para efetuar funções de autoteste e autodiagnóstico com histórico de eventos. Esse sistema deverá ter saída de comunicação, tanto para a manutenção, via conector padrão *ethernet* ou USB, conforme item 1.3.4, quanto para o sistema *data bus* e indicação na IHM do estado funcional do equipamento.

A sinalização de falhas ou falta de energia para o sistema de ar refrigerado deverá ser mostrada no próprio equipamento e transmitida à IHM da cabine pelo sistema *data bus*.

Também deverão fazer parte do fornecimento, todos os *softwares* necessários para os processos de manutenção e monitoração funcional via *notebook* de teste.

6.3.1.7 Compressor – condensador

Cada unidade deverá ser constituída de:

- Compressor acoplado a motor elétrico, dotado de um visor, a fim de facilitar a verificação do nível de óleo. Esse compressor deverá ter seu projeto aprovado para uso ferroviário. A CONTRATADA deverá fornecer laudo para comprovar esse requisito;
- Motor elétrico de acionamento do compressor, alimentado pelo sistema auxiliar de corrente alternada, trifásica de 380 V ± 10 %, 60 Hz;
- Baterias condensadoras que devem ser constituídas de tubos de cobre aletados, devendo suportar uma pressão de prova de 35 kg/cm², com água a 30° C;
- Receptáculo de fluido refrigerante, que deverá ter válvulas de entrada e saída e visor de nível do líquido refrigerante;
- Fluido refrigerante do tipo ecológico, que deverá atender aos requisitos de normas ambientais.

6.3.1.8 Evaporador – soprador

A unidade de evaporador/soprador deverá prover a recirculação de ar, bem como o insuflamento de ar externo, de forma a atender aos requisitos de

temperatura, conforto e renovação com ar externo, conforme definido na norma EN-13129-3 para trens, categoria B.

Em temperaturas abaixo de 22° C, o resfriamento deverá desligar-se automaticamente, ficando operante somente a ventilação e renovação de ar externo.

Cada unidade deverá ser constituída de:

- Uma unidade evaporadora sopradora, com saída para o duto de ar, com uma separação diagonal em toda a extensão do salão de passageiros, de modo que cada unidade opere independentemente da outra. Um filtro de dimensões adequadas deverá ser colocado na entrada, a fim de limpar o ar que é insuflado para o duto de distribuição e que deve atender a norma EN-779;
- Um ventilador acionado por motor elétrico acoplado, que deverá ter, no mínimo, duas velocidades;
- Baterias evaporadoras que devem ser constituídas de tubos de cobre aletados, devendo suportar uma pressão de prova de 35 kg/cm² com água a 30° C;
- Uma bandeja de recolhimento da água de condensação em aço inoxidável, instalada sob as baterias evaporadoras, com mangueira para drenagem.

6.3.1.9 Motores

Os motores do compressor e de ventilação do evaporador deverão ser alimentados pela tensão de saída do inversor estático e deverão atender aos seguintes requisitos:

- Assíncronos trifásicos;
- Tensão de linha: 380 V ± 10 %;
- Frequência: 60 Hz ± 5 %;
- Grau de proteção mínimo para o evaporador: IP-56;
- Grau de proteção para o condensador: IP-56;
- Classe de temperatura: classe F;
- Carcaça de alumínio e eixo em aço inox (alto grau de proteção a corrosões);

- Mancais autolubrificados.

Os ensaios deverão atender os requisitos da norma IEC-60349-2.

A CONTRATADA deverá entregar laudos dos ensaios efetuados por laboratório credenciado.

7 SISTEMA DE PORTAS

7.1 Características gerais

O acionamento do motor das portas deverá ser feito por comando elétrico, a partir da cabine de comando.

Todas as portas deverão ser de face dupla com estrutura rígida e janelas conforme item 4.13.5. As portas deverão ser projetadas com o mesmo material básico usado para a caixa do carro e seu acabamento deverá ser no mesmo padrão das partes adjacentes.

O projeto deverá ser elaborado de forma que o mecanismo de acionamento e o suporte de sustentação das folhas sejam montados diretamente sobre a estrutura lateral do carro, resistentes a choques e vibrações, de modo a evitar desregulagens ou interferências no funcionamento das portas, devido a quaisquer deformações que possam ocorrer na movimentação normal dos carros, além de dispor de proteção contra a entrada de água.

As superfícies das portas deverão ser livres de ondulações e resistentes a choque e vibrações.

As soleiras das portas deverão ser antiderrapantes, evitando-se cantos vivos nas guias corrediças.

As folhas das portas deverão ser providas de guarnições de borracha em toda a sua extensão de contato entre as duas folhas. As guarnições deverão ser projetadas de forma que tenham flexibilidade suficiente para não causar lesões aos passageiros.

A detecção de portas fechadas deverá ser por contato elétrico, tanto para o comando, como para a sinalização. Esse contato deverá garantir que as folhas de portas foram fechadas.

O mecanismo de acionamento das portas deverá garantir um acionamento sincronizado das duas folhas.

7.2 Portas laterais

Os carros deverão ser providos, em cada lateral, de portas com dimensão aproximada de 1.870 mm de largura.

As portas deverão ser do tipo deslizantes, formadas por duas folhas e com bolsas laterais incorporados ao acabamento interno, para recolhimento das folhas.

O acionamento das portas deverá ser realizado por meio de motor elétrico comandado por sua respectiva unidade eletrônica.

O projeto das portas deverá ser tal que garanta a facilidade de montagem e desmontagem e a não movimentação das folhas no sentido vertical, quando da abertura e fechamento das mesmas.

As folhas das portas deverão ser projetadas de forma rígida para resistir a uma carga concentrada de 90 daN, aplicada perpendicularmente à face da mesma, distribuída na parte central da folha em uma banda máxima de 100 mm, quando apoiada nas extremidades em nível e o lado interno para cima, com uma deflexão máxima de 3 mm sem ocasionar deformação permanente, ou uma carga concentrada de 120 daN, aplicada perpendicularmente à face da mesma, distribuída na parte central da folha em uma banda máxima de 100 mm, quando apoiada nas extremidades, em nível e o lado interno para cima, com uma deflexão máxima de 6 mm e com uma deformação permanente inferior a 1 mm. Empregar os requisitos da norma EN 14752 que forem mais conservadores, especialmente no que diz respeito ao item 5.2.1.5 da referida norma (sistema antiarrasto), que deverá ser considerado no projeto do trem como uma segurança complementar.

Os quadros e as folhas de portas deverão ser projetados de forma a evitar que se prenda a mão do passageiro entre a folha e a lateral do carro, tanto do lado interno como externo do carro, durante as aberturas de portas, sendo que na zona da janela, o vidro deverá ficar faceado do lado interno.

A suspensão das folhas das portas deverá ser feita por rolamento linear, com esferas de aço que deslizarão suavemente sobre suporte de aço.

As folhas das portas deverão ter um vidro de segurança do mesmo tipo utilizado para as janelas que deverão atender ao item 4.13.5 e sua substituição deverá ser possível sem a remoção das folhas de porta do trem.

A guia para as folhas, instalada na soleira da porta, deverá ser de fácil remoção para substituição quando gasta e de fácil limpeza.

O projeto deverá prever acesso a todos os elementos do mecanismo de acionamento e de suspensão das folhas para facilitar a inspeção, limpeza, regulagens e manutenção, bem como a substituição de folhas, sem a necessidade de remoção de partes do revestimento interno. Uma sanca deverá ser instalada neste acesso e convenientemente projetada para permitir sua fácil abertura, não sendo utilizados parafusos. Deverá ser previsto um dispositivo para manter a sanca aberta.

O motor deverá garantir o travamento mecânico das folhas na posição fechada, de forma a impossibilitar a abertura das mesmas, depois de estarem completamente fechadas. O destravamento das folhas das portas poderá ser efetuado manualmente pela atuação no dispositivo de destravamento.

7.3 Portas de serviço e emergência

Uma porta em cada lado do carro deverá ter a função de porta de serviço e de emergência.

Deverá existir uma escada nas portas de emergência, a ser definida na fase de projeto, para evacuação e retorno dos passageiros ao carro, em caso de incidente que exija essa movimentação em locais da via que não tenham passarela de emergência.

As portas de serviço deverão ser acionadas por um dispositivo elétrico e outro mecânico, por meio de chave padrão do METRÔ-DF, que deverá permitir abertura e fechamento desta porta, independentemente de haver cabine líder selecionada, porta isolada ou sistema energizado. Os dispositivos externos deverão ser de fácil acesso a partir da plataforma da estação, bem como do nível da via. Os dispositivos internos deverão ser de fácil acesso e instalados em altura que permita o seu acionamento com o piloto em pé.

O comando elétrico da porta de serviço deverá garantir a abertura da respectiva porta, mesmo estando ela isolada eletricamente pelo painel externo de cabeceira.

O dispositivo mecânico deverá fazer o destravamento das folhas, permitindo abertura manual. No lado interno do carro esse dispositivo é o próprio manípulo de emergência.

As portas de serviço deverão possuir duas chaves elétricas, sendo uma externa e outra interna, ligadas em paralelo.

O acionamento das portas de emergência deverá ser efetuado por um dispositivo de atuação mecânica (manípulo de emergência), com a lógica descrita abaixo:

- Trem parado com portas fechadas e travadas:
  - Porta onde o manípulo foi acionado é destravada;
  - Freio de emergência é aplicado até a normalização do manípulo;
  - Soa alarme sonoro na cabine;
  - Sinaliza alarme luminoso no console da cabine até a normalização do manípulo;
  - Monitor do sistema CFTV exibe imagem da respectiva porta onde ocorreu o acionamento;
  - Sinalização piscante com os dizeres “CUIDADO, PORTA DESTRAVADA” e “DISPOSITIVO DE EMERGÊNCIA ACIONADO” na porta onde ocorreu o acionamento, legível apenas na situação de alarme.
- Trem em movimento:
  - Porta onde o manípulo foi acionado deverá ser destravada somente após a parada do trem;
  - Freio de emergência é aplicado, após a parada do trem, até a normalização do manípulo;

- Soa alarme sonoro na cabine;
- Sinaliza alarme luminoso no console da cabine até a normalização do manípulo;
- Monitor do sistema CFTV exibe imagem da respectiva porta onde ocorreu o acionamento;
- Sinalização piscante com os dizeres “CUIDADO, PORTA DESTRAVADA” e “DISPOSITIVO DE EMERGÊNCIA ACIONADO” na porta onde ocorreu o acionamento, legível apenas na situação de alarme.

O manípulo de emergência deverá ser instalado no painel de revestimento lateral, protegido por uma tampa plástica e não deverá estar próximo do botão soco de emergência. A tampa plástica deverá permitir seu rompimento manual em caso de emergência e ser montada em uma moldura, para facilitar sua substituição.

A normalização da atuação do manípulo de emergência deverá ser feita por meio de chave padrão do METRÔ-DF.

A função de acionamento de porta pelo manípulo deverá sempre garantir o destravamento, mesmo no caso de falha do sistema de controle de portas ou na falta de alimentação elétrica.

7.4 Comando de portas

Os circuitos de comando de portas deverão proporcionar abertura e fechamento das portas em qualquer modalidade operativa.

O trem deverá ler o sinal de portas gerado pelas antenas de portas da estação, de modo a evitar APLOP (abertura de portas do lado oposto à plataforma), independentemente de comando dado pelo piloto no console. A abertura de portas pelas botoeiras laterais será permitida, independente do sinal de portas, visando atender uma contingência operacional.

O fechamento das portas deverá ser realizado por meio das botoeiras localizadas no console ou nas laterais no armário elétrico, na modalidade MCS ou MAN.

A abertura das portas só deverá ser possível na condição de trem parado e com reconhecimento da região de plataforma, na modalidade ATO ou MCS. A região de plataforma indica que o trem está recebendo os sinais das antenas de porta. Sem reconhecimento da região de plataforma, as portas deverão ser abertas apenas na modalidade MAN.

Deverá existir um intertravamento entre o sistema de portas e o sistema de tração de modo a impedir que o trem possa partir com as portas do salão abertas.

A indicação de portas abertas deverá ser realizada por meio de dois sinaleiros localizados nas laterais da cabine. A indicação de portas fechadas e travadas (laço de porta) deverá ser mostrada no console, tanto por sinaleiro quanto na IHM.

Nas laterais externas de cada carro deverá ser instalado um indicador informando o estado das portas do respectivo lado.

Se o indicador de portas do console não acender, após o comando de fechamento de portas, o piloto poderá localizar a porta defeituosa por meio da IHM e do indicador externo de portas daquele carro, podendo isolar a porta, ou o carro, pela chave de isolamento respectiva, localizada no painel lateral externo de cada carro.

Os comandos de abertura e fechamento deverão ser individuais para ambos os lados, efetuado por meio de botoeiras situadas no console. Botoeiras de comando adicionais de abertura e fechamento deverão ser colocadas nas laterais da cabine.

Os comandos de abertura e fechamento de portas do trem somente deverão ser ativos na cabine líder.

O circuito de comando de portas deverá ser em corrente contínua. Em condição normal de funcionamento a alimentação deverá ser pelo retificador e, em caso de falha dos retificadores, pela bateria.

O intertravamento com o sistema de tração poderá ser isolado por meio de chave elétrica, instalada no painel de chaves da cabine. O acionamento dessa chave deverá ficar registrado pelo sistema *data bus* e deverá permitir a movimentação do trem, apenas na modalidade MAN.

Os comandos de abertura de portas deverão ser bloqueados enquanto o trem estiver em movimento.

Em cada lateral da cabeceira 2 do carro, deverá existir um painel externo com chaves comutadoras que permitam o isolamento de cada porta correspondente à lateral em que o painel está instalado e, uma chave geral para isolamento do painel de portas do carro de modo que o mesmo não interfira com o sistema de comando de portas do trem, impedindo a sua movimentação.

Todas as chaves de isolação deverão ter três posições:

- Posição 1 – normal;
- Posição 2 – isolação do comando;
- Posição 3 – isolação do comando e sinalização.

Estas chaves quando acionadas deverão permitir a movimentação normal do trem, porém as portas isoladas devem sempre permanecer fechadas não recebendo comandos.

As botoeiras que comandam a abertura e o fechamento das portas do carro deverão ter as cores vermelha para fechamento e verde para abertura.

Independentemente da modalidade operativa, todo fechamento de portas deverá ser precedido de um sinal de alerta sonoro que deverá soar por um intervalo de tempo ajustável de 1 a 5 segundos. Esse sinal de alerta deverá soar no interior dos carros através do equipamento de sonorização. Para auxílio a deficientes auditivos, acima de cada porta deverá possuir uma sinalização visual que acenda ao mesmo tempo em que soa o gongo de porta. O projeto referente a essa sinalização visual deverá ser sujeita a aprovação do METRÔ-DF.

Na lateral de cada carro deverá haver uma sinalização luminosa, em LED, de fácil visualização a partir da cabine, que deverá permanecer acesa enquanto as portas estiverem abertas ou com problemas que impeçam o seu fechamento normal.

A sinalização lateral deverá ter funcionamento normal quando portas com defeitos estiverem sido isoladas eletricamente e fechadas.

O usuário poderá ter acesso ao comando de abertura de portas por meio do botão soco e do manípulo de emergência, colocados em um dos lados das portas do carro e, devidamente protegidos contra utilização inadequada.

7.4.1 Funcionamento do botão soco

7.4.1.1 Trem parado na plataforma com portas fechadas e travadas

- Acionamento de botão soco do lado da última abertura de portas:
  - Porta onde botão foi acionado é aberta;
  - Trem permanece parado;
  - Soa alarme na cabine;
  - Freio de emergência é aplicado.
- Acionamento de botão soco do lado oposto da última abertura de portas:
  - Porta onde botão foi acionado permanece fechada;
  - Trem permanece parado;
  - Soa alarme na cabine;
  - Freio de emergência é aplicado.

7.4.1.2 Trem em movimento (V>0 km/h) na região de plataforma

- Acionamento de botão soco independentemente do lado da última abertura de portas:
  - Freio de emergência é aplicado;
  - Soa alarme na cabine;
  - Porta onde botão foi acionado permanece fechada.

7.4.1.3 Trem em movimento fora da região de plataforma

- Acionamento de botão soco independentemente do lado da última abertura de portas:
  - Freio de emergência não é aplicado;
  - Soa alarme na cabine;

- Porta onde botão foi acionado permanece fechada.

A atuação do botão soco terá efeito para um tempo inferior a 10 segundos a partir do início de movimentação do trem na região de plataforma.

7.4.2 Funcionamento do manípulo de emergência

Conforme descrito no item 7.3.

7.4.3 Detecção de obstáculo

A eletrônica de controle das portas deverá ser capaz de detectar, durante a fase de fechamento, uma obstrução causada por um objeto com espessura maior ou igual a 10 mm. Nessa condição não deverá ocorrer o travamento dessa porta, inibindo assim a tração do trem.

Para comprovação deverá ser utilizado um gabarito rígido, com 10 mm de espessura, 20 mm de largura e 50 mm de altura, posicionado entre as bordas de contato das folhas a 1 m do piso do carro. A força de fechamento deverá ser de 15 daN ± 5 daN, permanecendo aplicada por 2 a 3 segundos ao encontrar o obstáculo, após, a alimentação do motor é cortada por um instante e invertida para que a porta reabra automaticamente, de forma parcial por ± 100 mm para cada lado, permitindo assim a remoção do obstáculo.

Somente um reciclo deverá ser realizado e, caso o obstáculo ainda esteja presente, a porta deverá se manter pressionada com uma força de compressão de 15 daN ± 5 daN, por um período de 25 s ± 5 s, após, a força deverá ser reduzida a um valor mínimo, mantendo-se assim por tempo indefinido de modo a garantir, de forma automática, o fechamento e o travamento desta porta após a remoção do obstáculo.

7.5 Porta lateral da cabine

A cabine de condução deverá ser provida, em ambas as laterais, de portas de acesso para o piloto, conforme item 4.7.

As portas deverão ser projetadas de modo que mantenha uma perfeita vedação contra a entrada de água e não permitam vibração e ruído durante o movimento do trem. Deverão possuir monitoramento de abertura com registro no *data bus* e indicação na IHM.

As portas deverão ser projetadas com o mesmo material básico empregado para a construção da caixa, sem sobressair à superfície lateral e com acabamento de cada face em concordância com o ambiente em que estão localizadas.

As portas deverão ser deslizantes e providas de janelas conforme especificado no item 4.13.5.

No lado externo, deverá existir um pega-mão para auxílio no acesso a partir da via.

No lado interno, deverá existir uma maçaneta para a abertura da porta.

Deverá existir batente limitador na abertura completa da porta, impedindo esmagamento da mão do piloto contra o estojo das portas.

O travamento da porta deverá ocorrer sem necessidade do uso de chave padrão do METRÔ-DF. O destravamento, pelo lado externo, se dará apenas com chave padrão do METRÔ-DF.

7.6 Porta entre cabine e salão

A porta de comunicação entre a cabine e o salão de passageiros deverá ser projetada de modo a não permitir vibração, ruído e empenamento provocado pelo peso próprio ou intempéries.

A porta deverá ser deslizante, possuir monitoramento de abertura com registro no *data bus*, indicação na IHM e um dispositivo que a mantenha aberta, mesmo com o trem em movimento.

A folha da porta deverá ter o acabamento de cada face concordante com o ambiente em que esteja localizada.

O travamento da porta deverá ocorrer sem necessidade do uso de chave padrão do METRÔ-DF. O destravamento, pelo lado do salão se dará apenas com chave padrão do METRÔ-DF.

Deverá existir uma maçaneta, tanto no lado do salão quanto no lado da cabine, para auxiliar na abertura da porta.

8 SISTEMA DE ACOPLAMENTO

8.1 Engates

Todos os carros “A” deverão ter engates semi-automáticos na extremidade dianteira. A uma altura de 655 mm ± 10 mm entre o pino e o topo de boleto do trilho, na condição de carro vazio. O acoplamento entre os carros do trem deverá ser executado através da utilização de engates do tipo barra fixa.

8.1.1 Engates semi-automáticos

Os engates deverão permitir o acoplamento mecânico por simples encosto entre trens. O desacoplamento poderá ser feito manualmente ou através do acionamento de uma válvula pneumática que opera o mecanismo de desengate. A válvula de desacoplamento pneumático deverá estar localizada na cabine de condução em lugar de fácil acesso ao piloto.

Deverá ser previsto um dispositivo de centralização do engate para facilitar o acoplamento que permita uma amplitude de deslocamento correspondente a um círculo de 4” de diâmetro.

Os engates semi-automáticos deverão ser compatíveis com os das frotas atuais do METRÔ-DF e, devem ser dotados de um elemento fusível. O sistema de absorção de energia deverá indicar visualmente quando for usado em sua capacidade total.

Os engates devem ser projetados de modo a facilitar o acoplamento ou desacoplamento mesmo em locais de curva. Além disso, o projeto deve evitar situações em que o piloto fique exposto entre os trens no momento do desacoplamento.

Os engates devem ser projetados para suportar uma velocidade de acoplamento de até 11 km/h vazio e 9 km/h carregado (AW4).

8.1.2 Engates de barra

A cabeceira 2 do carro “A” e as cabeceiras do carro “B” deverão ser acoplados por meio de engate semi-permanente, dotado de equipamento de absorção de energia do tipo regenerativo semelhante ao usado no engate semi-automático.

O engate deverá ser projetado para que na ocorrência de desacoplamento acidental entre quaisquer carros do trem, deverá ser aplicada frenagem de emergência no trem.

8.1.3 Conexão elétrica de baixa tensão

A conexão elétrica entre carros do trem deverá ser executada através de conectores específicos para conexões de baixa tensão que suportem vibrações e balanço do carro e do cabo e deverão possuir, no mínimo, grau de proteção IP-66.

Os conectores deverão possuir bloqueio mecânico de forma a evitar qualquer possibilidade de erro na operação de engate.

Deverá ser prevista uma reserva de pelo menos 20 % na fiação dos cabos e pinos dos conectores de ligação.

Na cabeceira 2 do carro “A”, deverá haver duplicidade de conexão para manter a simetria. As extremidades dos conectores que ficarem sem conexão permanente deverão ser convenientemente protegidas por tampas.

A conexão entre carros dos cabos de bateria deverá ser feita por terminais com parafusos.

Os pinos dos conectores com alimentação de bateria não deverão estar localizados próximos aos dos comandos.

As extremidades dos conectores que ficarão expostas deverão ser convenientemente protegidas por tampas.

8.1.4 Conexão elétrica de potência entre carros

Os carros “A” e “B” deverão ser interligados com um cabo elétrico, de forma que as quatro sapatas coletoras de um carro estejam sob o mesmo potencial elétrico que as quatro sapatas do outro carro. A conexão deverá ser feita através de parafusos.

Os carros que estiverem interligados por ligação de potência (750 V) deverão ter suas caixas interligadas por cabo de potência e resistor se necessário.

Em operação normal não deverá ocorrer corrente excessiva nas escovas de aterramento dos carros que possa danificá-las.

Na cabeceira 2 dos carros “A”, deverá haver duplicidade de conexão para permitir a simetria.

8.1.5 Conexão elétrica em corrente alternada 380/220 V, trifásico

A conexão elétrica entre carros “A” e “B” do trem deverá ser feita através de terminais com parafusos.

A conexão elétrica entre carros do trem deverá ser executada através de conectores específicos para conexões de corrente alternada (380 V) que suportem vibrações do carro e do cabo e possuam, no mínimo, grau de proteção IP-66.

Deverão existir dois *trainlines* de 380 V, um para cada inversor auxiliar.

Os cabos deverão ser de alta flexibilidade para suportar as condições de trabalho e instalados em local que dificulte o vandalismo.

8.1.6 Conexão pneumática entre carros

Deverá ser prevista uma interligação pneumática do encanamento principal entre as cabeceiras sem engate automático dos carros através de mangueiras com união.

A mangueira deverá ser de borracha ou *nylon*, com comprimento apropriado para absorver toda e qualquer movimentação dos carros.

9 SISTEMA DE FRENAGEM POR ATRITO

O sistema de freio deverá ser concebido com o conceito de falha segura

O sistema de freio por atrito deve ser projetado para funcionar em toda a faixa de velocidade máxima até zero, para as condições de carro vazio até carregado, considerando carregamento AW5 e atendendo ao item de desempenho em frenagem e seus subitens.

O sistema de freio de atrito deve ser dimensionado para garantir, no mínimo, a aplicação de 3 (três) frenagens de emergência consecutivas (com carga AW5) a partir da velocidade máxima de 100 km/h.

Deverá ser um sistema associado ao freio elétrico, para garantir a frenagem segura, suave e isenta de solavancos. Deverá ser dimensionado para garantir uma frenagem de serviço e emergência para qualquer condição operativa de carga e velocidade do trem, mesmo sem auxílio do freio elétrico, conforme especificado no item 1.4.4.

O sistema de frenagem por atrito deverá ser operacional nos seguintes casos:

- Substituir frenagem elétrica na parada final;
- Substituir frenagem elétrica quando ocorrer falha;
- Complementar a frenagem elétrica quando a taxa mínima não for atingida;
- Aplicar a frenagem de serviço a nível de emergência;
- Aplicar a frenagem de emergência.

Ao sistema de frenagem por atrito, deverá ser associado um sistema de antideslizamento e antipatinagem para proteger as rodas durante um deslizamento ou escorregamento.

Deverá existir uma chave elétrica de duas posições (NORMAL e ISOLADO), localizada no painel externo de cabeceira para permitir a isolação do freio de serviço do carro, efetuando o alívio do mesmo. Além dessa chave deverá existir outra de duas posições (NORMAL e ISOLADO), localizada no painel externo de cabeceira,

item 4.1.4, para isolação geral de freios. Além disso, deverá existir uma torneira, item 9.4, para isolar os freios em qualquer situação.

Todas as isolações efetuadas deverão ser registradas no sistema *data bus* e indicadas na IHM.

O sistema deverá permitir, mesmo com o freio de serviço isolado, a atuação do freio de emergência por qualquer de seus comandos.

O sistema de freio se constituirá basicamente:

- Equipamento de controle pneumático;
- Equipamento de comando de freio de atrito;
- Reservatório de ar.

9.1 Equipamento de controle pneumático

Todos os carros deverão ser equipados com uma unidade de controle pneumático de freio, que deverá possibilitar a alimentação dos cilindros de freio nos dois truques de forma independente.

A unidade de controle pneumático deverá ser constituída basicamente de um conjunto de válvulas e componentes para executar as funções de aplicação e alívio de freio de serviço, aplicação e liberação do freio de emergência e válvula de carga variável.

Sempre que a pressão, no reservatório de ar, atingir um limite mínimo definido em projeto, deverá ocorrer uma aplicação automática de frenagem de emergência.

Para efeito de facilidade de manutenção, em cada carro deverá haver um dispositivo que, quando acionado, deverá permitir a substituição das válvulas ou até mesmo das unidades de comando pneumático existentes, sem haver a necessidade de esgotar o ar dos reservatórios.

9.2 Equipamento de comando de freio de atrito

O equipamento eletrônico de comando de freio de atrito, instalado em cada carro, deverá ler os sinais de comando do trem via sistema *data bus* ou via *trainline*. Esses sinais deverão ser gerados pela cabine líder, a partir de comandos do piloto ou automaticamente pelo sistema CBTC.

O sinal de comando deverá ser associado com a posição do *master control*.

Para determinar a pressão necessária do freio de atrito, o equipamento deverá levar em conta o sinal de comando enviado pelo *master control* e o peso do carro.

O sinal do peso real do carro deverá ser informado por meio de transdutor ligado à bolsa de ar da suspensão secundária ou sensor próprio.

O projeto deverá ser conduzido de modo que, em caso de falha em um carro, o sistema de freio dos demais carros deverá compensar de modo a garantir, no mínimo, 90 % da taxa de frenagem nominal. Nesse caso, o sistema deverá indicar a falha na IHM, sem necessidade de restrição de velocidade.

A frenagem de atrito deverá atuar quando ocorrer falha do freio elétrico ou velocidade inferior a 6 km/h. A atuação do freio de atrito deverá ser por truque no caso de falha do freio elétrico.

No equipamento deverá ser prevista uma saída de sinal para chave de isolação do sistema de freio, de modo que a isolação seja recuperável pela simples retirada do comando de isolação.

O equipamento de comando e controle do freio de atrito deverá monitorar suas falhas. Essas falhas permanentes ou intermitentes deverão ser memorizadas, mesmo em caso de falta de energia elétrica e/ou desligamento do trem. Deverá existir, no equipamento, um anunciador local de falhas, que contenha *display* e chave de seleção para monitoração de posições de memória, instalados em local visível e de fácil acesso.

Os sinais de entrada e saída do equipamento, inclusive os provenientes do *trainline* de comando, deverão ser isolados, de modo a evitar interferência entre eles.

As falhas do sistema de freio e a isolação local do equipamento deverão ser registradas no sistema *data bus* e informadas na IHM. Em caso de falha remoção de freio, deverá ser inibida a tração do trem, sinalizando ao piloto para que ele possa isolar o carro com problema.

O equipamento de comando e controle do freio de atrito deverá ser provido de conector padrão *ethernet* ou USB, conforme item 1.3.4, para computador portátil que servirá para análise, teste e diagnóstico automatizado.

O equipamento deverá possuir módulos e cartões de circuitos impressos e deverá estar em conformidade com o estabelecido no item 1.3.4.

Deverá ser permitido ao METRÔ-DF o ajuste das pressões para freio de serviço e emergência, dentro da faixa de segurança a ser informada pelo Fabricante de freio, de modo a possibilitar a utilização de diferentes tipos de pastilhas.

Os materiais de desgaste (conjunto discos e sapatilhas) devem ser dimensionados para trabalhar nas condições normais de operação, com freio de atrito ou aplicação de freio de emergência, com o trem carregado (AW5), a partir da velocidade máxima até a parada, mantendo suas características na faixa de temperatura de trabalho.

9.3 Equipamento de antideslizamento e antipatinagem

O equipamento de antideslizamento e antipatinagem deverá controlar o esforço de frenagem e tração em função da aderência entre a roda e o trilho.

Deverá haver interação entre a atuação do equipamento de antideslizamento e antipatinagem do sistema de freio de atrito com o sistema de tração e frenagem elétrica, sendo que o sistema de tração e frenagem elétrica deverá ter prioridade e supervisionado pelo sistema de freio de atrito.

O equipamento deverá ser projetado para evitar o travamento e a formação de calos nas rodas, minimizar a distância de frenagem com o aproveitamento, ao máximo, da aderência disponível, em toda a faixa de velocidade.

O equipamento deverá ser projetado com lógica microprocessada ou tecnologia superior, funções de autodiagnóstico, memorização de falhas mesmo na falta de energia e facilidades para sua manutenção.

As falhas do equipamento de antideslizamento e antipatinagem deverão ser enviadas ao sistema *data bus* e indicadas na IHM.

Qualquer modalidade de frenagem deverá ser supervisionada pelo equipamento antideslizamento.

O equipamento deverá registrar as ocorrências, com indicação do truque, em que não for possível evitar o escorregamento ou a patinagem.

O equipamento deverá ter em sua parte frontal um anunciador local de falha para manutenção, conforme descrito no item 5.2. No *display* deverá ser mostrado o estado do equipamento bem como, as falhas, atuação para correção da patinagem e deslizamento, e informações de diagnóstico.

Todos os equipamentos eletrônicos que compõem o sistema de antideslizamento e antipatinagem deverão ser submetidos a ensaios, conforme normas EN-50155, EN-50121-3-2 e EN-61373 e atender aos requisitos de desempenho citados na norma UIC-541-05.

9.4 Torneira de isolamento do cilindro de freio

Em cada carro deverá haver uma torneira com venta para bloquear a alimentação e aliviar o ar comprimido dos cilindros de freio dos truques desse carro, devidamente identificada e, instalada na lateral do carro, com fácil acesso e visualização.

9.5 Válvula e torneira de isolamento do encanamento principal

As válvulas de isolamento eletropneumático do encanamento deverão ser instaladas em ambas as laterais do carro com acesso pelo painel externo de cabeceira.

Estas válvulas, quando acionadas, deverão interromper a continuidade do encanamento do sistema de ar comprimido.

Também deverão ser previstas torneiras com punho autotravante em ambas as cabeceiras, para isolamento manual do encanamento principal.

9.6 Dispositivo de acionamento do freio de emergência

Todos os carros “A” deverão ter dentro da cabine, em lugar bem visível e de fácil acesso ao piloto do trem, um dispositivo de acionamento manual do freio de emergência, com retenção e de cor vermelha.

Esse dispositivo, quando acionado, deverá colocar o trem em emergência instantaneamente em toda e qualquer situação.

9.7 Painel Interno ou Externo de Válvulas

Deve haver um painel de válvulas interno (salão) ou externo (ao lado do painel externo de isolações) com as válvulas atuáveis em anormalidades: encanamento principal, freio de emergência, freio de serviço, freio de estacionamento.

10 SISTEMA DE SUPRIMENTO ELÉTRICO

10.1 ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA EM CORRENTE ALTERNADA

O sistema de alimentação elétrica em corrente alternada deve ser constituído por inversores estáticos com tensão de entrada nominal em 750 Vcc e saída, com tensões nominais entre fases de 380 Vca e 220 Vca entre fase e neutro, sobfrequência nominal de 60 Hz, senoidal.

Deve haver isolação galvânica entre a tensão de entrada e a tensão de saída em corrente alternada.

A quantidade de inversores nos trens deve ser de no mínimo 2 inversores instalados nos carros B.

Os 2 inversores devem ser iguais em componentes e em todas as suas funcionalidades, ou seja, completamente intercambiáveis entre si.

Os inversores devem ser protegidos contra as variações bruscas de tensão de entrada, além de transitórios de tensão, gerados por atuação de contatores de disjuntores em carga.

10.1.1 Características Gerais

O inversor de tensão e frequência fixa deve fornecer ao trem corrente alternada trifásica de 380 Vca entre fase-fase e 220 Vca entre fase e neutro (aterrado) de frequência fixa de 60Hz e deve alimentar os seguintes equipamentos:

- Sistema de climatização do salão de passageiros;
- Motor do compressor do sistema de suprimento de ar;
- Sistema de corrente contínua de 72 Vcc;
- Iluminação do salão de passageiros;
- Tomadas para eventuais instrumentos, ferramentas portáteis e equipamentos de limpeza ou equipamentos operacionais (console).

Em todos os carros deve ser prevista a possibilidade de alimentar as cargas da rede de corrente alternada do trem por intermédio de uma fonte externa, de 380Vac ou 750Vcc, para efeito de manutenção nas oficinas.

A alimentação dos carros por fontes externas deve excluir totalmente a possibilidade de funcionamento em paralelo com a fonte interna do carro.

A alimentação auxiliar externa de manutenção de 380 Vac, limitada a 60 A, deve alimentar os equipamentos conectados ao CVS correspondente, limitando o funcionamento dos equipamentos, permitindo a partida através de tela restrita a manutenção da IHM do TCMS.

O funcionamento do conversor auxiliar deve estar desabilitado ao se conectar a alimentação pela tomada externa de 380 Vac.

A alimentação auxiliar externa de manutenção de 750 Vcc deve alimentar o equipamento do conversor auxiliar, em funcionamento normal, correspondente e todos os equipamentos e cargas conectadas a este conversor.

Os inversores devem possuir recursos de autodiagnóstico, com possibilidade de leitura dos parâmetros de controle e da rotina que detectou a anormalidade e sinalização de falhas local e na IHM do TCMS por meio da rede MVB.

O autodiagnóstico deve monitorar, além das falhas e anormalidades de funcionamento do equipamento, as falhas dos componentes externos, tais como sensores, contatores, etc. Essas falhas e anormalidades, permanentes ou intermitentes, devem ser memorizadas, mesmo em caso de falta de alimentação de bateria.

Os controladores do sistema devem enviar ao TCMS as variáveis de controles e valores dos sensores que compõem o sistema.

A Contratada deve apresentar para aprovação a configuração do sistema de alimentação elétrica (CA e CC) do trem e memorial de cálculo do dimensionamento do sistema no *Design Review*.

O projeto de distribuição de cargas deve ser realizado de forma a distribuí-las de maneira equilibrada entre os inversores do trem.

10.1.2 Inversor Estático

O inversor deve ser ligado à tensão de alimentação, com um fusível próprio de proteção e um contator ou um disjuntor, localizado na caixa do equipamento.

O contator ou disjuntor deve possibilitar o acionamento do inversor com comando local ou via chave de energização geral.

Os fusíveis do inversor ligados diretamente à tensão de linha devem ter capacidade de interrupção igual ao fusível principal ou disjuntor de tração, protegendo o inversor e sua fiação contra todo tipo de curto-circuito que puder ocorrer.

O contator deve desligar o inversor em casos de sobrecarga e sobtensão de alimentação.

A ocorrência de tensões inferiores a 500 Vcc na linha deve, automaticamente, abrir o contator.

O retorno da tensão a valores superiores a 500 Vcc deve rearmar, também automaticamente, o contator.

A ausência de tensão de alimentação simultânea em todos os carros do trem representará desenergização da linha. Antes de ocorrer a reenergização da via, será efetuado, pela subestação retificadora, um teste de curto-circuito na linha.

Para se evitar um religamento dos inversores durante o teste de curto-circuito, deve existir no circuito do inversor, uma temporização ajustável entre 5 e 30 segundos para retardo do seu religamento,após a tensão de linha atingir 500 Vcc.

Cada um dos inversores deve alimentar um compressor do suprimento de ar e metade das unidades de refrigeração de ar. Os detalhes dessa alimentação serão definidos na fase de projeto.

Os inversores devem ter filtros que propiciem a eliminação de flutuações ou transientes de entrada que possam introduzir ruídos para o equipamento ou para a rede de alimentação.

A saída do inversor deve ser protegida contra curto-circuito por fusíveis e contra sobrecarga por relés de sobre corrente.

A saída do inversor deve ser ligada à carga do circuito auxiliar do veículo por contator trifásico.

As proteções de sobre tensão, subtensão e sobrecarga devem ser temporizadas para que sejam evitados desligamentos indevidos. Cessada a causa do desligamento, o inversor deve religar automaticamente.

O contator de saída somente poderá energizar a carga do veículo quando as tensões e frequência estiverem dentro dos valores especificados.

No caso de curtas interrupções da tensão de alimentação (0,1 a 1,0 segundo), o equipamento deve reassumir a carga dos serviços auxiliares automaticamente.

Os semicondutores de potência devem ser protegidos contra sobreaquecimento por sensores de temperatura.

Os inversores devem ser refrigerados por ventilação natural, sem a necessidade de utilização de ventilação e filtros para o resfriamento de nenhum dos componentes do equipamento.

Não serão aceitos sistemas de resfriamento onde os semicondutores de potência sejam imersos em câmaras de líquido refrigerante.

Características do Inversor Auxiliar com saída de tensão e frequência fixa:

- Tensão nominal de saída: 380 e 220 Vac, trifásico simétrico, com neutro acessível;
- Regulação da tensão de saída: 380 e 220 Vca ± 5%;
- Frequência de saída: 60 Hz ± 2%;
- Forma de onda de saída: Senoidal;
- Deslocamento de fase admissível: 10%;
- Sobretensão (não repetitiva) da rede de alimentação: 4.000 V em 1ms;
- Fator de Potência Nominal: 0,85.
- Eficiência ≥ 90%.

A tensão é considerada praticamente senoidal se nenhum dos valores instantâneos da onda diferir do valor instantâneo da mesma fase da onda fundamental em mais de 5% da amplitude desta última.

O sistema polifásico é considerado praticamente simétrico se nem o componente de sequência negativa nem o componente de sequência zero exceder a 2% do componente de sequência positiva.

A operação de partida dos equipamentos de funcionamento intermitente (compressor, ventiladores, etc.) não deve causar nenhuma perturbação visível aos passageiros (iluminação) ou para o desempenho do carro.

Devem ser previstas facilidades de ajuste dos principais parâmetros de controle do inversor através do software aplicativo de manutenção, tais como:

- Tensão de entrada;
- Tensão de saída;
- Frequência de saída;
- Tempo para religamento;
- Regulação do controle;
- Parâmetros de proteção.

As tomadas dos armários elétricos das cabeceiras 2 de cada carro (3 tomadas por carro) devem ser em 220 Vca, corrente alternada, 60 Hz, senoidal, com previsão de carga de 3 kVA para cada carro.

O inversor deve ser submetido aos ensaios conforme as condições descritas na norma NBR 8365 ou IEC 61287 onde aplicáveis e serão de dois tipos:

- Ensaios de tipo:
  - funcional;
  - de tensão suportável;
  - de transitórios;
  - de acréscimo de temperatura (seca);
  - de acréscimo de temperatura (úmida);
  - de vibração e choques.
- Ensaios de rotina:

- funcional;
- de tensão suportável.

Os componentes eletromecânicos que compuserem o sistema de alimentação elétrica auxiliar serão submetidos a ensaios, conforme normas, IEC 60077, quais sejam:

- Funcional (tipoerotina);
- Tensão suportável (rotina);
- Acréscimo de temperatura seca (tipo);
- Vibração e choques (tipo).

10.2 Alimentação de Baixa Tensão em Corrente Contínua

10.2.1 Alimentação Auxiliar em 72 Vcc

A alimentação auxiliar em 72 Vcc deve ser composto de conversor e baterias.

As saídas do(s) inversor/retificadores em 72 Vcc devem operar em paralelo, alimentando as baterias e equipamentos do trem e, portanto, devem, automaticamente, ajustar suas potências de saída cargas sem se sobrecarregarem (curva de regulação).

O sistema de alimentação em 72 Vcc deve ser dimensionado para alimentar todas as cargas nessa tensão, mesmo com falha de, pelo menos, um inversor/retificador, sem perda de desempenho.

As características de saída do conversor/retificador devem ser as seguintes:

- Tensão nominal (sobcarga nominal): 72,0 Vcc;
- Tensão mínima do sistema: 50,4 Vcc;
- Tensão máxima do sistema: 86,4 Vcc;
- "*ripple*" máximo: 5%.

Deve ocorrer sinalização de alerta na IHM do TCMS no console de condução manual e CCO, pelo CBTC, para quando a tensão da bateria atingir o valor abaixo de 58 V (ajustável no TCMS para a faixa de 58 a 55 Vcc), informando que o trem será desligado em 5 minutos devido a tensão de bateria baixa.

Quando a tensão da bateria chegar ao valor de 56 Vcc deve ocorrer o desligamento do trem, somente se o trem não estiver sendo alimentado pela alta tensão (750 Vcc).

Caso o trem esteja sem receber alimentação de alta tensão, se o nível de tensão da bateria atingir o valor inferior ao mínimo de 50,4 V, deve ocorrer desconexão da bateria de forma a preservá-la e permitir um religamento do trem quando a alta tensão estiver disponível novamente.

A forma como ocorrerá esse religamento deve ser apresentada ao Metrô para a devida aprovação

O trem e o sistema conversor auxiliar devem possuir todos os elementos necessários para propiciar o referido desligamento do trem nas condições acima referenciadas.

Deve haver, necessariamente, isolação galvânica entre a baixa tensão, 72 Vcc e os sistemas de 750 Vcc e 380 ou 220 Vca.

Deve existir um dispositivo para limitação da corrente de saída do inversor/retificador, de forma a evitar que o equipamento entre em sobrecarga em qualquer condição operativa.

A entrada e a saída do inversor/ retificador devem ser protegidas contra curtos-circuitos por fusíveis e os semicondutores devem ter proteção contra transitórios de tensão.

A tensão média fornecida pelo inversor/retificador deve ser de 72 Vcc sob carga nominal.

O equipamento deve ter em sua parte frontal um anunciador de estado local de manutenção e prover meios para indicação de falhas na IHM do console de condução, através do sistema TCMS.

O retificador deve ser submetido aos ensaios, conforme a norma NBR 8365 ou IEC 60571 e serão de dois tipos:

- Ensaios de tipo:
- Funcional;

- Tensão suportável;
- Vibração e choques.
- Ensaios de rotina:
- Funcional;
- Tensão suportável.

10.2.2 Alimentação Auxiliar em 12 Vcc e 24 Vcc

As saídas do inversor/retificadores em 12 Vcc e 24 Vcc devem operar em paralelo, alimentando os equipamentos do trem e, portanto, devem, automaticamente, ajustar suas potências de saída sem se sobrecarregarem (curva de regulação).

Deve existir um *trainline* específico e único para cada tensão auxiliar de 12 Vcc e 24 Vcc ao longo de todos os carros do trem, alimentados em paralelo por todos os conversores.

A alimentação do motor de limpador de para-brisa, lavador, esguichador e luzes demarcadoras deve ser em 24 ± 1,5 Vcc.

Não será aceita alimentação destas tensões por derivação de elementos da bateria.

A alimentação em corrente contínua de 24 Vcc, e os equipamentos conectados a esta tensão, também deve atender aos requisitos da norma EN-50155.

10.2.3 Carregadores Dispositivos Eletrônicos (USB)

Devem ser instalados 8 carregadores de dispositivos eletrônicos em cada carro.

Cada carregador deve ter 02 (duas) portas USB padrão A, totalizando 16 portas USB por carro.

O carregador deve atender à especificação de Carregadores de Baterias versão 1.2 (BC1.2 –12/2010) editado pelo Fórum de Implementadores USB, e enquadrado na categoria de porta de carregamento dedicado, ou DCP (“Dedicated Charging Port”).

A corrente elétrica de carga deve ser de no mínimo de 1,5 A por porta.

O carregador deve ter proteção contra curto-circuito entre pinos da porta e entre portas, contra descarga eletrostática (ESD), contra polaridade invertida e surto de tensão.

O circuito elétrico dos carregadores deve ser protegido por disjuntor exclusivo.

A falha em um carregador não deve interferir no funcionamento dos demais carregadores do carro.

A temperatura ambiente de operação deve ser de 0ºC a 70ºC.

Os carregadores não devem ter cantos ou arestas cortantes ou pontiagudos e devem ser faceados com o acabamento interno do trem (embutido). Caso a fixação do carregador seja aparente, deve ser utilizado parafuso com fenda especial.

Os locais de instalação serão definidos durante o projeto executivo.

10.2.4 Bateria

Devem ser instalados dois bancos de bateria por trem de 72 Vcc, nos carros A, do tipo alcalinas (NiCd) para descarga sem picos de corrente.

A Contratada deve garantir o descarte da bateria.

A Contratada deve apresentar a vida útil e os ciclos de manutenção das baterias para que sejam aprovados pelo Metrô.

O número de elementos deve ser adequado à faixa de tensão especificada, devendo ser mantida permanentemente em carga subtensão constante de 72 Vcc, proveniente do inversor/ retificador.

Os monoblocos devem possuir identificação do fabricante, o modelo e capacidade da bateria, a data de fabricação mês / ano e número de série.

Devem armazenar energia suficiente para manter em operação por uma hora todos os equipamentos do trem alimentados em 72 Vcc.

O dimensionamento da capacidade da bateria deve considerar sua utilização por um período mínimo de 10 anos.

Ao final desse período, a bateria ainda deve ter condições de alimentar as cargas do trem em sua condição operacional por 1h, mesmo com perda natural de sua capacidade de armazenamento de energia.

A bateria deve suportar as cargas do item 10.2.4.1 por no mínimo 60 minutos.

Os elementos de bateria devem ter caixas plásticas resistentes, de fácil limpeza, inspeção e remoção.

A bateria, com o conjunto de elementos interligados e justapostos, deve ser montada em uma caixa com revestimento interno adequado contra a corrosão causada por vapores, gases e eletrólito provenientes do seu uso.

A caixa da bateria deve ser provida de orifícios para exaustão de gases com filtros removíveis e laváveis.

A tampa da caixa deve ser provida de trincos rápidos e de fácil remoção e boa ventilação.

Os elementos da bateria devem ser montados em conjuntos únicos para permitir a retirada por intermédio de empilhadeira.

Todos os conjuntos de baterias devem ser carregados pelo menos por mais de um inversor auxiliar de forma que, na falha de um inversor, o outro ainda possa efetuar a recarga de baterias.

As baterias devem informar em tempo real o estado de carga aproximado na IHM do trem.

As baterias devem ser submetidas aos seguintes ensaios:

- Ensaios de Tipo:
    - Com bateria totalmente carregada, efetuar uma descarga, sob corrente nominal, de uma hora com todas as cargas de corrente contínua conectadas, conforme tempos especificados nesta especificação;
    - Vibração: a ser realizado segundo a norma ABNT-EB-18 e MB-64 ou IEC equivalente.
- Ensaios de Rotina:
    - Inspeção dos elementos mecânicos: dimensional e de acabamento, conexões, etc.

10.2.4.1 Sistemas alimentados pelo banco de bateria

- Rádio TETRA;
- Audição Pública e Sistema de Autofalantes do Salão de Passageiros;
- Painel Externo de Atuações;
- Painel Externo de Isolações;
- Botão de Aplicação de Freio de Emergência do Console;
- Normalização do *trainline* de Rebocamento (Freio de Emergência por Rebocamento);
- CBTC/ATO;
- Sistema de Videovigilância;
- Iluminação de emergência e de cabine de condução;
- Ventilação de emergência do salão;
- Painel indicador de destino;
- Mapa de linha dinâmico.

Outros sistemas que possam ser mantidos alimentados pelo sistema de baterias, poderão ser propostos pela CONTRATADA e submetido à avaliação da equipe técnica do METRÔ-DF.

11 SISTEMA DE SUPRIMENTO DE AR COMPRIMIDO

O ciclo de funcionamento do sistema de suprimento de ar deverá ser fornecido após a definição do compressor a ser utilizado. O valor final deverá ser estabelecido na fase do projeto.

Deverá ser constituído basicamente de:

- Unidade moto-compressora;
- Unidade de tratamento de ar;
- Reservatórios;
- Pressostatos;
- Válvulas de segurança, retenção e redução;
- Filtros;
- Torneiras (válvula eletropneumático e manual).

Deverá haver interligação pneumática entre carros para garantir a equalização da pressão no encanamento principal ao longo do trem.

Em operação normal, cada unidade deverá ser dimensionada para suprir a demanda de ar do sistema.

O ar comprimido fornecido pelo sistema deverá ser isento de impurezas, de água e óleo.

O comprimento da tubulação, entre a saída do compressor até a entrada da unidade de tratamento de ar, deverá garantir um resfriamento do ar comprimido ao nível da temperatura ambiente, na entrada da unidade de tratamento de ar.

O tempo máximo de carregamento do sistema do trem, de vazio à pressão máxima de trabalho, não deverá ser superior a 10 minutos.

O vazamento máximo admissível no trem deverá ser de 0,05 bar por minuto, em média, durante 10 minutos. Com o sistema totalmente carregado, em quaisquer condições de operação e o compressor desligado.

Deverá ser prevista chave de rebocamento com função de isolação do pressostato de emergência e deverá ser posicionada no painel de chaves da cabine.

Os componentes tais como, válvula de retenção, válvula de restrição e outros, que fazem parte do circuito pneumático, não deverão apresentar ruídos devido ao fluxo de ar. Esses componentes que poderão provocar ruídos deverão ser fabricados com sedes não metálicas.

11.1 Painel de comando do compressor

O acionamento dos motores dos compressores deverá ser efetuado de modo que todos liguem conforme a demanda de consumo e desliguem de forma simultânea, através de comando dos pressostatos. A forma de sincronismo deverá ser definida em projeto.

O circuito elétrico de comando da unidade compressora deverá possuir uma chave elétrica que permitirá a verificação individual do funcionamento de cada compressor.

O circuito também deverá prever sinalização para anunciadores de falhas local e remoto.

Deve haver um botão de reset da placa do compressor no painel externo de isolações.

Os compressores devem ser providos de um indicador de ciclo de operação (horímetro).

11.2 Compressor de ar

O acionamento do compressor deverá ser efetuado por um motor de indução trifásico em corrente alternada 380 V, 60 Hz.

O compressor deverá operar normalmente sem intervenção corretiva, no mínimo, por 200.000 km ou 15.000 horas.

11.3 Reservatórios

Todos os reservatórios deverão estar em conformidade com o especificado no item 1.7.17.

Os reservatórios deverão ser dimensionados de forma a garantir o ciclo de trabalho estabelecido para os compressores. Os reservatórios deverão ser fabricados em aço com pintura eletrostática na parte interna ou alumínio, com

durabilidade tal que permita passar pelos testes hidrostáticos mesmo decorridos 2.400.000 km de uso, no mínimo.

Os reservatórios deverão ser testados (teste hidrostático) com pressão 1,3 vezes maior que a pressão máxima do sistema.

Todos os carros deverão ter os seguintes reservatórios:

- Principal;
- Freio de atrito;
- Suspensão secundária.

11.4 Encanamento principal

É o encanamento que interliga o reservatório principal aos outros reservatórios do carro, aos equipamentos e a outros carros do trem.

Deverá estar em conformidade com o especificado no item acima.

Este encanamento deverá ser interligado entre todos os carros do trem por meio de mangueiras e garantir a equalização de pressão em todos os reservatórios dos carros, de modo que o sistema de ar comprimido permaneça estabilizado. O encanamento principal deverá ter todos os acessórios adequados à proteção dos sistemas que estará alimentando.

11.5 Unidade de tratamento de ar

A unidade de tratamento de ar deverá evitar impurezas e óleo, reduzindo o nível de umidade relativa, de modo que não ocorra a condensação de água nos reservatórios e demais equipamentos pneumáticos.

A unidade de tratamento de ar deverá ser composta de:

- Separador de água e óleo;
- Secador de ar;
- Válvulas de drenagens, retenção e magnéticas;
- Filtros.

O secador de ar deverá trabalhar pelo princípio de absorção com regeneração a frio.

O elemento secante, do tipo esfera granel, deverá apresentar saturação devido à presença de água, a qual deverá ser eliminada totalmente na regeneração.

11.6 Acessórios do sistema de ar comprimido

Todos os acessórios montados nos encanamentos, tais como: filtro, drenos e outros, sujeitos a inspeções periódicas de manutenção, deverão estar em local de fácil acesso.

11.6.1 Válvula do tipo tomada rápida

Todos os carros deverão ser providos de válvulas do tipo tomada rápida, para possibilitar a leitura de pressão nos seguintes pontos:

- Bolsas de ar da suspensão secundária;
- Encanamento de alimentação dos cilindros de freio;
- Reservatório principal.

Deverão estar localizadas sobre o estrado, com fácil acesso.

11.6.2 Válvulas de retenção

O sistema deverá ser provido de válvulas de retenção nos seguintes pontos:

- Saída do compressor;
- Entrada dos reservatórios;
- Entrada da válvula de nivelamento das bolsas de ar da suspensão.

Estas válvulas não deverão provocar ruídos durante a passagem do ar.

11.6.3 Válvula de operação manual

Deverão ser montadas à entrada de equipamentos onde se prevê a necessidade de isolamento. Sua operação deverá ser eventual ou nas inspeções de manutenção.

Todas as válvulas, quando em posição aberta, deverão ter a haste na posição transversal em relação ao eixo do encanamento.

As válvulas de acionamento manual deverão estar localizadas em pontos de fácil acesso e deverão ser montadas de forma que na sua operação estejam livres de interferências e da proximidade de cabos e outros equipamentos.

11.6.4 Filtros

Todos os equipamentos pneumáticos deverão ser providos de filtros para proteção dos componentes do sistema.

Deverão ser dimensionados para garantir a retenção efetiva das impurezas contidas no ar.

12 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO

12.1 Descrição Geral

O Sistema de Comunicação (SC) do trem tem como funções principais dar suporte às comunicações de voz, dados e imagens para a perfeita operação, manutenção e administração do sistema metroviário.

O SC é composto pelos seguintes subsistemas:

- Sonorização;
- Mapa de Linha Dinâmico;
- Painel de Comunicação Visual (PCV);
- Painel Digital Multimídia (PDM);
- Intercomunicação;
- Indicador de Destino da Cabine;
- Radiocomunicação.

A CONTRATADA é responsável pelo fornecimento de todos os produtos e serviços necessários ao desenvolvimento e implantação do sistema de comunicação, entregando-o em perfeito funcionamento e operando de forma integrada com os demais sistemas, de acordo com os requisitos deste documento.

12.2 Requisitos Gerais

O Sistema de Comunicação (SC) do trem deverá permitir:

- Emissão de PA (avisos sonoros aos passageiros);
- Emissão de mensagens institucionais sonoras, de forma automática e sem a intervenção do piloto;
- Controle e emissão de informações visuais para os painéis de comunicação visual, para os painéis digitais multimídia e para o indicador de destino da cabine;
- Informação de posicionamento do trem pelos mapas de linha dinâmicos;

- Comunicação entre os pilotos das duas cabines do trem;
- Comunicação entre usuário e o piloto em situações de contingências pelo intercomunicador;
- Envio aos passageiros de sinal sonoro de alerta de fechamento de portas;
- Possuir servidor multimídia exclusivo para armazenamento de mídias de vídeo, institucionais e publicitárias. Esse servidor deve permitir atualização simplificada de conteúdo sem a necessidade de alteração de configuração do sistema de comunicação e sem necessidade de utilização de software proprietário;
- Possuir recursos que possibilitem realizar um autoteste e checar as funcionalidades dos periféricos que fazem parte do SC simulando a passagem do trem pelas estações e vias operacionais;
- Em caso de interrupção e restabelecimento de sua alimentação elétrica, o sistema deve retornar as condições normais de operação, sem a interferência do operador;
- A inicialização e reinicialização do SC devem ser automáticas, simples, seguras e realizadas em tempo inferior a um minuto;
- Ser concebido com características de modularidade, permitindo a inserção de módulos, sem a necessidade de reconfigurar os equipamentos;
- Possuir protocolos de comunicação abertos para a troca de dados entre todos os sistemas com integração de funções e acessos de conexões remotas para atualização dos conteúdos publicados através de protocolos abertos;
- Devem ser especificados, quantificados e fornecidos todos os acessórios, licenças e demais equipamentos necessários ao perfeito funcionamento do sistema;
- Realizar rotinas de testes por comandos em dispositivos de teste conectados ao equipamento, devendo ser exercitadas todas as funções básicas do sistema no local;

- Possuir mecanismo que garanta a integridade e proteção da base de dados e programação, em caso de falha de equipamento ou ações de erro operacional e vandalismo;

- A montagem e instalação dos equipamentos do SC são de responsabilidade do fornecedor e devem ser compatibilizados com a arquitetura, design, estrutura e gabaritos estático e dinâmico do trem;

- Todos os equipamentos dos sistemas embarcados devem realizar a leitura de falhas e autodiagnóstico, sinalizar os alarmes correspondentes associados aos equipamentos, na IHM do TCMS do console de condução.

- O sistema de comunicação deve ser operado a partir do console de comando do carro líder do trem ou do CCO;

- No caso de reversão do comando do trem, de uma extremidade para a outra, todas as funçõesde comunicação devem estar disponíveis no console do carro líder;

- Todos os subsistemas devem ser interligados via rede do trem, com os padrões de mercado de redes de comunicação baseados em Ethernet, de maneira a permitir a troca de informações entre eles;

- Esta rede deve ter as seguintes características e funcionalidades:

    - Ser uma rede de comutação de pacotes do tipo industrial, que atenda as normas relativas a equipamentos embarcados;

    - Ter desempenho suficiente para atender os requisitos técnicos e funcionais especificadas neste documento;

    - Integrar-se aos demais sistemas do trem e com as redes existentes no trem, permitindo a comunicação com o sistema TCMS e outros;

    - Permitir a comunicação síncrona entre os módulos, equipamentos e sistemas que a utilizem, desta maneira, as informações veiculadas em todos os carros do trem por meio desta rede também devem ser apresentadas de forma síncrona;

- Cada equipamento conectado à rede *Ethernet* deve possuir endereço IP único dentro da frota a ser fornecida. A atribuição dos endereços de cada equipamento deve ser automática e fornecida pelos dispositivos da rede respeitando o endereçamento IP do Metrô;
- Permitir a emissão de relatórios apontando as mensagens audiovisuais que realmente foram emitidas;
- Por meio de informações fornecidas pelo CBTC, pelos sinais de portas, comando e liderança do trem, o sistema deverá reconhecer automaticamente seu destino, a estação correta e pontos estratégicos para emissão automática de mensagens audiovisuais institucionais e informativas, desde sua partida do pátio até a estação terminal e zonas de manobra;
- O sistema também deverá ter interface de saída com o sistema de áudio para emissão de mensagens automáticas no PA dos carros;
- Sobre cada porta deverá ser instalada mapa das estações e sinalização luminosa. O sistema deverá ter capacidade de acionar o sinal sonoro de alerta de fechamento e o indicador luminoso de fechamento iminente das portas, para atender os requisitos da norma ABNT NBR 14021.

12.3 Emissão automática de mensagens

O sistema deverá permitir uma programação de eventos e respectivo conteúdo das mensagens a serem apresentadas na emissão automática. Com isso, as mensagens audiovisuais poderão ser emitidas automaticamente, de forma sincronizada informando: a estação atual, próxima estação, destino do trem, lado de abertura das portas e outras, de acordo com a programação pré-estabelecida. As informações visuais deverão ser apresentadas no monitor do salão e as de áudio no sistema de sonorização do trem.

Todas as mensagens de texto a serem exibidas no monitor deverão ser previamente armazenadas na memória juntamente com as mensagens de áudio.

O conteúdo das mensagens deverá ser definido na fase de projeto, sendo que o número delas deve ser superior a 1000 unidades. As mensagens deverão contemplar as 29 estações atuais, as futuras, as mensagens operacionais e as mensagens institucionais.

O sistema deverá permitir que essa programação possa ser efetuada ou alterada pelo METRÔ-DF, de forma autônoma e sem a necessidade de alterações dos softwares residentes do controle do sistema.

As informações de data e hora deverão ser atualizadas automaticamente, mesmo no caso de desligamento da alimentação das unidades.

O sistema deverá dispor de um gongo eletrônico de alerta de acordo com a norma ABNT NBR 14170, que deverá preceder as mensagens. Este gongo deverá ser eletrônico de 2 tons senoidais separados por um intervalo de 1/3 de oitavas.

O sistema de emissão de mensagens deverá ser integrado com o sistema *data bus* do trem, de modo a realizar as seguintes funções:

- Receber informações dos sinais do sistema de comando do trem, do sistema de portas e do CBTC, para identificar a posição do trem na via (em relação às estações), destino e outras informações que irão determinar os eventos para emissão automática de mensagens;
- Permitir o carregamento da programação e conteúdo das mensagens a serem emitidas por *notebook* conectado na rede de dados ou no controlador do sistema;
- Permitir carregamento da data e hora, para sincronia de relógios dos equipamentos do trem;
- Emitir gongo eletrônico de alerta.

Os sinais sonoros que antecedem mensagens e fechamento de portas deverão ser previamente aprovados pelo METRÔ-DF durante a fase de projeto. Esse gongo também deve ser passível de modificação pelo METRÔ-DF de forma autônoma, via programação/configuração e/ou arquivo editável.

12.4 Emissão das mensagens via painel de comando na IHM

O sistema deverá ter um painel de comando com teclado e *display* alfanumérico a ser instalado no console para permitir a seleção e emissão de mensagens audiovisuais de forma manual, pelo piloto. Os comandos deverão ser por *menus* com indicação das mensagens selecionadas, de forma a facilitar e agilizar sua operação. A mensagem emitida dessa forma deverá ter alta prioridade, sobrepondo-se às mensagens automáticas.

12.5 Painel de comando manual de comunicação

Os comandos em que o piloto do trem poderá atuar deverão estar instalados no console, existindo também, um comando para comunicação de emergência entre os passageiros e o piloto.

Todas as comunicações operacionais deverão ser sigilosas aos passageiros.

Nesse painel deverão existir as seguintes botoeiras de comando:

- Comando de comunicação piloto-público: Quando acionado, deverá permitir ao piloto emitir avisos utilizando o microfone do console.
- Comando de comunicação intercabine: Quando acionado, deverá permitir ao piloto comunicar com a cabine oposta, cujo piloto por sua vez, responderá adotando idêntico procedimento.

A comunicação entre cabines deverá ser bidirecional e simultânea.

O sistema deverá permitir a inicialização e término da comunicação de qualquer cabine, independentemente de liderança.

- Comando de comunicação de emergência: As comunicações de emergência, pelos passageiros, deverão ser realizadas por meio de dois intercomunicadores de emergência por carro, definidos no item 12.10.

12.6 Sonorização

12.6.1 Descrição Geral

O sistema de sonorização deve ser uma plataforma multisserviços com as seguintes funcionalidades:

- Veicular mensagens de áudio (voz e música ambiente) nos carros dos trensprecedidas de gongo eletrônico;
- Veicular mensagens, remotamente, pelo sistema de radiocomunicação, emitidas pelo CCO e dirigidas aos trens;
- Possuir interface com o sistema de sinalização CBTC para veiculação de mensagens pré-gravadas a partir de inputs recebidos;
- Veicular mensagens localmente, a partir do console líder;
- Efetuar função de intercomunicação de voz entre consoles do mesmo trem.

Durante a fase de projeto dos trens o Metrô fornecerá à CONTRATADA uma tabela de prioridades na emissão de mensagens, tais como, PA do condutor, intercomunicador de emergência passageiro/operador, comunicação entre consoles, PA do CCO (radiocomunicação), mensagens pré-gravadas e gongo de fechamento de portas.

Devem existir procedimentos de testes comandados através do console de condução que permita a verificação do correto funcionamento do sistema de sonorização. Este teste deve ser capaz de verificar automaticamente o correto funcionamento dos dispositivos do sistema. As falhas detectadas devem ser sinalizadas na IHM do console de condução, indicando o número do carro com o sistema defeituoso.

12.6.2 Requisitos Técnico-Operacionais

O sistema de sonorização deve atender aos seguintes requisitos técnico-operacionais:

- Deve ser operado, normalmente, a partir do console de comando no carro líder. Os equipamentos de sonorização, presentes na console, devem possuir redundância de maneira que suas funções não sejam interrompidas, mesmo em caso de falha de um dos equipamentos.
- Deve tratar e emitir mensagens geradas a partir:
    - Microfone instalado na console do trem;

- Equipamento de mensagens pré-gravadas;
- Sistema de Intercomunicação;
- Sistema de Radiocomunicação;
- Eventos do sistema de sinalização CBTC.

- Os avisos sonoros da próxima estação, de lado de abertura de portas e de portas com defeito devem ser automáticos e sincronizados com as informações visuais (mapas dinâmicos de linha e painéis).

- O sistema deve obedecer a prioridades que impeçam a emissão de duas ou mais mensagens ao mesmo tempo. Na ocorrência da emissão de mensagens simultâneas, a mensagem de menor prioridade deve ser reemitida automaticamente após o término da mensagem de maior prioridade.

- Todos os carros do trem devem ser sonorizados.

- O operador do trem deve ser capaz de emitir avisos “ao vivo”, para isso, deve pressionar o PTT, aguardar a sinalização da finalização do gongo eletrônico e iniciar a locução, utilizando o microfone do console.

- O sinal acústico de alerta de fechamento de portas deve ser emitido automaticamente em todos os carros do trem, independente da seleção do operador.

- O microfone do console deve permitir que as comunicações sejam realizadas com o operador em posição normal, sem a necessidade de girar a cabeça, o corpo ou curvar-se. Este microfone deve ser utilizado para comunicação dos sistemas de sonorização, de intercomunicação e de radiocomunicação.

- O sonofletor do console do trem deve atender às necessidades de comunicação dos sistemas de sonorização, de intercomunicação e de radiocomunicação. Seu controle de volume deve ser ajustável pelo operador de forma independente para cada um desses sistemas.

- A Inteligibilidade deve ser, no mínimo, de 95%, comprovada com a apresentação de Memorial de Cálculo. A sistemática de aferição dos valores deve

ser proposta no Procedimento de Testes de Aceitação em Campo, que será submetido à análise e aprovação do Metrô.

- Deve ser capaz de apresentar resposta em frequência na faixa de 200 a 8.000 Hz ± 3 dB, sendo permitida uma queda não superior a 6 dB por oitava abaixo de 200 Hz e acima de 8KHz.

- Operando em condições de máxima potência, sem qualquer tipo de som incidente sobre o microfone, o sistema de sonorização não deve irradiar qualquer tipo de som, ruído ou zumbido audível.

- O sistema de sonorização deve incorporar recursos de controle dinâmico e automático dos níveis de pressão sonora por carro, de modo a garantir que a emissão de mensagens esteja10 dB acima do ruído ambiente do salão.

- O tempo de resposta de um PA ao vivo, desde a captação do microfone da cabine até a resposta dos altos falantes, não deve ser superior a 15 ms.

- O Nível de Pressão Sonora (NPS) máximo do sistema deve estar limitado a 105 dB.

- As variações do NPS no colchão acústico das áreas sonorizadas do trem não devem exceder 6 dB.

- Para emissão de mensagens “ao vivo”, deve existir indicação para informar ao operador que o gongo cessou e que a locução poderá ser iniciada.

12.6.3 Infraestrutura

A infraestrutura do sistema de sonorização deverá ser constituída, basicamente, da captação, amplificação e distribuição de áudio.

Deverão existir alto-falantes distribuídos ao longo de cada carro, por dois canais/circuitos de áudio separados, de forma que no caso da perda de um canal ainda seja possível a comunicação.

Os alto-falantes e módulos de intercomunicação deverão ser instalados de modo a não serem passíveis de vandalismo.

Toda a cablagem e dispositivos conectores deverão ser protegidos contra intempéries e serem resistentes às operações de lavagem dos trens.

No console deverão ser instalados os equipamentos necessários para o comando e operacionalização dos equipamentos do sistema.

12.6.4 Captação de áudio

12.6.4.1 Microfone da cabine

Deverão existir dois microfones na cabine. Um para a comunicação entre o piloto e o CCO, do tipo PTT de mão, com cabo flexível espiralado e, outro para a comunicação intercabine e com os passageiros por meio de um interfone, que deverá estar fixado no console. Sua localização deverá permitir ao piloto fácil utilização, tanto sentado quanto de pé.

12.6.4.2 Microfone do salão

Deverão existir dois microfones em cada carro. Os microfones deverão ser embutidos na parede lateral, junto às portas das extremidades e lados opostos.

Sua fixação deverá ser feita de modo a evitar possíveis danos causados pelos passageiros e sua utilização deverá ser por meio do acionamento de um botão do tipo aperte para falar, localizado próximo ao microfone e com lacre violável.

A qualidade da comunicação deste dispositivo deverá ser a mesma da comunicação intercabine.

O sistema de comunicação deverá ser projetado de forma a eliminar a microfonia, em condições normais de funcionamento.

Logo abaixo do microfone deverá haver instruções para a sua utilização, inclusive a distância mais adequada para o usuário.

12.6.5 Amplificação de áudio

Tem por finalidade receber o áudio captado pelo microfone ou do sistema de mensagens pré-gravadas e amplificá-lo de modo a atender às características técnicas do sistema de sonorização.

Em cada carro deverá existir dois canais amplificadores de potência, que deverão alimentar todos os sonofletores do salão de passageiros do carro em que estiver instalado.

Deverá existir um controle automático de volume, preferencialmente em função do ruído ambiente, de forma a garantir a inteligibilidade dos avisos sonoros aos passageiros.

12.6.6 Distribuição de áudio

Tem por finalidade receber o áudio amplificado do sistema de amplificação e, distribuí-lo no salão de passageiros, através dos circuitos de áudio e sonofletores, de modo a atender às características técnicas do sistema de sonorização.

O áudio amplificado deverá ser distribuído aos alto-falantes em linha de alto nível para reduzir a influência de eventuais interferências eletromagnéticas.

O local de instalação dos sonofletores deverá receber tratamento acústico e haver uniformidade de acabamento com o revestimento interno.

12.7 Mapa de Linha Dinâmico

Em todos os carros do trem, no lado interno ao salão de passageiros, sobre cada uma das seis portas, deve haver um mapa de linha dinâmico, que será utilizado para a transmissão de informações relacionadas à linha em operação, nome de todas as estações e as integrações com outras linhas metropolitanas, estado operacional da respectiva porta, lado de desembarque na próxima estação, além de outras informações operacionais a serem definidas durante o projeto.

O mapa de linha deve ser do tipo painel digital LED e ser programado para representar as estações do METRÔ-DF, indicadas por ícones que ficarão ativos à medida que o trem chegar à estação correspondente. Quando o trem deixar a estação, a próxima estação no sentido de movimento será representada por novo ícone intermitente. No final da viagem de ida, todos os ícones de estações estarão ativos.

O mapa dinâmico de linha deverá ser indicado no monitor e terá a função de fornecer aos passageiros informações da localização do trem ao longo da linha. As informações deverão ser disponibilizadas exibindo as estações da linha em um mapa. A quantidade de estações a ser exibida, tamanho da imagem, dimensões do monitor LED, distância de visualização, cor e formato deverão ser definidas na fase de projeto.

Deverá existir, acima de cada porta do salão, um monitor LED com características mínimas, tais como: alta resolução (Full HD 1920x1080), brilho de 1000 *nits*, contraste 5000:1, ângulos de visão 170º (horizontal e vertical), ter proteção antirreflexos, proteção transparente antivandalismo e atender a norma EN50155.

O mapa dinâmico de linha de todos os carros do trem deverá mostrar as mesmas indicações ao mesmo tempo.

Todas as informações da linha estarão armazenadas no trem e também podem ser alteradas remotamente.

Na reversão de comando os ícones das estações devem ser apagados e reiniciados com a movimentação no sentido de viagem de volta.

Deverá ser possível acrescentar estações à linha incrementando-as na representação do mapa da linha sem a necessidade de suporte da CONTRATADA.

O *software* para edição das informações que serão apresentadas no monitor, como por exemplo, inclusão ou alteração de estações no mapa dinâmico de linha, deverá ser fornecido.

Os mapas de linha devem informar em seus painéis, a indicação dos seguintes estados operacionais de suas respectivas portas:

- Porta fora de serviço ou com falha de funcionamento;
- Informação aos passageiros no caso de obstrução no fechamento das portas;
- Lado de abertura de porta;
- Dispositivo de emergência atuado;
- Informar passageiros da continuidade de prestação de serviço ou recolhimento do trem ao pátio.

As mensagens de próxima estação e lado de desembarque devem ter prioridade de apresentação.

A alimentação do mapa de linha deve ser feita pela tensão de bateria do trem.

Devem existir procedimentos de testes comandados através do console de condução que permita a verificação do correto funcionamento de todos os mapas de linha. Este teste deve ser capaz de verificar automaticamente o correto funcionamento dos dispositivos do sistema. As falhas detectadas devem ser sinalizadas na IHM do console de condução, indicando qual mapa de linha está defeituoso.

12.8 Painel de Comunicação Visual (PCV)

Cada carro deve possuir dois painéis de comunicação visual luminosa no salão de passageiros, com localização a ser definida durante o projeto conceitual.

Os painéis devem apresentar imagens institucionais, mapas da rede de transporte metropolitana, entre outras imagens a serem definidas pelo Metrô.

Deve ser previsto a possibilidade de exibir, nos painéis de comunicação visual, os textos dasmensagens divulgadas pelo sistema de sonorização. O início da apresentação deve ser sincronizado com a mensagem sonora. Detalhes devem ser definidos durante o projeto.

Todos os painéis do PCV devem apresentar as mesmas informações, sincronizadas entre si.

Os arquivos dos textos de mensagens e imagens a serem divulgadas devem ser gerados e desenvolvidos, em softwares de uso comercial, com facilidades para inclusão, supressão e alterações por parte da manutenção. Estes softwares devem fazer parte do fornecimento, juntamente com suas respectivas licenças de uso que devem ser vitalícias.

O carregamento de vídeos no servidor multimídia do trem para serem apresentados nos painéis de comunicação visual deve ser independente do TCMS e de outros subsistemas do SC.

Deve ser possível a reprodução de vídeos de maneira automática, através de programação horária, em modo repetição ou criação de listas de reprodução editáveis.

Se a mensagem a ser exibida no painel exceder o tamanho máximo da tela, toda a mensagem deverá então ser exibida por meio de rolagem horizontal.

No painel deverá ser apresentado o texto com o lado de abertura de portas e próxima estação.

Os painéis de comunicação visual devem possuir as seguintes características:

- Devem ser instalados em local de fácil visualização, para os passageiros sentados ou em pé, e devem estar montados em estrutura robusta, integrada ao acabamento interno do salão. Os detalhes devem ser definidos na fase de projeto;
- O display deve possuir, no mínimo, dimensão diagonal de 800 mm, com proporção 16:9;
- Deve ser possível ajustar o brilho e contraste dos displays;
- A alimentação dos displays deve ser em tensão de bateria do trem;
- Os displays dos painéis devem possuir proteção transparente que minimize o vandalismo.

O *software* para edição das informações que serão apresentadas no monitor, como por exemplo, inclusão ou alteração de estações no mapa dinâmico de linha, deverá ser fornecido.

12.9 Painel Digital Multimidia (PDM)

Devem ser instalados painéis multimídia de vídeo no salão de passageiros sobre as 4 janelas entre portas de cada carro.

Os painéis devem possuir comprimento superior ao das janelas instaladas entre as portas de passageiros. A altura mínima dos painéis PDM deve ser de 250 mm. Se necessário, poderão ser utilizados dois displays para que os painéis tenham comprimento superior às janelas panorâmicas.

Os painéis devem possuir as seguintes características:

- Os monitores devem ser instalados em local de fácil visualização, para os passageiros sentados ou em pé, e o monitor deve estar montado em estrutura robusta, integrada ao acabamento interno do salão, distribuídos sobre as janelas dos carros. Os detalhes devem ser definidos na fase de projeto;

- Os painéis digitais multimídia devem ser coloridos em LED com display de resolução de alta resolução (minimamente Full HD 1920 x 1080), brilho mínimo de 1000 *nits*, contraste 5000:1, ângulo de visão 170º (horizontal e vertical), ter proteção antirreflexos e atender a norma EN 50155;
- O painel deve possuir a mesma altura dos mapas de linha dinâmico;
- Deve ser possível ajustar o brilho e contraste dos monitores;
- A alimentação dos monitores deve ser em tensão da bateria do trem.

A difusão de informações deve obedecer a uma programação horária ou ser acionada automaticamente.

A elaboração da lógica de difusão de informações deve ser parametrizada e de fácil alteração,para adequar-se a novos cenários ou necessidades operacionais.

Os painéis multimídias devem possuir uma configuração aberta à inclusão de novas funcionalidades, de transmissão de vídeos e de mensagens configuráveis pelo METRÔ-DF. A programação dos displays deve considerar as variáveis lidas através da rede Ethernet e outros eventos a serem definidos durante o projeto.

Deve ser prevista a possibilidade de exibir nesses painéis os textos das mensagens divulgadas pelos sistemas de sonorização e PCV. Nesse caso, o início da apresentação deve ser sincronizado com a mensagem sonora. Detalhes devem ser definidos durante o projeto.

Devem fazer parte do fornecimento todos os recursos de hardware e software necessários para garantir as funcionalidades e integração com os sistemas embarcados.

Os softwares e protocolos do sistema multimídia devem ser projetados de forma ao METRÔ-DF poder, por meios próprios carregar e gerenciar as programações a arquivos de imagens que serão emitidas pelo sistema multimídia.

O carregamento de vídeos no servidor multimídia do trem para serem apresentados nos PDMs deve ser independente do TCMS e de outros sistemas de comunicação, de forma que possa ser atualizada sem necessidade de se programar

localmente a apresentação dos vídeos ou atualização de configuração dos equipamentos do SC.

Deve ser possível a reprodução de vídeos de maneira automática, através de programação horária, em modo repetição ou criação de listas de reprodução editáveis.

O padrão a ser utilizado deve ser aberto, sem restrição de uso, além de ser de amplo conhecimento e consagrado no uso público tal como MPEG (MP3, MP4 ou equivalente).

Devem existir procedimentos de testes comandados através do console de console de condução que verifiquem o funcionamento de todos os displays. Estes testes devem retornar como resultado o status de funcionamento individual de cada display. Em caso de falhas, elas devem ser sinalizadas na IHM do console de condução.

Os displays dos painéis devem possuir proteção transparente que evitem o vandalismo.

12.10 Intercomunicação

As comunicações de emergência, iniciadas pelos passageiros, deverão ser realizadas por meio de dois intercomunicadores de emergência, que deverão estar localizados nas extremidades do salão de passageiros em diagonal, junto às portas, de modo que qualquer passageiro possa falar ao piloto da cabine líder. Quando acionado, deverá acionar um sinal sonoro e apresentar uma indicação visual na cabine que, ao ser reconhecido pelo piloto, estabelecerá a comunicação entre o piloto e o intercomunicador em que o chamado de emergência foi ativado, sem que a mensagem seja ouvida nos outros dispositivos.

Durante a comunicação, os demais intercomunicadores do trem deverão ser inibidos e sinalizados como ocupado.

A comunicação deverá ser bidirecional e, uma vez estabelecida a comunicação, o passageiro não deverá executar mais nenhum comando, apenas falar.

Os intercomunicadores deverão ser concebidos de forma sólida e robusta, protegidos por lacre violável. Deverá existir uma inscrição de instrução do uso do microfone.

O piloto deverá visualizar, na cabine, a imagem da câmera mais próxima ao intercomunicador acionado, conforme item 14.2.5.

O encerramento da comunicação deverá ser feita pelo piloto, a partir deste momento, todos os intercomunicadores do trem deverão estar liberados para uma nova chamada.

A comunicação do piloto deverá ser emitida por um alto-falante embutido junto ao intercomunicador.

Todos os comandos deverão ser sinalizados quando da sua utilização. As cores e formas de sinalização, bem como a localização do microfone e sonofletor deverão ser definidas durante a fase do projeto.

As botoeiras utilizadas deverão ser mecanicamente resistentes, com contatos inoxidáveis de metal nobre e de acionamento suave com vida útil, no mínimo, de 2.000.000 de operações.

Os intercomunicadores devem ser devidamente identificados através de adesivo fixado na região adjacente ao dispositivo.

Os botões de acionamento devem ser protegidos por uma tampa, tipo lacre fixada por parafusos fenda em cruz, faceada com o acabamento interno do salão de passageiros.

O intercomunicador do passageiro deve possuir dois LED identificados como “Fale” e “Aguarde”. Ao ser acionado pelo usuário, o LED “Aguarde” deve acender até que o operador do console reconheça a chamada. Quando isto ocorrer, o LED “Aguarde” apaga e o LED “Fale” acende, estabelecendo o canal de comunicação usuário-operador/CCO.

A intercomunicação também deve permitir a comunicação entre os dois consoles do trem independente de reconhecimento de chamada. Não deve ser preciso o reconhecimento do operador do outro console para o recebimento da chamada.

As comunicações dos intercomunicadores (dados contemplando o áudio, a data, a hora, minuto, segundo e outras informações pertinentes) devem ser registradas e armazenadas nos gravadores específicos do trem.

Devem existir procedimentos de testes comandados através do console de console de condução que verifiquem o funcionamento de todos os intercomunicadores do salão. Estes testes devem retornar como resultado o status de funcionamento individual de cada intercomunicador. Em caso de falhas, elas devem ser sinalizadas na IHM do console de condução.

12.10.1 Requisitos Técnico-Operacionais

O sistema de intercomunicação deve atender aos seguintes requisitos técnico-operacionais:

A Inteligibilidade deve ser, no mínimo, de 95%, comprovada com a apresentação de Memorial de Cálculo. A sistemática de aferição dos valores deve ser proposta no Procedimento de Testes de Aceitação em Campo, que será submetido à análise e aprovação do METRÔ-DF;

Deve ser capaz de apresentar resposta em frequência na faixa de 300 a 3.400 Hz ± 3 dB;

Operando em condições de máxima potência, sem qualquer tipo de som incidente sobre o microfone, o sistema não deve irradiar qualquer tipo de som, ruído ou zumbido audível;

O sistema incorporar recursos de controle dinâmico e automático dos níveis de pressão sonora por carro, de modo a garantir que a voz esteja 10 dB acima do ruído ambiente do salão.

12.11 Painel Indicador de Destino

Na parte superior frontal dos carros “A” deverá haver equipamento de matriz de LED para indicação do destino do trem.

A instalação e a luminosidade do painel de LED (com no mínimo quatro cores, de alta intensidade, controle automático de brilho) devem ser compatibilizadas para permitir a sua visualização pelo menos 100 metros de distância da plataforma das

estações, tanto em túnel como a céu aberto. O ajuste de luminosidade deve ser automático se não for possível deixá-lo nítido tanto a céu aberto como em túnel.

O equipamento deve permitir a sua reconfiguração pelo METRÔ-DF, de forma autônoma, com relação à forma de apresentação das mensagens no display, quanto à troca de cor, conforme os destinos do trem – Ceilândia – Verde / Samambaia – Laranja / Central - Vermelho / Fora de Serviço – Branco, tamanho e tipo de letra, efeitos de apresentação, etc. a partir de software de manutenção, a ser fornecido pela CONTRATADA.

Deve possuir o recurso de apresentar o nome das estações, de modo cíclico, rolando da direita para a esquerda, recurso este utilizado para o caso de estações com mais de 15 caracteres. O equipamento deve ter capacidade de apresentar qualquer uma das estações da rede, inclusive estações futuras que venham a ser incluídas no sistema.

A mudança de destino deve ser realizada através de comando localizado no próprio equipamento de forma manual ou automática. O painel de destino deverá acender no carro de extremidade líder do trem, permanecendo apagada na extremidade oposta.

A alimentação do indicador de destino deve ser feita pela tensão de bateria do trem.

O indicador de destino deve ter interface com a rede do trem e com o SC de maneira a possibilitar comandos, programações e visualizações de suas funções.

O módulo deve ter autodiagnóstico de forma a informar falhas funcionais (fontes, software, etc.) e falhas de acendimento dos LED da matriz, sem necessidade de se implantar rotinas de manutenção para inspeção visual.

12.11.1 Comunicação Visual Externa ao lado das portas 2 e 5

O Painel de Destino do Trem, lado externo, deve seguir a especificação de cores descritas no item 12.12. Deve ter cores diferentes para cada destino e para o “Fora de Serviço”, facilitando a identificação do destino do trem, o embarque e a organização dos usuários ainda na plataforma, mesmo com o trem se aproximando da estação e abarcando a população não letrada. Um letreiro em *led* de cada lado

do carro próximo às portas do meio para indicar o destino com o trem parado na plataforma.

12.12 Radiocomunicação

Deverá existir no mínimo um equipamento de radiocomunicação instalado em cada uma das cabines de condução do trem. O rádio deverá ser baseado na solução TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*), conforme padronização ETSI (*European Telecomunications Standard Institute*). O projeto deverá ser apresentado para aprovação do METRÔ-DF.

A CONTRATADA deverá elaborar o projeto, instalar a cablagem e as antenas, obedecendo aos desenhos de instalação previamente aprovados pelo METRÔ-DF. A posição de instalação da antena no veículo deverá ser estabelecida em função dos testes de comunicação efetuados nas vias e pátios do METRÔ-DF.

O equipamento de rádio TETRA deverá atender às normas EN 50121-3-2, EN-50155 e EN-61373, e cumprir os seguintes requisitos:

- Deverá ser um equipamento compacto, incluindo o rádio, adaptador de tensão e módulos de controle;
- Tensão de alimentação em corrente contínua de 72 V;
- Deverá ter sinal digital para ligar ou desligar o equipamento para evitar a descarga de bateria quando o trem estiver desligado;
- Deverá existir um visor com retroiluminação, em módulo destacável, permitindo a instalação do equipamento em separado do módulo frontal, instalado sobre o painel da cabine;
- Deverá existir um microfone do tipo PTT de mão, com cabo flexível espiralado;
- Deverá existir um alto-falante embutido;
- Deverá dispor de um teclado numérico com recurso de digitação de letras, para envio de mensagens de texto;
- Deverá existir um botão para mudança de grupo. O grupo corrente deverá ser exibido no visor;

- O *menu* de funções deverá ser em português do Brasil;
- O visor deverá apresentar as seguintes funcionalidades:
  - Identificador da origem das chamadas de rádio ou telefone;
  - Memória para números de telefone e de rádio;
  - Histórico das chamadas;
  - Discagem DTMF para redes externas.
- Deverá existir uma porta RS-232 para conexão de equipamento externo com protocolo padrão TETRA PEI;
- Deverá dispor de módulo receptor de GPS de 12 canais integrado ao aparelho.

Além disso, os equipamentos deverão atender as características abaixo:

- Funcionamento em modo TMO e DMO;
- Compatível com protocolo LIP;
- Habilitado para chamadas *full duplex* e *half duplex* (individuais e de grupo), inclusive em modo *handsfree*;
- Recurso de seleção da prioridade de chamada;
- Botão para chamada de emergência;
- Inibição de transmissão (TXI) com mensagem de *status* ON/OFF, exibida no visor;
- Transmissão de dados do tipo *short data service*, *circuit mode data* e *packet mode data*;
- Armazenamento de dados de mensagens de texto, exibido no visor;
- Sensibilidade estática de -112 dBm ou superior;
- Sensibilidade dinâmica de -103 dBm ou superior;
- Potência RF de, no mínimo, 10 W;
- Controle adaptativo de potência;

- Homologado pela Anatel.

A antena do rádio, de baixo perfil (mínimo 2,15 dBi de ganho), e a antena do GPS deverão fazer parte do fornecimento e estarem dentro do gabarito dinâmico do trem.

12.13 Interface *ethernet* ou USB

Para fins de manutenção e teste, o sistema deverá possuir uma porta de comunicação padrão preferencialmente *ethernet* ou, alternativamente USB, conforme item 1.3.4, que servirá para coletar informações, abaixo indicadas, de um *notebook* ou outro equipamento que venha a ser ligado à mesma:

- Destino;
- Estação atual, fornecido pelo sistema CBTC;
- Próxima estação;
- Sentido de movimento do trem;
- Parada programada;
- Sinais de portas;
- Liderança;
- Solicitação de prioridade para emissão de PA pelo piloto;
- Informações de estado funcional do sistema;
- Leitura das mensagens audiovisuais do sistema.

Essa porta de comunicação também deverá permitir gravação de arquivos de programação, de mensagens audiovisuais e de ajustes de data e hora.

Por essa interface também deverá ser possível, por meio de comando a partir do *notebook* ou outro equipamento ligado a essa, selecionar e comandar a emissão de uma mensagem audiovisual pré-gravada no sistema, de forma prioritária.

Deverá ser possível monitorar os sinais de interface do sistema, comandar rotinas de autodiagnóstico e monitorar os seus resultados, via *notebook*.

12.14 Capacidade de armazenamento das mensagens

O sistema de mensagens audiovisuais deverá possuir uma capacidade de armazenamento de no mínimo 2 horas de mensagens.

As mensagens de áudio poderão estar compactadas ou não. No caso de opção pela compactação das mensagens de áudio, o padrão a ser utilizado deverá ser aberto, sem restrição de uso ou de licenças, além de ser de amplo conhecimento e comprovado no uso público tal como *mp3*. Outros padrões necessitarão de aprovação prévia do METRÔ-DF.

12.15 Programação e atualização dos eventos

O conteúdo das mensagens, a programação de eventos para emissão das mensagens e a programação das respectivas prioridades deverão ser estabelecidos através de arquivos contendo:

- Tabela de programação de eventos;
- Mensagens de áudio;
- Mensagens visuais;
- Indicador de destino;
- Comandos do mapa dinâmico de linha;
- Música ambiente.

Esses arquivos deverão permitir edição, reprogramação ou modificação pelo METRÔ-DF, de forma autônoma, sem a necessidade de contratação de serviços adicionais e sem a necessidade de alteração dos *softwares* de controle. Isso deverá ser possível, inclusive nos casos de expansões da linha. Para isso, a CONTRATADA deverá fornecer todas as informações, procedimentos e *softwares* necessários a essas programações e edições de arquivos.

De forma geral, os eventos a serem considerados para a emissão automática de mensagens são:

- Destino;
- Estação atual, fornecido pelo sistema CBTC;

- Próxima estação;
- Sentido de movimento do trem;
- Sinal de Parada Programada na estação;
- Sinais de portas;
- Liderança;
- Solicitação de prioridade para emissão de PA pelo piloto;
- Informações de estado funcional do sistema;
- Leitura das mensagens audiovisuais do sistema;
- Informação de data, hora, minuto e segundo.

Deverá ser possível efetuar o carregamento, no sistema, dos arquivos de programação de emissão de mensagens automáticas e dos arquivos de conteúdo das mensagens visuais através dos seguintes processos:

- Através de uma memória tipo *pen drive* pré-carregada com os arquivos e instalada em uma das portas de comunicação USB do sistema;
- Através de *notebook* instalado em uma das portas de comunicação *ethernet* ou USB do sistema;
- Através da transmissão de dados pela rede *data bus*, para o sistema.

12.15.1 Alimentação do sistema

A alimentação do sistema deverá prever proteções de entrada e saída contra sobretensão e sobrecorrente e proteção dos componentes eletrônicos contra transitórios gerados no trem. A entrada de alimentação deverá ser protegida por fusível. O sistema de controle das informações e mapas de linha deverão ser alimentados com 72 V das baterias do trem.

Todas as adequações de alimentação elétrica e proteções necessárias aos equipamentos devem atender os requisitos de imunidade a interferências e variações de tensão e fazem parte do escopo deste fornecimento.

12.15.2 Módulo de processamento central

- Tensão de alimentação: 72 V (+20 %; -30 %);

- Temperatura ambiente de operação: 0°C a 70°C;
- Transientes admissíveis na alimentação conforme norma EN-50155;
- Saída de áudio: 0 dB, 600 Ω, balanceada com isolação galvânica ≥1.000 V;
- Distorção harmônica total: <0,5%;
- Codificação do áudio compactada: padrão *mp3* com taxas de amostragem de 44 kHz e taxas de transferência mínima de 128 kbps/s, mono;
- Codificação do áudio não compactada: padrão *wav*, com taxas de amostragem mínima de 16 kHz, mono;
- Interface para módulo de comando;
- Interface para entrada e saída de dados padrão *ethernet*, protocolo TCP/IP;
- Interface para entrada e saída de dados, para conexão com *notebook* de teste, padrão *ethernet* ou USB, conforme item 1.3.4;
- Interface serial para conexão com rede *data bus* e para conexão os demais componentes do sistema com isolação galvânica de 1.000 V;
- Entradas para comandos externos: 8 entradas digitais de 0 V a 72 V;
- Atendimento dos critérios de vibração e choque conforme norma EN-61373;
- Atendimento aos critérios de compatibilidade eletromagnética conforme norma EN-50121.

12.15.3 Testes de aceitação

O sistema de comunicação audiovisual deverá, obrigatoriamente, passar por um processo de testes e verificações de aceitação.

A CONTRATADA deverá apresentar os procedimentos de testes e normas técnicas adotadas.

A CONTRATADA deverá, às suas próprias expensas, comprovar as características técnicas do sistema de mensagens audiovisuais através da

realização de testes em fábrica, ou em laboratório credenciado. Os testes deverão ter acompanhamento do METRÔ-DF.

Todos os materiais, equipamentos e ensaios deverão obedecer às normas IEC ou EN, aplicáveis, indicadas no item 1.7.2.

12.16 Alimentação

Todos os equipamentos do sistema de comunicação deverão ser alimentados pelo sistema de alimentação auxiliar em baixa tensão de corrente contínua, conforme item 10.2.

A alimentação do sistema deverá prever proteções de entrada e saída contra sobretensão e sobrecorrente e proteção dos componentes eletrônicos contra transitórios gerados no trem. A entrada de alimentação deverá ser protegida por fusível. O sistema de controle das informações e mapas de linha deverão ser alimentados com 72 V das baterias do trem.

Deverá ser projetado um conversor chaveado para estabilizar a tensão com baixo *ripple* e boa regulação, para alimentar todos os equipamentos de sonorização e radiocomunicação.

Esta unidade deverá conter elementos de proteção contra surtos de tensão e curto-circuito na saída.

Quando a tensão na entrada cair abaixo do valor especificado, não deverá ocorrer nenhum dano nos equipamentos, mesmo que venham a deixar de operar enquanto persistir a anormalidade, após, deverá ser restabelecida automaticamente às condições operacionais.

Todas as adequações de alimentação elétrica e proteções necessárias aos equipamentos devem atender os requisitos de imunidade a interferências e variações de tensão e fazem parte do escopo deste fornecimento.

12.17 Manutenção

O projeto deverá considerar a facilidade de acesso para as atividades de manutenção preventiva e corretiva. Os equipamentos do sistema deverão ser constituídos por unidades modulares e intercambiáveis.

Com a finalidade de facilitar a manutenção do sistema, rotinas de testes poderão ser realizadas por comandos do *notebook* de teste, para verificação de todas as funções básicas. O sistema também deverá possuir rotinas de autoteste e, no caso de eventos de falha, estes deverão ser armazenados nos módulos de processamento central para consulta posterior do pessoal de manutenção.

A manutenção dos módulos do sistema de comunicação em oficina deverá ser feita por meio de bancada de testes, que deverá executar todas as funções e interfaces. Em campo, o sistema deverá possuir manutenção simples e rápida, e seus módulos deverão ser de fácil remoção, com a utilização de conectores apropriados para uso ferroviário. A comunicação entre os módulos deverá ser através de uma interface apropriada para permitir o correto funcionamento do sistema mesmo na presença de ruídos eletromagnéticos característicos dos trens.

Os módulos, cabos e conectores deverão possuir blindagem de modo a evitar ou provocar interferências elétricas ou eletromagnéticas.

Todos os sistemas fornecidos deverão ser previamente aprovados e homologados para aplicação ferroviária, comprovados através de testes de homologação específicos e/ou certificados de testes emitidos por órgãos certificadores, de acordo com os requisitos da norma EN-50155.

As atividades de manutenção no local da falha deverão ser restringidas, tanto quanto possível, na substituição da unidade defeituosa. As unidades deverão ser montadas de forma a facilitar o acesso e a reposição de componentes. O acesso a qualquer componente deverá ser possível sem a necessidade de remoção de outros componentes, ou desmontagem de partes mecânicas ou estruturais.

12.18 Aterramento

Os cabos de aterramento de gabinetes, bastidores e outros deverão ser convenientemente aterrados à caixa do carro por cordoalha flexível de cobre estanhado.

As conexões deverão ser tratadas para garantir um bom contato quando o local não for de aço inoxidável.

Equipamentos montados em módulos metálicos deverão ser aterrados em um único ponto da carcaça quando o terra for comum. Nesse caso deverá haver um ponto acessível externamente, no módulo, de forma a permitir sua conexão com o terra geral dos equipamentos.

13 SISTEMA DE MONITORAÇÃO DE FALHAS E REGISTRO DE EVENTOS

13.1 Monitoração de falhas e diagnóstico do trem

A CONTRATADA deverá fornecer um sistema único de monitoração de falhas e diagnóstico de todos os equipamentos e sistemas do trem, independente daqueles fornecidos para os equipamentos individuais. Este sistema deverá monitorar e registrar as falhas e, armazenar os eventos dos principais equipamentos e sistemas do trem, para auxiliar nos processos da operação e manutenção.

O sistema deverá consistir de um conjunto de módulos interligados por uma rede redundante de comunicação de dados de alta capacidade, padrão MVB, com protocolo aberto, conforme prescrito na norma IEC-61375.

A CONTRATADA deverá apresentar no projeto conceitual uma descrição funcional detalhada, características técnicas da rede (arquitetura, taxa de transmissão, taxa de erro, MKBF e outros) do sistema a ser fornecido.

A descrição de cada falha, das variáveis que a identificam e seu nível de prioridade deverá ser definido durante a fase de projeto.

Em caso de anormalidade do Sistema de Monitoração de Falhas e Registro de Eventos, a segurança dos sistemas vitais do trem (portas, frenagem, tração) deve ser mantida com redundância para retirada segura do trem da operação.

13.1.1 Descrição do sistema

O sistema de monitoração de falhas e diagnóstico deverá ser constituído dos seguintes equipamentos:

- Módulo gerenciador de rede;
- IHM;
- Módulos locais de controle;
- Meio físico de transmissão de dados *data bus*.

O módulo gerenciador de rede deverá ser instalado no carro “A” e conectado à rede de comunicação de dados para gerenciar o funcionamento do sistema e controlar os dispositivos da IHM. O módulo gerenciador de rede, no carro 1, deverá gerenciar a rede nas condições normais de funcionamento do sistema, independente

da cabine líder. No caso de falha do módulo, o gerenciamento deverá automaticamente passar para o módulo no carro 4.

A IHM, localizada no console da cabine de condução, deverá ser um monitor, conforme item 4.8.2 colorida para apresentação dos estados operativos dos principais equipamentos do trem, indicação de falhas e mensagens de anormalidades. A tela do monitor deverá ser do tipo *touch screen*, a qual permitirá o comando das diferentes telas a serem apresentadas para o piloto.

Os módulos de controle local deverão ser conectados à rede de comunicação e programados para coletar os dados dos equipamentos e sistemas dos carros através das entradas digitais e seriais através de portas de interface padrão *ethernet* ou USB.

As entradas digitais deverão ter circuitos de interface para compatibilizar os sinais provenientes dos equipamentos. Os circuitos de interface deverão proporcionar isolação galvânica entre o módulo local e os sinais dos equipamentos.

O meio físico de comunicação de dados entre os diversos módulos deverá ser feito de forma duplicada.

No painel frontal do módulo dos carros “A” deverá estar disponível um ponto de conector padrão que possibilite a pesquisa de defeitos, a monitoração e transferência dos registros armazenados para dispositivo tipo *notebook*. O conector de comunicação para dispositivos externos, *notebook* de leitura ou pesquisa da manutenção deverá ser do tipo *Ethernet* ou USB, conforme item 1.3.4.

Os protocolos de comunicação da rede deverão ser padrão aberto (não proprietários) e uso comprovado para aplicações ferroviárias, conforme norma IEC-61375.

O *software* de controle da rede deverá ser responsável pelo gerenciamento da rede e pelo fluxo das informações entre os módulos. A documentação e os programas de *software* da rede e do *software* aplicativo e suas licenças de uso deverão ser fornecidos.

13.1.2 Descrição dos módulos

13.1.2.1 Módulo gerenciador de rede

O módulo gerenciador de rede deverá realizar interface com os monitores de falha e estado no console do trem.

As principais funções do módulo gerenciador de rede são:

- Gerenciar o fluxo de informações na rede *data bus* de forma a atender a distribuição dos dados para os vários sistemas do trem, no tempo e prioridade necessária;
- Controlar as comunicações dos diversos módulos da rede protegendo contra colisões de transmissão e contornando eventuais falhas de integridade da rede;
- Efetuar monitoração contínua do funcionamento dos módulos e equipamentos ligados na rede *data bus* e da integridade da própria rede;
- Realizar funções de autodiagnóstico, sinalizando falhas próprias;
- Monitorar os sinais de comando do trem, determinado pelo posicionamento das alavancas de comando, existentes no console;
- Monitorar os eventos operacionais, tais como o fechamento e abertura de portas, pressões nos encanamentos, tensão de linha, velocidade, sinais dos indicadores de falhas, entre outros;
- Monitorar os comandos das botoeiras e chaves do console;
- Receber informações de interesse para a operação, dos demais módulos e enviá-las para o console e vice-versa, verificando a consistência das informações;
- Indicar os registros de falhas e eventos, sinalizando inclusive falhas próprias;
- Interface com o monitor de falhas, sinalizando falhas, apresentando diagnósticos em nível operacional e apontando anormalidades no funcionamento dos diversos equipamentos ou sistemas do trem com as funções solicitadas;

- Armazenar os dados de eventos de operação, tais como: velocidades, acelerações, modo operacional, comandos e estados das portas e outros sinais;

- Desligar a iluminação principal do salão de passageiros e os equipamentos de ar refrigerado do trem, 15 minutos após o trem ficar sem comando.

Deverão ser previstos quatro canais que poderão ser utilizados para monitorar sinais digitais e analógicos específicos, dentro das necessidades da pesquisa de defeitos.

Com o trem em operação, a varredura nos sinais para armazenamento deverá ser de no máximo 1 s.

As informações armazenadas deverão estar associadas com os parâmetros de data e hora e serem disponíveis para leitura por um *notebook* e também para ser transferida (*download*) por equipamento portátil para análise em laboratório ou campo.

Os sinais armazenados deverão ser memorizados mesmo que o suprimento de energia seja interrompido.

13.1.2.2 Módulos locais

Os módulos locais deverão ser a parte do sistema de monitoração do trem, responsáveis pela interface de comunicação entre os equipamentos do trem e o meio físico.

Os circuitos de transmissão e recepção das informações com o meio físico via rede MVB deverão ser duplicados. Em caso de defeito em um dos canais de comunicação, o próprio equipamento deverá chavear as informações para o canal não defeituoso, sinalizando a existência de defeito.

Os módulos locais deverão ter canais de entrada e saída, seriais e digitais, em quantidade suficiente para atender aos equipamentos dos carros, no meio físico e protocolo exigido por cada equipamento.

Em cada carro deverá existir um ou mais módulos locais para monitorar, principalmente os sinais dos equipamentos, a saber:

- Comando, liderança e controle do trem;

- Comando de tração e frenagem elétrica;
- Comando do freio de atrito, antideslizamento e antipatinagem;
- Controle das portas automáticas do salão de passageiros;
- Suprimento elétrico;
- Controle do suprimento de ar comprimido;
- Ar Refrigerado
- Comunicações audiovisuais;
- Sonorização e radiocomunicação;
- Vídeo vigilância;
- Controle e operação automática;
- Registradores de eventos operacionais;
- Monitores da cabine para as funções de instrumentação, monitoração de falhas e CFTV.

13.1.3 Meio físico de transmissão e recepção de dados

O meio físico deverá ser o elemento da rede responsável pela transmissão e recepção de dados, sendo o canal de comunicação serial entre os diversos módulos e os equipamentos do trem.

O meio físico de transmissão deverá ser redundante.

Todos os equipamentos conectados na rede deverão possuir interface de rede isolada galvanicamente, de forma a suportar tensões de 1.000 V, pelo menos, entre qualquer das entradas ou blindagem de rede e demais circuitos do equipamento. As interfaces de rede também deverão ser concebidas, de forma a não haver interrupção da continuidade da rede, mesmo em caso de falha do equipamento.

As interfaces elétricas entre o sistema CFTV e o *data bus* deverão ser do tipo *Ethernet* com protocolo de comunicação que atenda as normas ISO.

Os dados e informações deverão trafegar no meio físico, agregados em pacotes, segundo protocolo TCN e a rede deverá ser de padrão MVB.

13.1.4 Sinais processados pelo sistema

Os sinais processados pelo sistema deverão dispor de saídas que permitam que esses sinais sejam transmitidos ao Centro de Manutenção e Operação. Os principais sinais de monitoração dos equipamentos do trem deverão ser:

- Console do trem:
  - Posicionamento das alavancas;
  - Botoeiras e chaves;
  - Energização dos anunciadores;
  - Sinalização das falhas;
  - Entradas no teclado do monitor do console.
- Sistema de tração e frenagem elétrica:
  - Comando dos níveis de tração e frenagem;
  - Comando do sentido de marcha;
  - Níveis de tensão e corrente no sistema;
  - Monitoração de falhas;
  - Diagnóstico de falhas;
  - Histórico de eventos.
- Sistema de freio de atrito e antideslizamento:
  - Comando dos níveis de frenagem;
  - Sinalização de freios isolados;
  - Nível de carregamento do carro;
  - Pressão no cilindro dos freios;
  - Monitoração de falhas;
  - Diagnósticos de falhas;
  - Histórico de eventos.
- Sistema de portas:

- Monitoração do comando de abertura e fechamento de portas;
- Monitoração da sinalização de portas;
- Supervisão da atuação do botão soco e manípulo de emergência;
- Monitoração de falhas com identificação do carro e da porta;
- Monitoração da abertura da porta entre cabine e salão;
- Monitoração da abertura das portas laterais da cabine.

- Sistema de ar refrigerado:
  - Temperatura do ar dentro e fora do carro;
  - Monitoração de falhas;
  - Diagnóstico de falhas.
- Sistema CBTC de bordo:
  - Comando de portas;
  - Monitoração de intertravamentos operacionais.
- Monitoração do console:
  - Transmissão dos sinais para o console (velocidade comandada, sobrevelocidade e sinalização da aplicação de freio de emergência);
  - Transmissão das indicações para o indicador de destino.
  - Monitoração de falhas;
  - Diagnóstico de falhas.
- Sistema CFTV;
- Sinais referentes ao lado de desembarque dos passageiros;
- Sinais de falhas;
- Suprimento de ar comprimido;
- Carregamento por carro;

- Iluminação;
- Inversor para auxiliares (CA e CC);
- Comunicação;
- Freio de estacionamento;
- Conversor/retificador e carregador de bateria;
- Indicador de destino;
- Extintor de incêndio (retirada do alojamento);
- Outros sinais a serem discutidos durante a fase de projeto.

13.1.5 Monitor de falhas e diagnóstico

No console do carro “A” deverá existir um monitor, conforme item 4.8.2, o qual deverá possuir ajuste automático de brilho e contraste.

O monitor de falhas deverá apresentar as informações relativas a registros de falhas do trem, inclusive às atuações do piloto, tais como, isolações, derivações, desativação de equipamentos e outros.

O *reset* das falhas deverá ser executado por meio de botão a ser instalado no console, ou seja, não deverá ser função do monitor.

A apresentação das imagens na tela deverá ocorrer na cabine do carro líder. Para facilidade de manutenção, deverá ser prevista a possibilidade de apresentação das imagens na tela da cabine oposta.

As informações apresentadas no Monitor de Falhas e Diagnósticos poderão ser disponibilizadas para o Centro de Manutenção e Operação.

13.1.6 Ensaios

O sistema de monitoração de falhas e diagnóstico deverá atender aos requisitos das normas EN-50155, IEC-61375-1, EN-50121-3-2, EN-50126 e EN-50128.

13.2 Registrador de eventos operacionais

Deverá existir um registrador, em cada cabine, para efetuar o registro de eventos do trem, mantendo os dados dos sinais com informações de data e hora da

ocorrência dos eventos. O sistema deverá permitir a leitura dos sinais armazenados, ou em tempo real, tanto através de *notebook* conectado ao registrador, como por meio de monitoração remota, mediante comunicação com a rede *data bus*. Os registradores de eventos deverão seguir a norma IEEE 1482.1.

O registrador de eventos deverá ser ligado diretamente à bateria do trem e seu funcionamento não deverá depender da chave de energização geral do trem.

O registrador instalado no carro 1 deverá ser o equipamento principal de gravação dos eventos, independente da cabine líder. No caso de falha desse equipamento, a gravação deverá ser realizada automaticamente pelo registrador instalado no carro 4.

Deverá existir uma interface padrão USB, para retirada dos dados registrados na memória interna do módulo registrador, por meio de memória portátil tipo *pen drive* de uso comercial.

13.2.1 Módulo registrador

Esse módulo deverá ler os sinais analógicos e digitais e gravar em registros de eventos, com data e hora. Todos os sinais deverão ser verificados por amostragem em um intervalo de tempo definido, mas deverão ser registrados apenas se um valor tiver mudado, visando economizar espaço na memória. Cada mudança no sinal é um evento, tanto com o trem em movimento ou parado.

As entradas nas memórias respectivas deverão ser disparadas pela ultrapassagem de um limite para sinais analógicos, ou por uma mudança de estado nos sinais digitais.

A taxa de amostragem para sinais digitais deverá ser de, no mínimo, 20 ms e deverão ser gravados se a mudança do sinal persistir por cinco ciclos de amostragem.

Os sinais analógicos deverão ser gravados respeitando os níveis definidos de tensão ou corrente, que deverão ser convertidos para as unidades físicas correspondentes. Para cada sinal analógico deverá ser estabelecido um critério de disparo, que poderá ser definido em % do valor máximo ou em um valor de sinal fixo.

Os dados gravados deverão ser mantidos na memória, independentemente de haver ou não energização do equipamento.

Deverá existir um conector USB, ou uma interface *Ethernet*, que permita baixar dados da memória interna para uma memória portátil tipo *pen drive*, que uma vez inserido deverá iniciar a transferência dos dados automaticamente. O *status* da transferência poderá ser monitorado por meio de LED. Os dados poderão ser acessados via *notebook* de teste.

O sistema deverá ter capacidade de armazenamento de dados por, no mínimo, 15.000 km. Os dados deverão permanecer armazenados por no mínimo 3 anos, sem alimentação de energia.

O sistema deverá possuir:

- Memória de curta duração

  Na memória de curta duração, os sinais deverão ser registrados com alta resolução, uma vez que, o registro da velocidade e dos sinais digitais e analógicos da última distância coberta (a ser definida na fase de projeto) que poderá ser usado para análise de acidentes.

- Memória de longa duração

  Na memória de longa duração, os sinais deverão ser registrados com resolução inferior, permitindo grande capacidade de armazenamento, para registro da velocidade, assim como os sinais digitais e analógicos, por um período mais longo.

13.2.2 Interface analógica e digital

A interface analógica e digital deverá possuir entradas isoladas entre si.

Nas entradas analógicas poderá haver um terra em comum, porém isolado da linha de alimentação e potencial de carcaça.

As entradas digitais deverão ser isoladas individualmente entre si e entre a tensão de alimentação e potencial de carcaça.

O sistema deverá ter entradas suficientes para monitoração direta dos sinais especificados.

A tensão de isolação das entradas de alimentação, carcaça e interface com rede de dados deverá ser igual ou superior a 600 V.

13.2.3 Sensor de tacômetro

O sensor de tacômetro poderá ser independente ou com sinal compartilhado de outro equipamento. O sinal gerado deverá servir para:

- Coleta da informação da distância percorrida;
- Determinação da velocidade real e da aceleração pela variação da velocidade real no tempo.

13.2.4 Sinais monitorados

O registrador deverá coletar diretamente do trem, na origem de cada sinal, com exceção dos sinais indicados para serem coletados no sistema *data bus*, no mínimo, as seguintes informações:

- Sinais de liderança;
- Modalidade de operação do trem;
- Comandos para o sistema de portas, pelo piloto ou sistema CBTC;
- Sinal de acionamento de uma ou mais portas de emergência;
- Sinal de acionamento de um ou mais botão soco do sistema de portas;
- Estado das portas (abertas ou fechadas) e lado da abertura;
- Sinais de comando de derivação ou isolação do sistema de portas, para permitir que o trem ande com uma ou mais portas abertas;
- Velocidade real do trem;
- Sinal de dv/dt (aceleração obtida pela variação da velocidade real no tempo);
- Sentido de movimento do trem;
- Controle da velocidade máxima permitida, pelo sistema CBTC, via rede *data bus*;
- Posição estimada do trem na via;

- Quilometragem acumulada (odômetro);
- Pressão do sistema de suprimento de ar;
- Pressão no cilindro de freio de cada carro;
- Nível de tração ou freio requisitado, pelo piloto ou sistema CBTC, medido no *trainline* de controle de aceleração;
- Tensão no terceiro trilho;
- Correntes de tração;
- Nível de carregamento de cada carro;
- Tipo de freio aplicado (freio de serviço ou emergência);
- Sinais de comando de isolação de freio;
- Sinais do comando do freio de emergência, separado por modo de acionamento;
- Outros sinais que sejam de importância para a condução do trem e sua segurança.

O equipamento deverá ter, além dos sinais mencionados, uma reserva técnica de no mínimo 10%, para uso futuro. A definição final dos sinais deverá ser discutida, com o METRÔ-DF, durante a fase de projeto do trem.

13.2.5 Normas técnicas

Todos os componentes utilizados na construção dos equipamentos deverão ser projetados e construídos especificamente para utilização metroferroviário.

Todos os equipamentos e materiais a serem fornecidos e instalados, para o sistema deverão seguir, no mínimo, as normas construtivas.

13.2.6 Requisitos de software

O *software* aplicativo deverá permitir sua instalação em *notebook* de uso comercial e possibilitar o ajuste dos parâmetros do *software* residente no registrador pelo METRÔ-DF, bem como, a leitura e análise dos dados armazenados e a emissão de relatórios na forma gráfica ou listagens.

Os *softwares* necessários à manutenção deverão ser fornecidos com as respectivas licenças.

Nos relatórios na forma gráfica, a representação dos estados lógicos dos sinais digitais deverá ser de forma condizente com o estado lógico do sinal, ou seja, representação gráfica “alta” para nível lógico “alto” e representação gráfica “baixa” para nível lógico “baixo”. O nome dos sinais, mnemônicos representativos dos sinais e demais informações de tela deverão ser configurados, de forma a serem representativos dos sinais reais envolvidos.

14 SISTEMA DE VÍDEO VIGILÂNCIA

O sistema de vídeo vigilância a ser fornecido deverá ter os seguintes objetivos:

- Permitir monitoração e armazenamento de imagens do interior dos carros e da cabine e, do exterior dos carros (frontal e retrovisor);
- Permitir vigilância mesmo com o trem desligado, alimentado por banco de baterias por até 24 horas.

O trem será formado por quatro carros, os das extremidades, lideres, serão chamados de carros “A”. Os dois carros intermediários serão chamados de carros “B”.

14.1 Descrição geral

No salão de passageiros dos carros deverão ser instaladas quatro câmeras de vídeo. Nos carros “A”, além das câmeras do salão, deverão ser instaladas quatro câmeras, sendo uma frontal com visão à frente do trem, uma em cada lateral e uma no interior da cabine. Já nos carros “B”, além das câmeras do salão, haverá duas câmeras externas, uma em cada lateral do trem. As câmeras laterais objetivam monitorar o embarque e desembarque de passageiros ou na plataforma ou na via em situações de emergência.

As imagens do salão deverão ser transmitidas por uma rede *data bus* de alta capacidade ao monitor de CFTV da cabine. Essas imagens deverão ser gravadas por equipamento de memória de alta capacidade nas centrais de controle de cada cabine.

A gravação deverá ser realizada de forma redundante pela central de gravação instalada nos carros “A”. A falha da central de gravação deverá ser indicada na IHM e registrada na rede *data bus*.

O monitor deverá apresentar as imagens da lateral do trem, múltiplas imagens do salão e permitir navegação por meio de *touch screen*.

A disposição das câmeras deve ser aprovada pelo METRÔ-DF em fase de projeto.

14.2 Descrição funcional

14.2.1 Monitoramento do salão

O monitor deverá apresentar múltiplas imagens, contemplando todas as câmeras de salão. A navegação deverá ser por meio de *touch screen*, onde o piloto poderá selecionar os modos de visualização entre todas as câmeras do trem, todas as câmeras de um carro, ou uma câmera específica.

A seleção entre os modos de visualização deverá ser realizada por meio de ícones simbolizando os diversos modos.

O sistema deverá monitorar e gravar toda a área interna do salão.

14.2.2 Monitoramento da cabine

As imagens do interior da cabine deverão ser gravadas por uma câmera do tipo infravermelho, com ângulo de abertura para visualização da cabine como um todo, visando registrar os comandos e atuações do piloto. Essas imagens não serão exibidas no monitor de CFTV. A gravação deverá continuar, mesmo com o trem ligado e sem alimentação desde que seja detectado movimento.

14.2.3 Monitoramento frontal

As imagens do exterior da cabine deverão ser gravadas por uma câmera do tipo infravermelho, visando registrar a visão à frente do trem. Essas imagens não serão exibidas no monitor de CFTV. A gravação deverá continuar, mesmo com o trem ligado e sem alimentação desde que seja detectado movimento.

As câmeras frontais deverão estar posicionadas em local cujo campo de visão se aproxime do campo de visão do piloto conduzindo o trem e que não atrapalhe o monitoramento das vias e prestação de serviço. Essas câmeras devem estar protegidas quanto à sujeira e em local, com facilidade de acesso, que possibilite a limpeza das lentes.

14.2.4 Retrovisor

Em operação, enquanto o trem permanecer com portas abertas, o monitor de CFTV deverá apresentar automaticamente, as imagens das câmeras laterais. A gravação deverá iniciar quando o trem parar e encerrar 15 s após o início da

movimentação. Além disso, ela deverá continuar, mesmo com o trem ligado e sem alimentação.

14.2.5 Alarmes do trem

O monitor de CFTV, no momento de uma ocorrência de alarmes, deverá possibilitar a apresentação das imagens relativas ao local do trem onde houve a ocorrência.

Na atuação, seja de um detector de incêndio, de um dispositivo de emergência (botão soco do sistema de portas, manípulo de emergência e intercomunicador de emergência) ou remoção do extintor de incêndio, o monitor de CFTV deverá apresentar de forma automática e imediata as imagens das câmeras mais próximas.

O sistema deverá possibilitar a programação da configuração dos tempos de gravação em caso de ocorrência de alarmes.

14.2.6 Vigilância

Visando registrar a entrada indevida de pessoas nos trens estacionados, o sistema deverá iniciar o processo de gravação ao detectar movimentações internas da cabine e externas aos carros (frontal e lateral).

Com o trem ligado e sem alimentação elétrica ou com o trem desligado, as câmeras da lateral do trem deverão iniciar o processo de gravação, desde que seja detectado movimento.

O sistema deverá detectar qualquer falta de sinal de vídeo de qualquer câmera e sinalizar na IHM por meio da rede *data bus*.

O sistema deverá detectar automaticamente o bloqueio de visualização de qualquer câmera no carro e sinalizar na IHM por meio da rede *data bus*.

14.2.7 Monitoramento de ré

Quando for realizada a seleção de sentido de marcha em “ré”, o monitor de CFTV deverá apresentar automaticamente, a imagem da câmera frontal da cabine oposta.

A gravação deverá continuar enquanto o trem estiver configurado em ré.

14.3 Requisitos gerais

O sistema deverá gravar todas as imagens geradas no trem na resolução de, no mínimo, 1.920x1.080 *pixels*, dos últimos 7 dias, taxa mínima de 30 quadros por segundo e taxa de compressão equivalente ao H.265 ou superior. Deverá ser possível o ajuste da resolução e quantidade de quadros por segundo.

O sistema deverá ter as seguintes funções:

- Armazenar as imagens em formato padrão aberto;
- Visualização das imagens das centrais de controle;
- Visualização quadro a quadro, em velocidade normal ou rápida;
- Processamentos das imagens: aproximar, brilho, contraste e cor.

A transmissão das imagens deverá ser via rede padrão *ethernet*, protocolo TCP/IP, com capacidade mínima de 1 Gbps e cabeamento de cobre padrão, categoria 5 ou superior, livre de halogênio. Na conexão entre carros deverão ser utilizados conectores padrão IP-66.

Em cada carro deverá existir um *switch ethernet*, com *links* redundantes e com o dobro da largura de banda, ou seja, cada carro deverá ter um enlace *ethernet* com o carro seguinte e com o anterior, para possibilitar o envio das imagens até o monitor da cabine.

O sistema deverá se expansível para atender às necessidades do projeto por meio de integração à rede do trem de novos equipamentos de características similares.

Deve ser possível estender a capacidade de armazenamento de modo transparente ao operador.

O sistema deverá ser fornecido com saída compatível para conexão com o sistema gerenciador das redes do trem.

14.4 Descrição básica do fornecimento

O sistema a ser instalado por trem deverá ser composto de:

- Dezesseis câmeras IP, quatro por carro, instaladas no salão de passageiros;
- Duas câmeras IP infravermelha de alta sensibilidade, uma em cada carro “A”, com a finalidade de visualização da via;
- Oito câmeras IP infravermelha de alta sensibilidade, duas em cada carro “A” e cada carro “B”, com a finalidade de visualização da lateral do trem;
- Duas câmeras IP infravermelha de alta sensibilidade, uma em cada carro “A”, com ângulo de abertura para visualização da cabine como um todo, para registrar todos os comandos e atuações do piloto;
- Duas centrais de gravação, uma em cada carro “A”, com módulo de armazenamento SSD (*solid-state drive*);
- Dois monitores em LCD ou LED, uma para cada cabine;
- Rede *ethernet* para tráfego de imagens e controles específicos do sistema de vídeo vigilância do trem.

14.5 Softwares

O *software* do sistema operacional deverá ser desenvolvido para que não haja a necessidade de pagamento de licenças a terceiros, com características especialmente de flexibilidade, suporte e difusão no mercado.

O sistema de vídeo vigilância deverá ter digitalização independente por câmera para visualização, na cabine do trem, em tempo real e posterior recuperação de imagem gravada via saída *ethernet* ou USB.

Todos os *softwares* de instalação, de tratamento de imagens, e de manipulação dos arquivos de imagens deverão fazer parte do fornecimento, bem como os *softwares* dos sistemas operacionais dos equipamentos, não sendo aceito equipamentos que utilizem *softwares* para execução das funções especificadas e que não estejam incluídos no fornecimento.

14.6 Alimentação do sistema

- Tensão nominal: 72 V;

- Tensão mínima: 50 V;
- Tensão máxima: 90 V.

O sistema deverá funcionar sem nenhum desvio de suas características, dentro da faixa de tensão acima.

14.7 Características dos monitores

O monitor de cabine deverá possuir uma tela, no mínimo de 15 polegadas, colorida, resolução mínima de 1.024x768, tipo TFT (matriz ativa) e proteção antivandalismo no *display*, com grau IP-65.

O monitor deverá possuir conexão por *ethernet* e sua alimentação deverá ser feita pela tensão de bateria do trem.

14.8 Comunicações

A comunicação entre os módulos de cada carro deverá ser através de rede *ethernet* de 1 Gbps.

O sistema de CFTV deverá integrar-se aos demais sistemas, via rede Ethernet do trem, permitindo a comunicação com todos os demais sistemas do trem, como portas e detector de incêndio.

A CONTRATADA deverá ser responsável pelo desenvolvimento e fornecimento de todos os *softwares* de integração necessários para todos os sistemas de interligação em rede de modo a implementar as funções definidas neste documento.

14.9 Normas aplicáveis

O sistema, objeto desta especificação, bem como os procedimentos de fabricação, testes e manutenção deverão atender aos requisitos das normas ABNT, em suas mais recentes edições. Poderão ser adotadas normas de outras instituições, quando mencionadas na especificação do objeto ou no caso de inexistência de uma norma brasileira.

Todos os equipamentos e materiais a serem fornecidos e instalados, para o sistema de vídeo vigilância, deverão seguir no mínimo as normas aplicáveis, indicadas no item 1.7.2.

14.10 Características construtivas

O sistema a ser fornecido deverá ser totalmente modular, utilizando-se para as placas eletrônicas o sistema de *rack*, com o intuito de facilitar a manutenção do mesmo.

As conexões do *rack* deverão estar localizadas na parte traseira do mesmo e deverá ser previsto um sistema de trava mecânica nos cartões que evitem sua montagem incorreta.

Deverá ser de fácil expansão no futuro, caso seja necessário aumentar a quantidade de câmeras nos carros e instalação de painéis ou monitores de vídeo para emissão de anúncios, entre outros. Também deverá ser previsto implementação no futuro, de transmissão via rede sem fio em tempo real das imagens para o centro de controle.

O sistema deverá ser construído com isolação galvânica e proteções em todos os sinais de entrada e saída do sistema, principalmente nas entradas e saídas de vídeo. Deverá ser previsto isolação galvânica entre as câmeras de vídeo e as centrais de gravação. A fonte de alimentação deverá possuir isolação galvânica.

Todo o sistema deverá suportar as vibrações características dos sistemas metroferroviário, conforme norma IEC-61373.

A alimentação do sistema deverá ser feita a partir da bateria dos trens.

As câmeras deverão ser construídas e instaladas de modo a se evitar atos de vandalismo.

O invólucro de proteção das câmeras externas deverá ter grau de proteção IP-66.

A rigidez dielétrica dos equipamentos deverá estar de acordo com a norma EN-50155.

Os equipamentos deverão atender aos requisitos da norma EN-50155.

As características de fogo e fumaça dos materiais e equipamentos deverão atender ao disposto no item 1.7.2.

14.10.1 Câmeras do salão

As câmeras devem ser fabricadas exclusivamente para aplicações internas veiculares ou trens, não sendo aceitas adaptações de câmeras de aplicações regulares.

As câmeras do salão deverão ter no mínimo as seguintes características técnicas:

- Sensor de imagem: color – CCD;
- Operar em protocolo IP;
- Resolução: 1.920x1.080 *pixel*;
- Taxa de quadros de 30 fps em todas as resoluções;
- Sensibilidade: 0,5 lux;
- Obturador: eletrônico de 1/15.000;
- Balanço de branco automático;
- Compensação de contra luz (WDR): mínimo 120 dB;
- Controle automático de ganho;
- Lente com foco fixo;
- Ângulo de visão: 100º;
- Compressão de vídeo H.265 ou superior;
- Possuir corpo metálico, proteção IP66 e IK10;
- Baixo aquecimento para funcionamento contínuo;
- Estar em conformidade com o padrão ONVIF (Profiles S e G);
- Suportar, no mínimo, 2 fluxos de vídeo independentes;
- Suportar ligação através de conectores M12 e alimentação elétrica através de PoE.

14.10.2 Câmeras externas e da cabine

As câmeras devem ser fabricadas exclusivamente para aplicações veiculares ou trens, não sendo aceitas adaptações de câmeras de aplicações regulares.

As câmeras deverão ser do tipo infravermelho de alta sensibilidade de luz e ter no mínimo as seguintes características técnicas:

- Sensor de imagem: color – CCD;
- Operar em protocolo IP;
- Resolução: 1.920x1.080 *pixel*;
- Taxa de quadros de 60 fps em todas as resoluções;
- Sensibilidade: 0,1 lux;
- Varredura entrelaçada de 2:1;
- Relação sinal ruído: 46 dB;
- Obturador: eletrônico de 1/25.000;
- Controle automático de cor de colorido a branco e preto;
- Balanço de branco automático: 2.100 K - 800 K;
- Compensação de contra luz (WDR): mínimo 120 dB;
- Controle automático de ganho: 0-30 dB / 41 dB;
- Sistema dia e noite;
- Distância focal: 2,9 mm, foco fixo;
- Ângulo de visão: 90º;
- Compressão de vídeo H.265 ou superior;
- Possuir corpo metálico, proteção IP67 e IK10;
- Baixo aquecimento para funcionamento contínuo;
- Estar em conformidade com o padrão ONVIF (Profiles S e G);
- Suportar, no mínimo, 2 fluxos de vídeo independentes;
- Suportar ligação através de conectores M12 e alimentação elétrica através de PoE.

14.11 Testes

Testes de tipo:

- Choque e vibração;
- Elevação de temperatura;
- Suportabilidade a surtos e transientes de tensão;
- Suportabilidade a interferências eletromagnéticas;
- Emissão de ruídos eletromagnéticos;
- Tensão de isolação galvânica das entradas e saídas de vídeo, rede e alimentação.

Testes de rotina:

- Inspeção de recebimento;
- Inspeção de montagem;
- Testes funcionais.

15 SISTEMA DE DETECÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO

Os carros deverão estar equipados com sistema de detecção e combate a incêndio na cabine, no salão de passageiros, nos armários elétricos, no sobestrado e na região entre o forro e teto do carro. O tipo de detecção e combate a incêndio para cada localidade será:

- **Cabine** – Detecção de fumaça por sensores ópticos e combate por névoa de água;
- **Salão** – Detecção de fumaça por sensores ópticos e combate por névoa de água;
- **Armários elétricos** – Detecção de fumaça por meio de detectores ópticos endereçáveis e combate por aerossol com gases inertes;
- **Sobestrado** – Detecção de calor por meio de detector de temperatura linear, LHD, e combate por aerossol com gases ou FM-200 ou Novec 1230 ou gases inertes;
- **Região entre forro do carro** – Detecção de fumaça por meio de detectores ópticos endereçáveis e combate por aerossol com gases inertes.

O sistema deverá ter uma CPU (unidade controladora central) e interface com o sistema *data bus*. Deverá haver sinais de alarme, operação, falha e interface de dados para informações de diagnóstico e serviço. A interface de dados deverá ser realizada por protocolo de comunicação *CANopen*. A localização do fogo ou da falha deverá ser identificada, enviada e sinalizada na IHM do TCMS, no CCO (com recurso de transmissão a ser disponibilizado pelo METRÔ-DF futuramente), além de ser memorizado no próprio equipamento. Deverá ter a possibilidade de um pré-alarme. O sistema deverá ter a capacidade de armazenar em memórias não voláteis mais de 10.000 (dez mil) eventos de níveis de fumaça, anormalidades e falha de equipamento, com registro de data e horário. O sistema deverá ser projetado de modo a permitir a comunicação contínua, mesmo que ocorra rompimento de um cabo. Os detectores e as válvulas setoriais, embora divididos por carro, deverão ser integrados em um único *loop*.

A documentação e desenvolvimento de software deverão seguir as normas EN 50657.

Esse sistema deverá obedecer à diretiva ARGE, possuir nível de segurança SIL-2 e atender às diretrizes da norma EN 45545. O fornecedor deverá possuir certificação IRIS (*International Railway Industry Standard*) e fornecimento comprovado em sistemas ferroviários.

15.1 Detecção de incêndio

A detecção deverá constatar a presença de fumaça no salão de passageiros e cabine de condução por meio de aspiração contínua do ar, identificada por sensores ópticos, inclusive com o sistema de ar refrigerado em máxima capacidade. Já nos armários elétricos e região de entre forro do carro, a presença de fumaça ocorrerá por detectores de fumaça ópticos endereçáveis. Por fim, no sobestrado dos carros, haverá a detecção da fumaça por meio de detector linear de temperatura nas regiões de motores elétricos, inversores, circuitos elétricos de tração e outros compartimentos pertinentes definidos na fase de projeto executivo.

O sistema deverá fornecer, no mínimo, três níveis de alarme (fogo, pré-alarme e alerta de falha). Os alarmes e identificação dos carros ou cabine com fumaça deverão ser sinalizados na cabine do carro líder.

A faixa de sensibilidade do sistema deverá ser de, no mínimo, 0,025 % a 10 % de obscurecimento por metro, com possibilidade de ajustes nos parâmetros dos níveis de alarme.

Deverá dispor de interface para conexão com o sistema *data bus* para coleta de dados de diagnóstico e alteração de parâmetros de programação. O sistema deverá indicar através do *data bus*, anomalias no funcionamento, como obstrução dos pontos de aspiração ou rompimento de dutos.

Os equipamentos de detecção deverão atender as normas EN50155 e EN54.

15.2 Combate de incêndio

O salão e cabine deverão dispor de um sistema de extinção de incêndio com base em tecnologia de névoa de água à alta pressão. A pressão de trabalho deverá ser maior que 34,5 bar conforme classe 1 da norma NFPA-750. Esse combate deverá cobrir todo o interior do salão de passageiros e cabine.

O sistema deverá ser dimensionado para atuar continuamente por um período de, no mínimo, 10 minutos em um carro, ou quando de uma ocorrência simultânea, subdividindo-se igualmente o tempo pela quantidade de carros. O ensaio de desempenho deverá ser feito conforme diretiva ARGE – parte 2 (*Fire Fighting Systems for Rolling Stock Applications*).

O comando do sistema deverá estar localizado nas cabines, para atuação manual, com possibilidade de atuar em todos os carros. O circuito de comando deverá ser projetado com a filosofia de falha segura para evitar atuação acidental ou indevida por falha.

O sistema deverá ser composto por cilindros de nitrogênio e água, bicos de aspersão e válvulas setoriais controlados e monitorados, pela unidade central, quanto às falhas ou anormalidades. As válvulas setoriais deverão possuir sistema de autodiagnóstico, não sendo requeridos testes de funcionamento manual. As falhas ou anormalidades deverão ser sinalizadas na cabine do carro líder.

Os bicos de aspersão e as tubulações deverão ser resistentes à corrosão e às pressões, comprovados por testes e, deverá ser em aço inoxidável. Os bicos de aspersão deverão ser embutidos no revestimento superior do salão.

Os equipamentos deverão ser montados de forma a facilitar a inspeção e recarga dos cilindros de nitrogênio e água.

Nos armários elétricos da cabine, do salão de passageiros e no entre forro dos carros, o combate será feito por geradores de aerossol com gases inertes. Os gases não poderão ser corrosivos aos equipamentos elétricos e não poderão ser tóxicos aos passageiros e empregados em caso de extrapolação da área de atuação.

No sobestrado, o combate a incêndio será feito por gerador aerossol com gases ou FM-200 ou Novec 1230 ou gases inertes. Os gases não podem ser tóxicos ou corrosivos. A fixação e conectores elétricos do aerossol deverão ser próprios para aplicação metroferroviária. Além disso, os geradores deverão ser construídos e comissionados de acordo com as diretrizes ARGE.

15.3 Extintor de incêndio

Todos os carros deverão ter dois extintores de incêndio localizados no salão de passageiros em compartimentos protegidos com tampa. Além destes, o trem deverá ter outro extintor localizado em cada cabine de condução.

O extintor deverá ser de pó químico seco, a base de sulfato de potássio, com capacidade de 4 kg de agente extintor, pressurizado com nitrogênio e dotado de manômetro.

O extintor deverá ter um difusor que deverá permitir orientar o jato de pó de maneira efetiva e eficiente com alcance mínimo de 4 m. O material de fabricação do difusor deverá ser indeformável pela ação do calor, devendo resistir até 80° C.

A fabricação e os ensaios de classe de fogo deverão atender a norma ABNT NBR 15808 em vigor. Deverá ser prevista uma comunicação visual para localização e instrução de utilização do extintor. A localização dos extintores e da comunicação visual deverá ser definida em projeto.

Deverá ser previsto uma indicação no monitor da cabine do carro líder, quando da remoção do extintor do salão de passageiros.

Os dispositivos de combate por meio de extintores de incêndio devem respeitar o estabelecido na norma ABNT NBR 12693 em vigor.

16 SISTEMA DE SINALIZAÇÃO E CONTROLE DOS TRENS - CBTC

O Material Rodante objeto desta Especificação Técnica deverá ser projetado, fornecido e entregue de forma compatível com a futura implantação de um Sistema de Controle de Trens Baseado em Comunicações (CBTC) no METRÔ-DF.

Ressalta-se que o sistema CBTC, incluindo seus componentes de via, centro de controle e projeto de implantação, será objeto de contratação específica, distinta do presente fornecimento de Material Rodante. Assim, este capítulo estabelece exclusivamente os requisitos técnicos mínimos do trem para permitir sua integração, operação e desempenho em ambiente CBTC, sem definir soluções proprietárias, arquiteturas específicas ou tecnologias vinculadas a fornecedores determinados.

Ressalta-se que os equipamentos do sistema de sinalização CBTC não fazem parte deste fornecimento. Entretanto, a instalação dos módulos do sistema nas

cabines dos trens, assim como a infraestrutura para conectar esses módulos aos equipamentos e dispositivos do trem a eles interligados estão inclusos neste fornecimento. O espaço a ser reservado para instalação dos módulos será definido na ocasião do projeto dos trens.

16.1 Requisitos Gerais

O Material Rodante deverá ser compatível com sistemas CBTC de padrão internacional, amplamente utilizados em redes metroferroviárias, permitindo sua operação futura sob regime de controle automático de trens, conforme as estratégias operacionais a serem definidas pelo METRÔ-DF.

O projeto do trem deverá assegurar que todos os subsistemas relevantes à operação ferroviária — incluindo tração, frenagem, portas, TCMS e interfaces com o posto de condução — sejam capazes de interoperar com um sistema CBTC, mediante interfaces funcionais adequadas, seguras e devidamente segregadas.

A especificação e o fornecimento do Material Rodante não deverão impor restrições técnicas, arquiteturais ou funcionais que limitem a livre escolha, pelo METRÔ-DF, do fornecedor do sistema CBTC a ser contratado futuramente, nem exigir adaptações estruturais relevantes no trem para viabilizar sua integração.

16.2 Arquitetura Embarcada para CBTC

O Material Rodante deverá dispor de espaço físico dedicado para a instalação do(s) gabinete(s) do sistema CBTC embarcado, considerando requisitos adequados de dimensões, acessibilidade, ventilação, dissipação térmica, fixação mecânica e proteção ambiental, compatíveis com equipamentos eletrônicos de missão crítica.

Deverão ser previstos suportes estruturais, pontos de fixação, encaminhamentos de cabos, aterramento elétrico e condições ambientais adequadas para a instalação segura e confiável dos equipamentos CBTC embarcados, sem a necessidade de modificações estruturais posteriores no trem.

O projeto elétrico do Material Rodante deverá prever reserva de potência elétrica, redundância e proteção compatíveis com a alimentação dos equipamentos CBTC embarcados, bem como sua integração ao sistema elétrico do trem, observados os requisitos de segurança elétrica e confiabilidade operacional.

O sistema de controle e monitoramento do trem (TCMS) deverá ser projetado de modo a permitir a integração funcional com o sistema CBTC, viabilizando a troca de informações operacionais necessárias à condução, supervisão, diagnóstico e operação segura do Material Rodante.

16.3 Interoperabilidade, Acesso à Informação e Propriedade Intelectual

O fornecedor do Material Rodante deverá garantir que os trens fornecidos sejam plenamente integráveis com qualquer sistema CBTC que venha a ser escolhido e implantado pelo METRÔ-DF, desde que compatível com padrões internacionalmente reconhecidos no setor metroferroviário. Para tanto, o fornecedor do Material Rodante não poderá impor restrições de natureza técnica, tecnológica ou relacionadas à propriedade industrial que impeçam, limitem ou onerem indevidamente o fornecimento, a disponibilização ou o acesso aos sinais, interfaces, dados e informações necessárias à integração do Material Rodante com o sistema CBTC embarcado e de via.

Da mesma forma, o futuro fornecedor do sistema CBTC, a ser contratado em procedimento específico, deverá garantir a plena integração de sua solução com o Material Rodante adquirido pelo METRÔ-DF, comprometendo-se a fornecer ao fabricante do Material Rodante todas as informações técnicas, interfaces, protocolos funcionais e dados necessários à correta implementação, testes, comissionamento e operação integrada dos sistemas, vedada a imposição de restrições de natureza técnica, comercial ou de propriedade intelectual que inviabilizem ou dificultem essa integração.

16.4 CBTC em UTO

O Material Rodante deverá ser projetado, fornecido e entregue de modo a disponibilizar todas as funcionalidades, interfaces e capacidades técnicas necessárias à operação com sistema CBTC em GoA-4, possibilitando a Operação Totalmente Automatizada – UTO (Unattended Train Operation). Para tanto, o trem deverá permitir a integração plena do sistema CBTC com os sistemas de tração, frenagem, portas, controle e monitoramento do trem (TCMS) e demais subsistemas relevantes, assegurando a execução segura, confiável e contínua das funções de condução, parada, abertura e fechamento de portas, supervisão operacional e

resposta a condições normais e degradadas, sem a necessidade de presença de pessoal a bordo.

16.5 Modos de Operação

O Material Rodante deverá ser capaz de operar de forma segura, confiável e contínua nos diferentes modos de operação associados a sistemas CBTC, conforme as estratégias operacionais definidas pelo METRÔ-DF, sem prejuízo da possibilidade de evolução futura do nível de automação.

Deverão ser suportados, no mínimo, os seguintes modos operacionais:

16.5.1 Modo Manual

Modo de operação no qual a condução do trem é realizada pelo piloto, com atuação dos sistemas de proteção e supervisão de segurança do trem, independentemente da disponibilidade do sistema CBTC.

16.5.2 Modo com Proteção Automática de Trens (ATP)

Modo de operação no qual o sistema supervisiona automaticamente os limites de velocidade, distâncias de segurança e autorizações de movimento, assegurando a proteção contra situações de risco, ainda que a condução seja realizada manualmente.

16.5.3 Modo de Operação Automática (ATO)

Modo de operação no qual a condução do trem é realizada automaticamente, incluindo aceleração, manutenção de velocidade, frenagem e parada, sob supervisão do sistema CBTC e de acordo com as estratégias operacionais definidas pelo Metrô-DF.

O modo ATO deverá ser projetado de forma a suportar a operação do sistema CBTC em diferentes níveis de automação (Grades of Automation – GoA), incluindo, no mínimo, a possibilidade de evolução até o nível GoA-4, que corresponde à Operação Totalmente Automatizada – UTO (Unattended Train Operation).

O Modo de Tração Limitada também deverá ser suportado pelo CBTC.

No contexto da operação em GoA-4, o Material Rodante deverá disponibilizar todas as funcionalidades, interfaces e capacidades técnicas necessárias à execução

das funções de condução, parada, abertura e fechamento de portas, supervisão operacional e resposta a condições normais e degradadas, sem a necessidade de presença de pessoal a bordo, mantendo os níveis de segurança, confiabilidade e disponibilidade requeridos para sistemas metroferroviários automatizados.

16.5.4 Modos Degradados

O Material Rodante deverá suportar modos de operação degradados, assegurando níveis adequados de segurança e continuidade operacional em caso de falhas parciais do sistema CBTC, de interfaces associadas ou de outros subsistemas críticos, conforme procedimentos operacionais a serem definidos pelo METRÔ-DF.

O projeto do Material Rodante não deverá impor restrições técnicas, funcionais ou arquiteturais que impeçam ou dificultem a futura adoção de níveis mais elevados de automação, permanecendo a efetiva implantação e exploração operacional de cada nível de GoA condicionadas às decisões do METRÔ-DF e à implantação do sistema CBTC.

16.6 Requisitos Específicos

Os requisitos listados a seguir são aqueles necessários à operação dos novos trens em nível de automação GoA-4. Importante destacar que, ainda que alguns dos recursos listados não possam ser utilizados por limitações técnicas do METRÔ-DF quando da entrega dos trens, o material rodante deverá estar preparado para permitir que tais recursos sejam ativados oportunamente sem a necessidade de alteração do projeto dos trens.

A CONTRATADA será responsável pelo transporte e guarda dos equipamentos de bordo do CBTC desde as instalações do METRÔ-DF à sua unidade fabril.

Seguem os requisitos mínimos do CBTC que deverão ser viabilizados por ocasião do projeto dos novos trens, sem se limitar a esses:

- O projeto do truque deve contemplar espaço destinado à instalação do sistema de odometria do equipamento de bordo do CBTC. Os detalhes serão definidos durante a fase de projeto;

- No console dos trens deverá ser instalada uma chave seletora para modalidades de operação em CBTC com as posições: OFF (desligada), ATO (automática), MCS (semi-automática), Modo de Tração Limitada e MAN (manual);
- Ao se aplicar o modo de condução manual liberado o CBTC deverá enviar essa informação ao CCO;
- Ao selecionar o modo de condução ATO o sistema CBTC deverá:
    - Selecionar o carro líder;
    - Assumir todas as ações relacionadas à operação do trem tais como: aumento, manutenção ou diminuição de velocidade em função das informações recebidas do sistema de sinalização da via, assim como as paradas nas estações, abertura e fechamento de portas, reversão do sentido de marcha e despacho para o pátio de manutenção.
- Na ocasião do projeto executivo o METRÔ-DF dará conhecimento à CONTRATADA das informações necessárias à integração do sistema CBTC com o material rodante;
- Ao selecionar o modo de condução MCS o sistema CBTC deverá:
    - Limitar a velocidade do trem;
    - Supervisionar a atuação do operador sobre o controlador de tração e freio e, se a velocidade real da composição ultrapassar a velocidade comandada pelo sistema de sinalização de via, o comando do CBTC deve sobrepor-se ao comando do operador, inibindo a tração ou aplicando freio em primeiro nível de emergência até que a velocidade volte a ser inferior à velocidade sinalizada;
    - Exibir na tela de IHM do CBTC a orientação para correto alinhamento na plataforma.
- Na condição de rebocamento:

- A chave de rebocamento deve ser monitorada pelo CCO por meio do sistema CBTC;
- A informação de trem acoplado deve ser enviada ao CCO por meio do sistema CBTC.

- O freio de emergência poderá ser aplicado pelo sistema CBTC;
- O tempo de resposta para o esforço trativo de propulsão deverá ser inferior a 0,4s;
- As atuações e situações relacionadas à aplicação de emergência devem ser enviadas ao sistema CBTC;
- O CBTC deverá permitir, sem comprometer a parada obrigatória e a retomada de tração, a aplicação de emergência quando do desligamento das válvulas de emergência pelo laço de emergência;
- A aplicação de emergência pelo operador do trem deverá ser enviada para o CBTC e gravada no registrador de eventos;
- O CBTC deverá estar imune às perturbações oriundas de ruídos eletromagnéticos;
- O trem deverá possuir recursos que permita ao CBTC transmitir os dados de diagnóstico do trem para terra;
- As IHMs do trem deverão apresentar as funções do sistema CBTC;
- O CBTC deverá permitir a transmissão dos sinais do detector de descarrilamento ao CCO, indicando carro/truque/rodeiro descarrilados;
- O CBTC deverá enviar o sinal de carga de cada carro ao CCO;
- As temperaturas dos mancais de rolamento dos rodeiros deverão ser transmitidas ao CCO pelo CBTC;
- O alívio ou aplicação de freio de estacionamento poderá ser realizado remotamente pelo CBTC. Sempre que houver aplicação de freio de estacionamento a informação deve ser enviada ao CBTC;

- A isolação e falhas no sistema de tração devem ser sinalizadas e enviadas ao CBTC;
- Quando submetido à frenagem por atrito, a condução do trem, no Modo de Tração Limitada, deverá ser feita pelo CBTC;
- A frenagem de emergência sob freio de atrito deve ser realizada pelo CBTC;
- Quando submetido à frenagem por atrito, a isolação do freio de serviço poderá ser realizada remotamente pelo CBTC via *trainlines.* Essa condição será discutida na fase de projeto junto à CONTRATADA;
- A partir da falha no terceiro carro que venha acarretar a isolação do freio de serviço, deve ocorrer o corte imediato de tração no trem, aplicar emergência e sinalizar, na IHM do TCMS para o operador e informar ao CCO via CBTC, a necessidade de rebocamento do trem através de um alarme, com tela *pop-up* na IHM;
- Toda isolação ou falhas no sistema de freios deve ser sinalizada e enviada ao CBTC;
- Se houver destravamento de portas com o trem tracionado, esse evento deverá ser sinalizado para o CBTC indicando qual carro/porta;
- Os laços de portas fechadas devem possuir redundância na sinalização do estado das portas ao CBTC. A função de fechamento e travamento deve ser nível de segurança SIL4;
- Toda ação de isolação de portas deverá ser informada ao CBTC;
- A isolação de portas poderá ser feita remotamente pelo CBTC;
- O destravamento da porta de emergência deverá ser sinalizado ao CBTC;
- A abertura de porta de emergência somente poderá ser permitida após detecção de velocidade zero, tanto em operação manual ou via CBTC;
- O acionamento do manípulo da porta de emergência deverá ser anunciado na IHM do trem e no CCO via CBTC;

- Deve ser possível realizar o rearme do laço de portas através de comando remoto do CCO recebido pelo CBTC;
- Os comandos vitais recebidos do CBTC incluem a autorização de abertura e permissão de abertura de emergência de portas;
- O trem deve enviar sinalização de portas fechadas e travadas ao CBTC via *trainlines* de forma vital. A sinalização deve ser independente, sendo um *trainline* para portas fechadas e outro para portas travadas. A leitura dos sinais pelo CBTC não deve depender do modo operacional (AM ou MCS);
- O trem deve enviar ao CBTC os comandos de abertura e fechamento de portas emitidos pelas botoeiras do console com o trem;
- No modo condução automática a operação de portas deve ser realizada pelo CBTC, que realizará a abertura e fechamento das portas;
- O CBTC, em qualquer condição, deverá garantir que a abertura de portas se dará do lado em que houver plataforma;
- As informações de portas abertas e fechadas deverão estar disponíveis ao CBTC;
- Todas as condições das portas (aberta, fechada, em falha, travada e isolada) devem ser sinalizadas ao CBTC e ao TCMS;
- Quando ocorrer a situação do CBTC não conseguir conduzir o trem até a próxima estação, é necessário acionar localmente uma chave que elimine a retenção do respectivo carro para restabelecer o laço de tração e permitir a movimentação do trem;
- As falhas que exijam atuação do operador devem ser sinalizadas na IHM através de janelas “Pop-up” na IHM, caso o comando esteja em manual ou MCS, e informadas ao CCO, através do CBTC, se comandado em CBTC (AM);

- O acionamento de porta individual deve ser reportado CCO por meio do CBTC;
- O ligamento ou desligamento das unidades de ar refrigerado do trem poderá ser realizado pelo CCO por meio do CBTC;
- As temperaturas no salão de cada carro serão reportadas ao CCO por meio do CBTC;
- Os diagnósticos de falhas no sistema de ar refrigerado devem ser sinalizados no CCO por meio do CBTC;
- O CCO deverá ter a possibilidade de rearmar o sistema de detecção de incêndio remotamente por meio do CBTC;
- O CCO deverá receber os alarmes de incêndio remotamente por meio do CBTC;
- O CCO deverá receber as anormalidades nos componentes do sistema de combate a incêndio remotamente por meio do CBTC;
- O CCO poderá acionar remotamente o sistema de combate a incêndio por meio do CBTC;
- O sistema deve permitir que o comando de atuação dos dispositivos de combate a incêndio seja antecipado caso seja acionado manualmente, através do comando do console líder ou remotamente pelo CBTC;
- Quando qualquer porta do compartimento de extintor de incêndio for aberta, o CBTC deverá enviar um sinal à IHM e ao CCO, provocando um alarme sonoro e visual;
- O CBTC deverá transmitir dados referentes à data e hora atualizadas às IHMs do console do trem;
- Na IHM que informa dados do sistema CBTC, deve haver um velocímetro com indicador de velocidade real do trem conjuntamente com o valor da velocidade comandada pelo sistema de sinalização;

- Deverá haver uma buzina acionada pelo CBTC, a ser utilizada nos despachos automáticos de trem. Suas características serão definidas na ocasião do projeto executivo;
- A seleção da posição frente pelo equipamento CBTC, o carro líder, deve acender os faróis na posição baixa e desligar a luz de cauda deste carro, permanecendo acesa a luz de cauda da outra extremidade do trem;
- No indicador de falhas da console dos trens deverá deve acender um anunciador quando houver falha do CBTC;
- Deve ser possível ativar as funções de uma IHM em outra IHM e vice e versa, para configurar as funcionalidades do CBTC;
- O CBTC deve sinalizar os sinais de tensão das baterias às IHMs do trem e ao CCO;
- Quando as baterias atingirem níveis de tensão inferiores a 58V, o CBTC anunciará essa condição nas IHMs e ao CCO e o trem será desligado em 5 minutos devido à baixa tensão das baterias. Demais falhas no banco de baterias também deverão ser reportadas às IHMs e ao CCO pelo CBTC;
- Com relação ao sistema de suprimento de ar, qualquer atuação de isolação deve ser sinalizada ao CBTC;
- Caso a pressão do sistema de ar comprimido atinja seu valor limite inferior, a ser definido na fase de projeto, o CBTC deverá reportar essa informação ao CCO;
- O estado de operação, tal como dos compressores que estiverem em operação, deve ser sinalizado no CCO por meio do CBTC;
- Deverá ser permitido realizar o desacoplamento do engate automático de modo remoto por meio de um comando do CBTC;
- O CBTC deverá ser informado que dois trens encontram-se acoplados;

- O CBTC poderá comandar o lado de abertura de portas e indicar o nome da próxima estação;
- O sistema de sonorização do trem deverá possuir interface com o sistema de sinalização CBTC para veiculação de mensagens pré-gravadas a partir de comandos recebidos do CCO;
- As mensagens pré-gravadas do sistema de sonorização do trem deverão ser veiculadas a partir de informações obtidas do sistema CBTC, o que permitirá reconhecer a estação e pontos estratégicos para emissão automática de mensagens audiovisuais institucionais e informativas. Deve ser considerada a partida do trem desde o pátio até a estação terminal, pontos de manobra, estacionamentos de trem ao longo da via e, inclusive, em situações de via singela, *loops* alternativos e operação em reverso. Isso deve permitir o automatismo total do sistema em todas as situações previstas para emissão de mensagens aos passageiros;
- O CBTC deverá permitir, no modo de condução automática, que o usuário se comunique, por meio do intercomunicador do trem, diretamente com o CCO;
- A mudança de destino do trem poderá ser realizada diretamente pelo CCO por meio do sistema CBTC;
- O mapa de linha dinâmico deverá prever a utilização de variáveis recebidas do sistema de sinalização CBTC, como por exemplo, linha em operação, lado de desembarque, estação de destino, próxima estação, distância até a próxima estação e informações em vídeo disparadas a partir de eventos relevantes;
- A rede RCTT deve ser projetada de forma que não cause interferências no sistema de Comunicação DCS dedicado ao CBTC;
- A comunicação terra-trem deve ser feita, exclusivamente pela RCTT, exceto para comunicações do CBTC, que deverá prever interface para o sistema de telecomunicação utilizando DCS (Data Communication

System), o qual, diferentemente da RCTT convencional é uma rede de rádio dedicada e redundante que garante o transporte de dados vitais de segurança entre o trem e os equipamentos de via, sendo que o trem deve ser representado por uma única rota para a rede de terra do METRÔ-DF;

- Deverão ser previstas portas de rede e serial USB, no sistema de comunicação do trem, que permita a transferência de dados referentes aos sinais do CBTC, como, por exemplo, a posição do trem na via;
- O TCMS deverá monitorar o sistema CBTC, processando diagnóstico de falhas;
- O TCMS deverá enviar o diagnóstico de todos os sistemas do trem ao CBTC, principalmente os essenciais à operação e aqueles relacionados à segurança;
- No preparo do trem para início da operação comercial, o TCMS deverá realizar um autodiagnóstico, informar o resultado ao CCO por meio do CBTC e, caso não seja verificada qualquer falha, só então o trem estará apto a entrar em operação comercial;
- O CBTC será responsável por enviar a informação para o indicador de destino do trem;
- O TCMS deverá disponibilizar ao CBTC o diagnóstico de falhas dos equipamentos do trem;
- O CBTC poderá comandar o tempo de *Standby* de alguns equipamentos do trem quando estes estiverem ligados sem console selecionado, assim como os sistemas de iluminação e refrigeração, sempre que necessário;
- O sistema de coleta e tratamento de dados destinados à manutenção deverá ser instalado nos computadores objeto desse fornecimento e deverá ser possível sua conexão através do sistema CBTC;
- Os registradores de eventos a serem instalados nas cabines dos trens deverão registrar, sem se limitar, os seguintes sinais do sistema CBTC:

- Abertura e fechamento de portas;
- Velocidade Máxima permitida dada pelo sistema CBTC via rede MVB;
- Posição do trem na via dada pelo sistema CBTC via rede MVB;
- Código de estação pelo sistema CBTC;
- Sinal Analógico CBTC;
- Comando CBTC Tração/Freio;
- Nível de tração e freio requisitado pelo sistema de sinalização CBTC medido no *Trainline* de controle de aceleração;
- Aplicação de emergência pelo sistema de emergência via CBTC;
- Comando de aplicação do freio de estacionamento pelo CBTC;
- Habilitação de extinção de incêndio pelo CBTC.

- Os equipamentos que constituem o CBTC são os seguintes:
  - um módulo de controle com várias gavetas a ser instalado também no armário elétrico dos carros de extremidade;
  - baliza com suporte de fixação para instalação sob estrado sob o console de condução próximo ao truque;
  - antena de rádio comunicação instalado na cobertura do carro;
  - dois tacômetros com suportes para instalação nos truques em posições a serem definidas na ocasião do projeto.
- Os requisitos de instalação do CBTC são os seguintes:
  - As antenas e balizas serão disponibilizadas pelo fornecedor do Sistema de Sinalização CBTC com suportes próprios com furos passantes para fixação por meio de parafusos na estrutura do truque ou do carro;
  - Os pesos, dimensões e consumo dos equipamentos CBTC serão fornecidos na fase de projeto do trem;

- As ligações de interface com os cabos de comando e controle do trem devem ser definidas na fase do projeto executivo. Deve ser previsto nos circuitos de comando e controle do trem a possibilidade de manobras automáticas. Dessa forma, a reversão de comando da console líder deve ser comandada pelo sistema de sinalização CBTC por meio de contatos secos;
- A documentação técnica, as partes e peças do CBTC para possibilitar a instalação nos trens estarão disponíveis nos prazos acordados nos cronogramas de fabricação.

17 SIMULADOR PARA TREINAMENTO

A CONTRATADA deverá fornecer um sistema, com base em simulação, destinado ao ensino, treinamento e avaliação de aptidão dos empregados envolvidos na condução dos trens.

17.1 Objetivos didáticos do sistema

O objetivo do sistema de simulação a ser fornecido, é conferir qualidade à condução metroviária, contemplando rotinas relacionadas à:

- Comunicações;
- Sinalização;
- Conhecimento dos sistemas de cada trem;
- Treinamento das falhas específicas e outros.

Os objetivos que se pretendem atingir com a construção do sistema de simulação são:

- Formação inicial, reciclagem e aperfeiçoamento dos pilotos, tanto atual como futuro;
- Melhoria da segurança na circulação.

Para atingir estes objetivos, entre as características do sistema devem incluir-se as seguintes:

- O simulador deverá reproduzir situações de condução normais e degradadas;
- O simulador deverá ter capacidade de incorporar a expansão das linhas metroviárias e novas frotas;
- O sistema deverá proporcionar ferramentas que facilitem o treinamento e a formação no contexto das situações de condução simuladas.

O sistema deverá reproduzir com suficiente realismo as consequências das ações do aluno em seu ambiente de trabalho, considerando as seguintes aplicações:

- Treinamento básico:

Treinamento em ambiente que simule as condições reais do trem, permitindo sua familiarização com o mesmo e com o ambiente onde o trem irá trafegar. Todos os aspectos operacionais, visual, auditivo e de movimento do trem na via deverão ser simulados com elevado nível de precisão. Isto inclui o treinamento nas respostas e ações que o piloto deverá dar na ocorrência de anomalias durante a operação.

- Treinamento nas ações tomadas em casos de falhas:

Visa o desenvolvimento e/ou aprimoramento do piloto com relação às ações que deverá tomar em caso de falha no material rodante, na via e/ou no sistema de sinalização.

- Treinamento nas ações tomadas em situações pouco usuais e em casos de emergência:

Visa o desenvolvimento e/ou aprimoramento da habilidade do piloto em responder a situações pouco usuais, perigosas e/ou de emergência, por meio da simulação de tais situações, que não poderiam ser criadas se o treinamento estivesse sendo realizado em um trem real.

- Treinamento em ações regulamentadas por procedimentos:

Visa o desenvolvimento e disseminação das rotinas operacionais que são regulamentadas através de procedimentos. Entre essas rotinas estão procedimentos de preparação do trem para operação comercial, inspeção na chegada, teste dinâmico, entre outros. O treinamento deverá incluir as ações de comunicação entre piloto e CCO ou piloto e usuário.

O sistema deverá permitir o treinamento de novos pilotos e a reciclagem de pilotos nos seguintes cenários operacionais:

- Preparação do trem para serviço bem como sua saída do serviço incluindo os procedimentos de energização e desenergização;

- Procedimentos de acoplamento e desacoplamento dos trens nas operações de reboque;

- Procedimentos de paradas nas estações, com todo ciclo do ATO, com entrada e saída de passageiros, incluindo o correto posicionamento nas plataformas

e a eventual ocorrência de anormalidades no sistema de portas e/ou com passageiros;

- Procedimentos de condução incluindo a interação com o sistema de sinalização e com outros trens;
- Pré-programação de cenários e mudanças de parâmetros destes cenários durante a simulação;
- Observância das regras e procedimentos operacionais, bem como dos procedimentos a serem adotados em caso de falhas, situações perigosas e/ou de emergência.

O sistema deve permitir a realização de cenários programados, cenários baseados nos dados extraídos de ocorrências reais ou ainda cenários em que ocorram eventos ou falhas de forma aleatória.

17.2 Sistemas que o simulador deverá contemplar

- Sistema de Portas;
- Sistema de Suprimento Elétrico Auxiliar;
- Sistema Suprimento Pneumático;
- Sistema de Propulsão e Frenagem Elétrica;
- Sistema de Freio de Atrito;
- Sistema Detector de Descarrilamento;
- Sistema Detector e Extintor de Fogo e Fumaça;
- Sistema Lubrificador de Friso;
- Sistema de Comunicação (PA´s, intercomunicador dos passageiros, comunicação do instrutor com o posto de trabalho, Mapa de Linha e CFTV);
- Sistema de Ar Condicionado;
- Sistema TCMS (Data Bus);
- Sistema CBTC;
- Sistema de Alimentação Elétrica da Via.

17.3 Arquitetura do centro de formação

O centro de formação deverá ser formado por, no mínimo, um PF (posto de formação), um PI (posto de instrutor) e um PO (posto de observação):

- Posto de formação:

  Local utilizado pelo aluno no simulador. É a cabine de condução do sistema de formação.

- Posto do instrutor:

  Posto de trabalho do instrutor onde se controla qualquer atividade de simulação.

- Posto de observação:

Local da sala de aula onde os alunos que não estão no simulador, poderão observar em uma tela de projeção ou monitor o que acontece durante a simulação ou o que o instrutor decidir mostrar.

A sala de aula de formação deverá constar dos seguintes elementos:

- Um posto de formação;
- Um posto do instrutor capaz de controlar qualquer número de postos de formação de maneira simultânea;
- Um posto de observação para monitorar as sessões de simulação.

O sistema deverá ser flexível e escalonável, permitindo a ampliação de quaisquer dos seguintes aspectos:

- Incluir um novo posto de formação à sala de aula, sem a necessidade de realizar nenhuma alteração na concepção do posto do instrutor. Portanto, o sistema deverá ser modular e escalonável para que sua ampliação futura seja um processo ágil e não acarrete novos custos de desenvolvimento;
- Incluir novos trens à biblioteca de trens simulados;
- Incluir novos cenários de simulação;
- Crescimento regular dos programas didáticos e atualização dos mesmos, como resultado do trabalho dos instrutores;

- Incorporação de novas tecnologias e mudanças normativas.

O sistema deverá cumprir as seguintes condições:

- Deverá ser de fácil utilização e instalação, de maneira que se possam realizar eventuais mudanças de localização;

- Deverá garantir a estabilidade do sistema, nos termos de uso comum de qualquer rede de informática;

- Deverá garantir a robustez, não podendo haver bloqueios do sistema ou avarias diante de possíveis erros de operação do usuário.

17.3.1 Requisitos do posto de formação

O posto de formação é o local onde o piloto desenvolverá sua formação, dirigida a partir do posto do instrutor. A operação do equipamento não deverá exigir nenhum conhecimento básico de informática por parte dos pilotos (alunos).

O sistema deverá ser capaz de armazenar no mínimo 1000 (mil) treinamentos ministrados.

O objetivo não é implantar um simulador totalmente fiel à cabine do trem, porém o nível de realidade deverá ser um parâmetro importante a ser considerado. O objetivo principal do projeto será o desenvolvimento de uma ferramenta de treinamento, de grande flexibilidade e possibilidade de configuração, que permita a formação em um amplo leque de situações de circulação.

O posto de formação deverá possuir os seguintes equipamentos:

- Cabine de simulação com carenagem fechada;

- Sistema de visualização;

- Sistema de som;

- Assento de condução.

O posto de formação, incluindo o assento, deverá respeitar os critérios de ergonomia próprios de uma cabine de condução do trem. Deverá, ainda, haver a possibilidade de intercambiabilidade de vários mecanismos de controle, incluindo as duas frotas existentes e a carenagem deve ser fechada, tomando como referência o *layout* da série 3000 objeto deste fornecimento, a exemplo do modelo abaixo:



Carenagem fechada

17.3.1.1 Cabine de simulação

O sistema deverá simular os seguintes trens:

- Frota 1000: fornecimento Mafersa/Alstom;
- Frota 2000: fornecimento Alstom;
- Frota 3000: objeto deste fornecimento.

A cabine de simulação deverá ser única e atender ao treinamento de todas as frotas. Não será necessária uma réplica exata de uma cabine de trem, porém a cabine de simulação não poderá ser genérica ou pouco representativa. A cabine de simulação deverá reproduzir uma cabine de condução do trem, mas ao mesmo tempo, deverá oferecer grande flexibilidade e possibilidade de configuração que proporcionem um valor agregado e vantagens, para ser utilizada em um contexto de formação. As referidas configurações deverão cumprir são as seguintes:

- O console de condução deverá ser equipado com as alavancas de controles reais do trem utilizado para o treinamento, localizados em posições exatas as do trem real. Os controles de condução deverão ter a qualidade e robustez especificadas para a cabine do trem;

- Os disjuntores, chaves e comandos auxiliares à condução poderão ser reproduzidos virtualmente em telas sensíveis ao toque, permitindo a interação do aluno, assim como ocorreria em um trem;

- O sistema não deverá simular somente a condução e a operação dos trens. Deverá oferecer a interação com os elementos da unidade que não estejam localizados dentro da cabine de condução (chaves e disjuntores dos armários elétricos, válvulas pneumáticas, painel de chaves externo e outros). A solução deverá consistir em uma navegação pela unidade do trem, que permita selecionar os diversos elementos aos quais o piloto poderá ter acesso para sua formação, através de um *layout* de localização dos equipamentos do trem. A simulação da interação com estes elementos deverá estar baseada em fotografias reais. A visualização desta navegação deverá ser fácil e ter como base fotografias reais do trem que está sendo simulado. A navegação deverá mostrar o estado lógico de todos os elementos acessíveis ao piloto, permitindo interagir com eles e mostrando seu estado real em todos os momentos;

- O posto de formação deverá ser projetado, para poder incluir no futuro novas unidades e modelos de trem. A solução deverá ter como base um sistema de console com controles que deverão ser intercambiáveis.

A cabine de simulação deverá ser construída por elementos simples, sem estarem limitados pelas dimensões e pesos de uma cabine real do trem, portanto deverá atender às seguintes características:

- Montagem e desmontagem manual ou por meio de ferramentas convencionais;

- Deverá ser desmontável, de forma que as peças possam passar por portas de 0,80 m de largura e 2,10 m de altura, e possam girar em corredores de 1,20 m de largura;

- As peças da cabine deverão ser leves, de modo que permitam ser transportadas por pessoas, sem a necessidade de meios mecânicos específicos.

A CONTRATADA deverá elaborar um anteprojeto da cabine de simulação, de modo a apresentar sua proposta de solução segundo as condições acima indicadas, além disso, deverá atender os seguintes aspectos:

- Definição dos controles, do console real (alavancas, comutadores, botoeiras e outros elementos), que serão instalados no console de condução. Deverão ser utilizados os nomes operacionais nos seguintes controles (alavanca de modo de condução, alavanca de modo de direção e alavanca de tração e freio);

- Descrição da solução para a incorporação de elementos virtuais nas telas sensíveis ao toque, sendo necessário um mínimo de três monitores, onde serão mostrados os elementos virtuais;

- Projeto e dimensões da cabine de simulação, que deverá atender ao requisito de ser desmontável e transportável sem meios mecânicos especiais;

- Deverá ser comprovado que a solução proposta tenha sido aplicada em, pelo menos, três empresas operadoras de transporte sobre trilhos, que tenham adquirido um sistema de cabine de simulação similar.

17.3.1.2 Sistema de visualização

O sistema deverá permitir ao piloto visualizar uma imagem realista de alta resolução gerada por computador, sincronizada com a velocidade do trem.

O sistema deverá permitir, via *software*, o controle e a modificação dos cenários, pelo instrutor, de forma programada, em tempo real ou defasada, condicionalmente no tempo (o não seguimento de uma regra operacional poderá resultar em problemas à frente) de modo a criar situações diferentes durante o treinamento. As imagens deverão ser calculadas e projetadas com uma resolução mínima de 1.920x1.080 *pixels* e uma frequência de 60 Hz e devem ser perfeitamente contínuas.

O sistema deverá apresentar a visão das vias em ambas as direções e proporcionar ao instrutor a possibilidade de alterar as condições climáticas e ambientais (hora do dia, nevoeiro com vários níveis de visibilidade, chuva com vários níveis de intensidade, intensidade e ângulo da luz solar), de acordo com os objetivos do treinamento.

O sistema deverá apresentar a visão das plataformas ao piloto, em conformidade com o sistema real, sendo por meio de espelhos na plataforma, ou de câmeras retrovisor no trem. Estas imagens deverão ser geradas por computador, em coerência com as imagens frontais. A resolução das imagens de plataforma deverá ser conforme o tamanho do campo visual real.

O sistema poderá ser externo à cabine e ser montado em disposição e tamanhos tais que produzam uma percepção espacial geradora de uma sensação realista do movimento.

O sistema deverá permitir que eventos possam ser inseridos, movidos e/ou removidos, através de um cenário pré-programado ou de inserção em tempo real pelo instrutor, como:

- Um trem controlado pelo instrutor que permita operações de acoplamento;
- Outros trens que permitam a simulação do tráfego na via;
- Restrição temporária de velocidade;
- Colocação de equipes de manutenção na via permanente;
- Placas com restrições de velocidade;
- Restrição emergencial de velocidade;
- Colocação de animais, árvores caídas ou quaisquer outros objetos na via permanente;
- Problemas no terceiro trilho com queda de energia;
- Modificação de itinerários, rotas e sinais;
- Geração da densidade de passageiros nas plataformas e controle do comportamento de passageiros para criação de situações perigosas nas estações;
- Parâmetros relativos ao trem, tais como sua posição na via, sentido, condição de carga, destino;
- Parâmetros relativos ao clima tais como, chuva, neblina, sol;

- Falha de CBTC ou do sistema de sinalização, provocando a aplicação de freio de emergência no trem;
- Falhas no trem;
- Situações possíveis como passageiros presos nas portas, bloqueio de portas por objetos, falhas nas portas e outras;
- Placas de sinalizações de alerta.

As situações acima poderão ser realizadas tanto em período diurno quanto noturno.

Os eventos não deverão depender do trecho onde o trem esteja circulando. Os detalhes dos eventos serão definidos durante a etapa de levantamento de dados a ser realizado entre o METRÔ-DF e a CONTRATADA.

Em termos de *hardware*, o sistema deverá incluir, no mínimo:

- A tela de visualização deverá ter uma resolução mínima de 1.920x1.080 *pixels*, com dimensões aproximadas do para-brisa instalado. O campo visual deverá ser no mínimo 40º horizontais e 30º verticais. Em todos os casos, o sistema deverá maximizar o campo visual à frente para o piloto;
- Um monitor de, no mínimo, 22” de alta definição do tipo *touch screen* para os controles de cabine que não existam fisicamente e que sejam emulados virtualmente. Os indicadores a serem emulados serão definidos durante a fase de projeto;
- Um monitor de, no mínimo, 22” de alta definição do tipo *touch screen* para reproduzir o monitor do console.

A CONTRATADA poderá apresentar alternativa de solução para a tela, com um ou mais monitores de LCD ou LED.

17.3.1.3 Sistema de som

O sistema deverá ser do tipo quadrifônico e empregar técnicas digitais para simular o mais realisticamente possível os sons gerados dentro da cabine dos trens, considerando tráfego próximo a muros e cortes, pontes e cruzamentos com outro

trem (parado ou em movimento), observando o efeito *doppler* bem como frenagens de serviço e de emergência.

A quantidade mínima de sons, reproduzidos simultaneamente, deverá ser definida na fase de projeto, com os seguintes tipos de sons:

- Sons temporários (fechamento de um contato);
- Sons variados (acionamento da buzina);
- Sons modulados (motor de tração).

O sistema deverá ser do tipo *full duplex* para permitir a simulação e o treinamento dos seguintes tipos de comunicações:

- Comunicações por rádio com o CCO;
- Comunicação e anúncios aos passageiros;
- Comunicação entre o instrutor e o piloto.

17.3.1.4 Assento de condução

Deverá ser utilizado o mesmo modelo do banco do piloto, conforme item 4.11.2. Não deverá exigir nenhum tipo de instalação auxiliar.

17.3.1.5 Características funcionais

17.3.1.5.1 Linhas ferroviárias virtuais

O simulador deverá incorporar em sua base de dados, por meio de modelagem 3D, uma reprodução virtual da via do sistema de trem de Brasília, que possui o formato de Y:

- Tronco: Central a Águas Claras (20 km);
- Ramal 1: Águas Claras a Ceilândia (13 km);
- Ramal 2: Águas Claras a Samambaia (8 km);
- Pátio Águas Claras;
- Pátio Asa Sul.

Deste modo, os alunos deverão receber treinamento em simulações de vias reais, as quais deverão incorporar os elementos de via e de sinalização reais. As

estações e ambientes também deverão ser reconhecíveis. Tudo isso deverá ser integrado dentro de um traçado fiel ao real, quanto à extensão de trechos, raios de curvatura e declives/aclives.

Do mesmo modo, o trem simulado também deverá incorporar os sistemas de sinalização em cabine e equipamentos de segurança.

17.3.1.5.2 Simulação de falhas

O simulador deverá ser capaz de reproduzir os efeitos de até cinquenta falhas para cada modelo de trem simulado. A lista de falhas deverá ser definida juntamente com o METRÔ-DF, mas, no mínimo, deverá incluir as seguintes:

- Porta travada;
- Abertura de portas com trem em movimento;
- Porta não fechando;
- Falha no motor de tração;
- Falha do ar condicionado;
- Alarme visual e sonoro no salão de passageiros;
- Sinalização de porta aberta;
- Abertura de disjuntor;
- Sinalização de falha do compressor;
- Sinalização de falha do inversor;
- Aplicação de freio de emergência;
- Queda de pressão do sistema pneumático;
- Falta de energia;
- Aspecto noturno e com falha de faróis;
- Carregar as falhas previstas pelo fabricante conforme Lista de Falhas Gravadas;

- Inclusão de novas falhas no simulador, conforme registros reais do sistema do trem;
- Trecho não sinalizado.

A forma de interação do piloto com o simulador para sanar os defeitos deverá ser definida durante a fase de levantamento de dados a ser realizado entre o METRÔ-DF e a CONTRATADA.

17.3.1.5.3 Simulação de ocorrências

O simulador deverá reproduzir os efeitos e situações particulares de operação, de forma a permitir o treinamento relacionado aos procedimentos operacionais, a sinalização e outros.

A lista final de ocorrências deverá ser definida na fase de projeto, podendo ser desenvolvidas pelo menos cinquenta ocorrências, mas deverá ter, no mínimo, as seguintes:

- Usuário à margem das vias;
- Tentativa de suicídio em plataforma e/ou ao longo das vias;
- Queda de usuário nas vias;
- Queda de objetos nas vias;
- Usuário sentado em plataforma após a faixa amarela;
- AMV com Alinhamento manual de rotas;
- Obstáculo na via que impede a passagem;
- Usuário entre as vias;
- Usuário na via;
- Avanço de sinaleiro;
- Trem parado na via;
- Sinaleiro apagado;
- Agulha entreaberta;

- Fogo no trem (princípio de incêndio, incêndio na caixa do trem ou sob estrado;
- Fogo na via (princípio de incêndio, incêndio à margem das vias ou nas vias);
- Fogo na estação (princípio de incêndio, incêndio na estrutura da estação);
- Reboque;
- Pessoa com deficiência sozinha na plataforma;
- Cadeirante tentando embarcar sozinho (ficando preso para fora);
- Usuário com perna presa no vão entre o trem e a plataforma;
- Criança sozinha em plataforma ou embarque dos pais no trem e criança ficando em plataforma;
- Usuário com bicicleta presa à porta (Usuário para dentro e para fora);
- Usuário com muleta presa à porta (Usuário para dentro e para fora);
- Usuário com bolsa presa à porta (Usuário para dentro e para fora);
- Alagamento das vias;
- Enxurrada nas vias.

17.3.2 Requisitos do posto do instrutor

O posto do instrutor deverá permitir o gerenciamento da sessão de simulação, a elaboração e controle dos exercícios, assim como avaliar as sessões e identificar os erros cometidos pelo treinando.

O acesso ao posto do instrutor deverá ser protegido por senha personalizado.

O posto do instrutor deverá ser construído de forma que permita monitorar todos os PF da sala de aula, dispondo dos elementos necessários para o controle dos exercícios de simulação e deverá possuir os seguintes equipamentos:

- Um monitor de, no mínimo, 22” para monitoração do ambiente virtual 3D proporcionado ao aluno através do sistema de visualização do PF;

- Um monitor de, no mínimo, 22” para o controle da simulação: criação, execução e reprodução da simulação, gerenciamento da comunicação com o aluno, gerenciamento de alunos e outros;

- Um monitor de, no mínimo, 22” de alta resolução para monitoramento do *status* da cabine;

- Um monitor de, no mínimo, 22” de alta resolução para as imagens transmitidas pela câmera instalada na cabine, para a visualização das ações do aluno;

- Um sistema de som para que o instrutor possa monitorar os sons no interior da cabine e as comunicações de voz;

- Um painel de comunicação para simular os vários modos de comunicação.

17.3.2.1 Características funcionais

A operação do equipamento não deverá exigir conhecimentos informáticos especiais dos instrutores e deverá permitir realizar as seguintes funções:

- Elaboração de exercícios de simulação;

- Imprimir os documentos a serem utilizados pelo aluno em cada exercício;

- Início e supervisão dos exercícios de simulação elaborados. Se a sala de aula tiver vários PF isso deverá poder realizar-se simultaneamente em todos eles, sem nenhum tipo de requisito de sincronização entre eles;

- Possibilidade de interferir em uma sessão de simulação em andamento e modificar seus parâmetros em tempo real;

- Gravação e armazenamento, em banco de dados, das simulações realizadas, identificando as corridas e o piloto;

- Reprodução das sessões de simulação;

- Avaliação das sessões de simulação, tanto de maneira automática, como de maneira subjetiva por parte do instrutor.

17.3.2.1.1 Gerenciamento de alunos, instrutores e bases de dados

O sistema deverá proporcionar suporte para uma base de dados de alunos, organizados em grupos e unidades de instrutores.

O sistema deverá proporcionar suporte para uma base de dados de instrutores, cada um dos quais disporá de autorizações concretas para a modificação das bases de dados.

O sistema deverá permitir associar uma sessão de simulação ao aluno que a realizou, de maneira que se possam obter históricos do progresso de cada aluno, assim como da efetividade didática de cada exercício.

O sistema deverá disponibilizar, em sua interface, uma função que permita realizar *backup* de maneira simples, tanto dos exercícios da biblioteca didática como das sessões de simulação dos alunos e, também da base de dados de alunos, instrutores, relatórios de avaliação e outros.

17.3.2.1.2 Elaboração de exercícios

Os *softwares* aplicativos utilizados na elaboração de exercícios deverão ser de interface amigável, versátil e sua utilização pelo METRÔ-DF deverá ser feita de forma autônoma e permitir:

- Agrupar exercícios em módulos ou unidades de treinamento completas, em função dos conteúdos didáticos;
- Definir novos exercícios e modificar os existentes.

Os parâmetros dos exercícios deverão ser definidos, juntamente com o METRÔ-DF, durante a fase de projeto, e deverão contemplar, no mínimo, os seguintes itens:

- Configuração do trem:
  - Seleção do trem;
  - Configuração do estado inicial.
- Cenário de simulação:
  - Determinação de ponto de origem e destino;

- Condição operacional da via.

- Condições ambientais iniciais:
  - Determinação das condições de iluminação para simular a condução diurna, noturna ou em condições intermediárias;
  - Simulação de chuva ou neblina, diminuição da visibilidade, baixa aderência do contato roda-trilho.
- Programação de variações nas condições ambientais iniciais;
- Programação de falhas no trem;
- Programação de ocorrências de circulação.

Com base nos parâmetros da lista acima, o simulador deverá reproduzir situações de condução variadas, incluindo a condução em modo degradado, seja devido ao trem, à sinalização ou à infraestrutura.

A elaboração de novos exercícios ou a modificação de exercícios existentes, mesmo em sessões de simulação em andamento, poderá ser realizada pelo instrutor.

17.3.2.1.3 Controle de sessões de simulação

O procedimento para o início de uma sessão de simulação deverá ser simples, bastando escolher o exercício desejado em uma das bibliotecas do sistema, escolher o PF e iniciá-lo. O carregamento do exercício e sua colocação em funcionamento deverão ser de forma automática e rápida.

Para o controle de sessões, o *software* do simulador deverá atender os seguintes requisitos:

- O estado de todos os controles e indicadores deverá ser monitorado pelo *software* do instrutor, de maneira que este conheça perfeitamente a situação exata do trem em todo o momento;
- O instrutor deverá visualizar o mesmo cenário que o aluno;

- O instrutor deverá ter acesso à condição operacional da via, que represente o estado de todos os sinais, agulhas e demais elementos críticos, assim como as posições dos trens, estações e outros;

- Deverá ser possível a inclusão ou exclusão, *on-line*, de falhas, ocorrências, variações de condições ambientais, alterando a sessão de simulação, a critério do instrutor;

- Deverá ser possível criar um conjunto pré-programado de eventos, de maneira que seja possível realizar uma série de sessões idênticas, submetendo diversos pilotos às mesmas situações, sem que o instrutor tenha que realizar qualquer operação de configuração durante a sessão;

- Todas as sessões de simulação deverão ser gravadas no sistema, incluindo as observações ou comentários que o instrutor decida introduzir em tempo real;

- O sistema deverá ser capaz de detectar os erros de operação cometidos pelo aluno, sempre que esses erros possam ser definidos de maneira objetiva. Esta lista de erros deverá ser elaborada na fase de projeto em conjunto com o METRÔ-DF;

- O sistema de comunicação deverá permitir o diálogo entre instrutor e piloto. Deverá permitir que o instrutor assuma o papel de outros interlocutores (CCO, intercabine, usuário e outros).

17.3.2.1.4 Resultados da simulação

Todas as sessões de simulação gravadas poderão ser recuperadas e visualizadas posteriormente, com as funcionalidades de reprodução, pausa, avanço ou retrocesso. As gravações deverão estar em formato de arquivos que possam ser executados em reprodutores multimídia comerciais.

O sistema deverá mostrar, na reprodução, os mesmos elementos monitorados pelo instrutor durante a sessão.

Os erros detectados automaticamente, incluindo as marcas de avaliação objetiva registradas para cada erro, deverão ser mostrados de maneira que se possa saltar diretamente entre essas marcas, para poder analisar o erro.

No final de cada simulação o sistema deverá emitir um relatório que contenha, no mínimo, as seguintes informações:

- Identificação do piloto;
- Identificação da corrida;
- Data da simulação;
- Tipo de treinamento (formação ou reciclagem);
- Sequência das ações;
- Tempos de resposta;
- Desvio das ações;
- Informações do trem, destino e informações resumidas da simulação tais como quilometragem percorrida, tempo gasto;
- Relatório de pontuação por item ou pontuação total;
- Relatório de penalidades;
- Fornecimento de uma linha de informação para cada evento gerador de perda de pontos.

17.3.3 Requisitos do posto de observação

O posto de observação deverá permitir que outros treinandos possam acompanhar a sessão de simulação, com as informações selecionadas pelo instrutor.

O posto deverá possuir um vídeo wall 3x2 com telas de no mínimo 43”, capaz de projetar em cada tela as seguintes informações:

- Visualização do cenário da simulação visto pelo piloto (visualização do para-brisa);
- Visualização das imagens dos controles de cabine que não existam fisicamente e que sejam emulados virtualmente;
- Visualização das imagens do monitor do console;
- Monitoramento do *status* da cabine;

- Visualização das imagens transmitidas pela câmera instalada na cabine.

O posto deve ter sistema de som para transmissão dos sons no interior da cabine e as comunicações de voz.

17.3.4 Condições da instalação do centro de formação

17.3.4.1 Alimentação elétrica

Todos os equipamentos deverão ser projetados para utilização em corrente alternada, 220 V e 60 Hz.

Os equipamentos deverão ser protegidos por fusíveis ou disjuntores de entrada. Nos circuitos de alimentação e de entrada deverão ser previstos dispositivos de proteção contra surtos e transientes.

Os equipamentos e partes metálicas deverão ser devidamente aterrados.

17.3.4.2 Conexão e cablagem dos sistemas

Na instalação dos equipamentos (computadores, monitores, componentes eletrônicos, alto-falante, sensores e outros) deverá ser utilizado o mínimo possível de cabos. Os seguintes aspectos deverão ser observados:

- Os equipamentos deverão estar concentrados em *rack* ou similares;
- A cabine de simulação deverá ter a sua fiação interna totalmente oculta;
- Deverá chegar um único chicote de cabos no PF;
- No cabeamento entre dois pontos da instalação, deverá ser utilizada eletroduto ou canaleta, de maneira que não existam cabos visíveis e que estes fiquem bem protegidos;
- Todos os equipamentos deverão estar protegidos por *no break* que será escopo dessa contratação;
- O sistema deverá permitir a conexão de novos simuladores ao posto de controle do instrutor.

17.4 Modelagem

17.4.1 Modelagem dos trens

O sistema deverá incluir modelos representando as frotas existentes no METRÔ-DF e os demais sistemas que interajam com o mesmo.

A CONTRATADA deverá detalhar na proposta o método de modelagem utilizado e deverá demonstrar o grau de realismo do mesmo, que permita a simulação do comportamento do trem e de seus sistemas em todas as situações.

No mínimo os seguintes sistemas deverão ser modelados:

- CBTC de bordo e sinalização de via;
- Lógica de controle das portas;
- Controle de antipatinagem e antideslizamento;
- Controle de tração;
- Controle de freio de atrito;
- Freio dinâmico;
- Controle de homem-morto;
- Dinâmica do trem;
- Engates;
- Dispositivos de emergência (botão soco, manípulo e intercomunicadores).

17.4.2 Modelagem das vias

O sistema deverá apresentar as linhas do METRÔ-DF, incluindo a representação do complexo de manutenção e pátios.

As imagens deverão representar com precisão os aspectos topológicos da via (rampas, curvas, número de vias, máquinas de chaves e outros), estações e plataformas, túneis, iluminação nos túneis, trincheira, terceiro trilho. Nos trechos de via em superfície, as imagens deverão representar o ambiente urbano em torno das vias.

A iluminação dos túneis e os sistemas do terceiro trilho deverão ser controláveis pelo instrutor.

O tempo de carregamento das imagens e cenários correlatos deverá ser indicado pela CONTRATADA. Em qualquer situação, contudo, esse tempo não deverá exceder 2 minutos.

17.5 Garantia

A garantia deverá ser de 24 meses a partir da data de emissão do CRP, após a conclusão satisfatória dos testes de comissionamento do sistema.

Durante o período de garantia, a CONTRATADA deverá fornecer as peças ou equipamentos que apresentarem defeitos e a mão de obra necessária para a correção das falhas.

18 MANUAIS, TREINAMENTO, TESTES E GARANTIA ASSISTIDA

18.1 Manuais

18.1.1 Manuais de operação

A CONTRATADA deverá entregar ao METRÔ-DF o manual de operação, incluindo do simulador, no formato e quantidade definidos no item 1.3.5.

O manual de operação deverá ser suficientemente detalhado e ilustrado, visando orientar os empregados do METRÔ-DF, inclusive contendo informações que possam auxiliar na identificação de falhas operacionais.

O conteúdo mínimo dos manuais de operação está descrito a seguir:

- Apresentação;
- Características principais dos carros;
- Visão geral do trem
- Descrição do trem e seus sistemas;
- Localização ilustrada dos equipamentos no trem;
- Detalhamento de todos os comandos e controles do trem;
- Detalhamento de todas as indicações de cabine e dos equipamentos;
- Detalhamento dos monitores da cabine (comandos e indicações);
- Preparação e operação do trem;
- Procedimentos de operação dos sistemas;
- Pesquisa de defeitos;
- Rebocamento;
- Operação do trem em condições degradadas;
- Procedimentos de lavagem, limpeza e conservação do trem.

Em todos os manuais deverão existir alertas destacados para condições operacionais que envolvam segurança.

Todas as informações contidas no manual deverão estar devidamente indexadas de forma que permitam uma rápida localização, seja por assunto ou por meio de figuras ilustrativas.

18.1.2 Manuais de manutenção

A CONTRATADA deverá entregar ao METRÔ-DF o manual de manutenção no formato e quantidade definidos no item 1.3.5.

Os manuais deverão ser elaborados de forma didática, para cada um dos sistemas indicados abaixo, com diagrama funcional em blocos, com índice remissivo e alfabético, contendo a descrição funcional do sistema e de cada parte do equipamento, com fotos, vistas explodidas de todas as partes do equipamento, relação de peças com identificação individual de cada peça por código, plano de manutenção com procedimentos e periodicidade das atividades. Deverá conter também uma seção de pesquisa de defeitos e possíveis soluções.

- Caixa;
- Frenagem por atrito;
- Sinalização e iluminação;
- Suprimento elétrico;
- Tração e frenagem elétrica;
- Portas;
- Suprimento de ar comprimido;
- Ar refrigerado;
- Comunicação;
- Acoplamento;
- Truque e suspensão;
- Vídeo vigilância;
- Data bus;
- Detecção e combate a incêndio;

- Simulador para treinamento.

A CONTRATADA deverá fornecer toda a documentação de *software* utilizado nos sistemas e nas interfaces. Todas as telas dos monitores de cabine e dos *softwares* de testes nos *notebooks* deverão apresentar textos e variáveis em português e em unidade do sistema internacional.

Deverão estar incluídos todos os instrumentos e ferramentas especiais necessários à manutenção preventiva e/ou corretiva.

Esse fornecimento deverá abranger os programas de operação, manutenção e testes, em última versão, devidamente testados. Esses programas devem ser fornecidos em mídia digital e as licenças dos softwares devem ser vitalícias e ter possibilidades de migrar para outros computadores, em caso de manutenção.

O manual de sistema ou equipamento deverá ser composto com os seguintes capítulos:

- A – Descrição e funcionamento;
- B – Remoção e instalação;
- C – Desmontagem e montagem;
- D – Inspeção, ajustes e testes;
- E – Pesquisa de defeitos;
- F – Serviços complementares;
- G – Armazenagem;
- H – Programa de manutenção preventiva;
- J – Catálogo de peças.

Definições básicas de cada capítulo acima definido:

A – Descrição e funcionamento

Deverá descrever todo o sistema ou equipamento, seu funcionamento, suas características técnicas, funções operacionais, requisitos técnicos, normas aplicáveis e outras informações.

B – Remoção e instalação

Deverá ser descrito a forma de remoção e instalação do sistema ou equipamento do trem, os detalhes, os cuidados e as ferramentas e equipamentos necessários nesta atuação.

C – Desmontagem e montagem

Deverá ser descrito a desmontagem e montagem do sistema ou equipamento, tanto para atuações no trem como em bancada, os detalhes, os cuidados e as ferramentas e equipamentos necessários nesta atuação.

D – Inspeção, ajustes e testes

Deverão ser descritos as inspeções e intervenções que devem ser realizadas no sistema ou equipamento, testes de bancada, testes nos trens estáticos ou dinâmicos, descrevendo os detalhes, os cuidados, as ferramentas e equipamentos necessários nesta atuação.

Quando houver a necessidade de utilização de *softwares* devem ser descritos a utilização dos mesmos, ilustrando as janelas passo a passo para cada tipo de intervenção necessária.

E – Pesquisa de defeitos

Deverá ser descrita uma sequência lógica de atuação em uma pesquisa de defeitos, ferramentas e equipamentos necessários, os desenhos, esquemas elétricos, mecânicos e eletrônicos e qualquer outro documento que auxilie a pesquisa.

Neste capítulo deverá existir uma lista de possíveis avarias e suas causas prováveis.

F – Serviços complementares

Os serviços complementares, determinados pelo Fabricante, como recondicionamento de componentes, testes em laboratório, configuração de *softwares*, alterações de parâmetros, e outros, devem ser descritos e detalhados neste capítulo.

Deverá ser fornecido o passo a passo, em forma de vídeo aula, para configuração dos equipamentos que utilizam *software* para o seu funcionamento.

G – Armazenagem

Deverão ser indicados os cuidados necessários para a armazenagem dos sobressalentes, equipamentos, ferramentas especiais e materiais de consumo.

Deverá indicar os cuidados especiais para sistemas ou equipamentos que ficarem no trem paralisado por um longo período, que possa comprometer seu funcionamento, como eixos rodeiros, baterias e outros.

H – Programa de manutenção preventiva

A CONTRATADA deverá agrupar as informações referentes ao programa de manutenção preventiva em capítulo específico.

Nestes roteiros deverão ser contempladas todas as atividades de manutenção preventiva a serem realizadas no sistema ou equipamento, considerando que estas atividades deverão estar divididas conforme periodicidade do plano de manutenção abaixo descrita:

- Revisão tipo A: a ser realizada a cada 10.000 km;
- Revisão tipo B: a ser realizada a cada 30.000 km;
- Revisão tipo C: a ser realizada a cada 120.000 km;
- Revisão tipo D: a ser realizada a cada 360.000 km;
- Revisão tipo E: a ser realizada a cada 600.000 km;
- Revisão tipo F: a ser realizada a cada 1.200.000 km;
- Revisão tipo G: a ser realizada a cada 2.400.000 km.

Deverá ser considerado pelo Fabricante que as revisões maiores englobam todos os itens definidos nas revisões menores.

Estes roteiros de manutenção preventiva deverão ser fornecidos seguindo a formatação dos roteiros já utilizados no METRÔ-DF, contendo no mínimo as seguintes informações:

- Item de manutenção;

- Periodicidade;
- Descrição detalhada das atividades;
- Horas/homem (h/h) para a execução da atividade, discriminando a qualificação e cada profissional envolvido na atividade;
- Ferramentas necessárias;
- Materiais, consumíveis, e suas quantidades a serem empregadas nas manutenções.

Documentos de pesquisa para realização de um serviço, que gerem a necessidade de consulta a um procedimento específico, deverão conter *hiperlink*.

De modo a padronizar a documentação técnica do METRÔ-DF, os roteiros de manutenção deverão seguir o formato padrão apresentado no ANEXO I desta Especificação Técnica.

Os roteiros de manutenção preventiva deverão ser entregues ao METRÔ-DF com antecedência mínima de 6 (seis) meses antes da entrega do primeiro de trem nas dependências do METRÔ-DF.

J – Catálogo de peças

O catálogo de peças deverá conter a descrição detalhada dos componentes com suas características e desenhos associados, com fotos, vistas explodidas de todas as partes do equipamento, a quantidade total de peças por trem, as referências comerciais do Fabricante dos componentes e do trem e uma coluna de observações.

A CONTRATADA deverá fornecer uma solução interativa, tipo catálogo eletrônico, de visualização do equipamento, com vista explodida, de preferência com foto, que possibilite navegar de uma visão geral até o menor elemento que possa ser substituído em campo, inclusive com o código do item em questão. Este manual deverá estar contido em DVD.

18.1.3 *History book*

Deverá ser fornecido, para cada trem, um *history book* contendo a lista de todos os equipamentos instalados no trem, com suas respectivas identificações,

incluindo número de série e certificados/relatórios contendo os resultados dos ensaios realizados.

A CONTRATADA deverá propor um modelo de *history book*, que deverá ser aprovado pelo METRÔ-DF.

O *history book* deverá refletir a situação definitiva dos números de série, versão de *software* e demais informações relativas ao trem, quando da emissão do CRP.

18.1.4 Consolidação da estrutura dos manuais

Quando do início da elaboração dos manuais, a CONTRATADA deverá ajustar com os representantes do METRÔ-DF os detalhes que regerão a estrutura proposta para a execução dos manuais.

18.2 Treinamento

18.2.1 Treinamento de operação

A CONTRATADA será responsável pelo treinamento de operação e deverá apresentar todos os sistemas fundamentais com informações completas que permita o aprendizado do treinando, através de situações de modo de operação atuando em condições de normalidade, anormalidade e emergência, identificando falhas e formas de minimização dos problemas.

Deverão ser apresentados todos os princípios de funcionamento operacional dos sistemas e equipamentos, interfaces dos comandos, controles, informações do monitor da cabine, sinalizações e rebocamento.

O treinamento de operação deverá conter no mínimo uma síntese do manual de operação entregue com o descritivo de todas as falhas e soluções, abordando dentre outros:

- Apresentação do trem;
- Características principais dos carros;
- Visão geral do trem;
- Descrição do trem e seus sistemas;
- Localização ilustrada dos equipamentos no trem;

- Detalhamento de todos os comandos e controles do trem;
- Detalhamento de todas as indicações da cabine e dos equipamentos;
- Detalhamento do monitor da cabine (comandos e indicações), características e funcionalidades;
- Sistema de alimentação elétrica: baixa, média e alta tensão;
- Características e funcionalidades do sistema de CFTV;
- Características e funcionamento do sistema de portas;
- Preparação e operação do trem;
- Procedimentos de operação dos sistemas;
- Pesquisa de defeitos, inclusive do CBTC;
- Identificação e restabelecimento de avarias;
- Operação do trem em condições degradadas;
- Rebocamento;
- Procedimentos de lavagem, limpeza e conservação do trem.

Este treinamento deverá ser ministrado no idioma Português do Brasil, nas dependências do METRÔ-DF e deverá ser composto por aula teórica em sala, com material didático e por aula prática no trem.

A duração deste treinamento deverá ser, no mínimo, de 80 horas por turma, para duas turmas de oito pessoas.

Deverá ser fornecido material didático para o acompanhamento do treinamento. No final do treinamento, a CONTRATADA deverá entregar ao METRÔ-DF todo o material didático, conforme item 1.3.5.

A CONTRATADA, a critério do METRÔ-DF poderá aplicar uma avaliação para que se tenha um parâmetro quanto à absorção dos assuntos abordados no treinamento.

18.2.1.1 Treinamento no simulador

A duração deste treinamento deverá ser, no mínimo, de 80 horas por turma, para duas turmas de oito pessoas.

O treinamento no simulador deverá abranger tanto a formação de instrutores do simulador, quanto à condução dos trens desse fornecimento.

18.2.2 Treinamento de manutenção

A CONTRATADA deverá ministrar treinamento de manutenção com o objetivo de preparar equipe para manter os trens em operação.

Este treinamento deverá contemplar os sistemas abaixo com uma carga horária total mínima de 300 horas:

- Caixa;
- Frenagem por atrito;
- Sinalização e iluminação;
- Suprimento elétrico;
- Tração e frenagem elétrica;
- Portas;
- Suprimento de ar comprimido;
- Ar refrigerado;
- Comunicação;
- Acoplamento;
- Truque e suspensão;
- Vídeo vigilância;
- Data bus;
- Detecção e combate a incêndio;
- Simulador para treinamento.

A quantidade de horas para cada módulo do treinamento deverá ser apresentada em uma tabela contendo o sistema e duração do módulo.

Para os sistemas acima citados, deverão ser abordados, quando cabíveis, os seguintes tópicos:

- Apresentação dos respectivos manuais;
- Localização no carro de cada componente do sistema;
- Descrição de funcionamento do sistema e de seus principais componentes;
- Análise dos esquemáticos do sistema e sua integração no trem;
- Remoção e instalação dos equipamentos no carro;
- Desmontagem e montagem dos equipamentos;
- Instalação e configuração de *softwares*;
- Inspeção, ajuste e testes dos equipamentos;
- Pesquisa de defeitos;
- Programa de manutenção dos equipamentos do sistema.

Estes treinamentos deverão ser ministrados em sala de aula, com material didático e, complementados com os seus respectivos treinamentos práticos.

Os treinamentos deverão ser ministrados no idioma Português do Brasil, nas dependências do METRÔ-DF, caso seja necessário sua realização fora, o deslocamento e estadia dos treinandos deverão ser de responsabilidade da CONTRATADA.

Os treinamentos destinar-se-ão a engenheiros e técnicos nas modalidades de mecânica, elétrica, eletrônica e telecomunicação.

A CONTRATADA, a critério do METRÔ-DF poderá aplicar uma avaliação para que se tenha um parâmetro quanto à absorção dos assuntos abordados no treinamento.

Para um melhor aproveitamento do treinamento, a quantidade efetiva de treinandos será de no máximo vinte pessoas.

Ao final dos treinamentos, a CONTRATADA deverá entregar ao METRÔ-DF, todo material didático por ele utilizado durante os treinamentos, exceto peças de fornecedores a serem utilizadas nos treinamentos práticos.

18.3 Ensaios

Os ensaios de equipamentos, sistemas e carros deverão ser executados pela CONTRATADA, acompanhados por equipe técnica designada pelo METRÔ-DF.

O acompanhamento da fabricação deverá ser estabelecido em conformidade com o PICQ que deverá ser apresentado pela CONTRATADA, com no mínimo 30 dias antes do início da fabricação, para aprovação do METRÔ-DF.

O PICQ deverá refletir a atuação do controle de qualidade do Fabricante, dentro de sua rotina normal de fabricação. Esse documento tem por objetivo definir, para o METRÔ-DF, se o sistema apresentado abrange as verificações necessárias nas características mais importantes do equipamento e, conforme aplicável deverá ser dividido em cinco fases distintas:

- Matéria-prima;
- Componentes;
- Fabricação;
- Ensaios;
- Expedição.

O PICQ deverá indicar, no mínimo, os itens descritos abaixo:

- Pontos de inspeção a serem realizados durante as fases de fabricação;
- Especificações/métodos e normas técnicas aplicáveis;
- Responsabilidade pela execução da inspeção (fornecedor);
- Tipos de registros necessários (relatórios, certificados de conformidade);
- Planos de amostragem.

Os ensaios de tipo indicados nesta especificação também deverão constar no PICQ. Os certificados/relatórios desses ensaios, efetuados com ou sem a presença do inspetor, deverão ser encaminhados para aprovação do METRÔ-DF.

18.3.1 Ensaios em equipamentos

A CONTRATADA deverá apresentar a relação de equipamentos que deverão ser submetidos a ensaios de fábrica antes de sua instalação nos trens, para aprovação do METRÔ-DF.

Os equipamentos relacionados deverão ser testados conforme procedimentos definidos nas normas pertinentes a cada um deles. Equipamentos ou sistemas de uso comprovado em sistemas ferroviário, cujos ensaios de tipo já tenham sido realizados, não necessitarão de novos ensaios de tipo, apenas a apresentação dos certificados/relatórios.

18.3.2 Ensaios gerais dos carros/trens prontos

Os ensaios têm por objetivo comprovar se as características do trem atendem aos requisitos de projeto.

Os ensaios visam verificar as características funcionais e de desempenho dos equipamentos, sistemas, carros ou trens prontos.

Os ensaios indicados para execução nos carros e nos trens prontos deverão ser baseados na norma IEC-61133 na sua última versão.

Os ensaios, bem como toda a infraestrutura, deverão ser executados sob a responsabilidade da CONTRATADA, em suas instalações, nos seus fornecedores ou nas linhas do METRÔ-DF.

Todos os ensaios do carro/trem pronto deverão ser realizados pela CONTRATADA, com a presença de técnicos do METRÔ-DF ou quem por ela devidamente credenciado e autorizado.

Os ensaios somente deverão ser iniciados após a CONTRATADA realizar todos os ajustes necessários para o perfeito funcionamento do trem.

A CONTRATADA deverá realizar os ensaios complementares quando o METRÔ-DF julgar necessário, para comprovar o atendimento aos parâmetros de projeto, não comprovados em ensaios anteriores.

18.3.2.1 Ensaios de aceitação

Os ensaios deverão ser os seguintes:

- Ensaios de tipo;
- Ensaios de rotina.

Os ensaios de tipo visam verificar o desempenho de sistemas, carro ou trem completo, de acordo com o projeto e a especificação técnica contratual.

Os ensaios de tipo deverão ser realizados no primeiro trem fabricado e seus resultados estendidos para toda a frota. Os prazos para execução e conclusão dos ensaios deverão ser de acordo com o definido no Cronograma Físico de fornecimento.

Os ensaios de rotina têm por objetivo a verificação da uniformidade e qualidade de fabricação, do desempenho do carro e de seus equipamentos e componentes, verificando se as características e parâmetros se mantêm dentro de tolerâncias previstas em projeto.

18.3.2.2 Ensaios de investigação

Os ensaios de investigação têm por objetivo a obtenção de um melhor conhecimento das características de desempenho de um determinado sistema, carro ou trem. Os ensaios de investigação não aprovam nem reprovam componentes, equipamentos ou mesmo carro pronto.

18.3.2.3 Relação de ensaios

A CONTRATADA deverá apresentar a relação de ensaios de tipo e rotina, que deverão ser realizados, nos seguintes sistemas:

- Caixa;
- Frenagem por atrito;
- Sinalização e iluminação;
- Suprimento elétrico;
- Tração e frenagem elétrica;
- Portas;

- Suprimento de ar comprimido;
- Ar refrigerado;
- Comunicação;
- Acoplamento;
- Truque e suspensão;
- Vídeo vigilância;
- Data bus;
- Detecção e combate a incêndio;
- Simulador para treinamento.

18.3.2.4 Procedimentos e resultados

Os procedimentos dos ensaios de tipo e rotina para aceitação do carro pronto e completo deverão ser enviados pela CONTRATADA para aprovação do METRÔ-DF. Os procedimentos de ensaios deverão estar disponíveis pelo menos 30 dias antes do início dos testes do primeiro carro.

A CONTRATADA deverá fornecer para análise e aprovação do METRÔ-DF todos os resultados dos ensaios na forma definitiva.

Os ensaios de rotina deverão ser aplicados a todos os carros fornecidos, sendo esses ensaios estáticos, em fábrica e dinâmicos no comissionamento do trem em campo. A emissão do Certificado de Recebimento Provisório (CRP) de cada trem deverá ocorrer após a conclusão satisfatória dos ensaios de comissionamento.

18.4 Garantia Assistida

Tendo como objetivo realizar as atividades descritas neste item 18.4, a CONTRATADA deverá manter uma equipe especializada em prestação de garantia assistida, disponível 24 (vinte e quatro) horas por dia, ao longo de todo o período de garantia, compatível com o número de trens que ainda estiverem sob a garantia contratual.

A equipe deverá ser dimensionada de forma a garantir os indicadores mínimos de confiabilidade, estabelecidos no item 1.5.12.

A equipe deverá ter conhecimentos teóricos e práticos suficientes para representar a CONTRATADA no que concerne à prestação de atuações técnicas, em todos os sistemas que compõem os trens a serem fornecidos. Esta equipe deverá estar disponível durante todo o período de entrega e testes dos carros, bem como durante todo o período de garantia assistida.

O Simulador de trem deverá ser contemplado pela garantia assistida.

Ao longo de todo o período de Garantia Assistida, que terá como início a entrada em operação do primeiro trem e como fim 24 (vinte e quatro) meses após a entrada em operação do último trem, a CONTRATADA deverá emitir, mensalmente, relatório consubstanciado aos indicadores de confiabilidade do trem e simulador, apresentando de forma detalhada as falhas ocorridas, suas causas, ações corretivas adotadas e material empregado em cada atuação.

Competirá à equipe de assistência técnica exercer as seguintes atividades:

- Proceder às manutenções corretivas ao longo de todo o período de garantia, incluindo:
    - Investigação e diagnóstico da falha;
    - Desmontagem e montagem do equipamento danificado;
    - Substituição ou reparação do equipamento danificado (a opção por reparação deverá ser aprovada pelo METRÔ-DF)
- Orientar e apoiar a equipe de manutenção do METRÔ-DF nas decisões de caráter técnico relacionadas com os trens;
- Reportar as falhas ocorridas à equipe de manutenção do METRÔ-DF, de modo que possam ser registradas no software de manutenção ENGEMAN, pela equipe do Centro Integrado de Manutenção – CIM;
- Definir soluções adequadas para os problemas técnicos ocorridos;
- Procurar estabelecer a causa das ocorrências dos problemas e enquadrá-las na garantia;
- Acompanhar a colocação dos trens em serviço;

- Orientar quanto à adequada manutenção preventiva e corretiva dos trens;
- Acompanhar as revisões dos trens e orientar as eventuais substituições de componentes defeituosos;
- Realizar as manutenções preventivas durante os 6 (seis) primeiros meses de garantia assistida;
- Enviar ao setor de manuais da CONTRATADA as informações para a atualização dos manuais de manutenção e operação, quando necessário;
- Executar ou providenciar os reparos ou substituições necessários pertinentes aos equipamentos em garantia;
- Convocar e coordenar os representantes dos fornecedores quando isto se fizer necessário;
- Convocar os técnicos dos fornecedores para o suporte necessário à solução de eventuais problemas;
- Proceder às reparações dos itens não descartáveis, ou sua substituição quando for o caso, às suas expensas;
- Para que a equipe de assistência técnica possa agir com a presteza necessária, a mesma deverá ficar alocada nas dependências das oficinas de manutenção;
- Auxiliar na substituição de peças e componentes em garantia, fazendo uso dos sobressalentes constantes do item 19.2 nos casos em que a reparação não for aprovada pelo METRÔ-DF.

A equipe deverá ter conhecimentos teóricos e práticos suficientes para representar a CONTRATADA no que concerne à prestação de assistência técnica. Esta equipe deverá estar disponível durante todo o período de entrega e testes dos carros, bem como durante todo o período de garantia contratual.

A CONTRATADA, para fins de execução das atividades de manutenção corretiva e preventiva, poderá fazer uso do ferramental e estrutura das oficinas do METRÔ-DF. A interface entre a equipe de manutenção das frotas atuais e a equipe

da fornecedora dos novos trens será de responsabilidade dos técnicos do METRÔ-DF lotados na Superintendência de Manutenção - SMT, ficando a cargo destes a definição das prioridades de uso da estrutura existente para as atividades de manutenção de material rodante. A CONTRATADA, a seu critério, poderá optar por alocar às suas custas os recursos materiais necessários às atividades sob sua responsabilidade durante o período de garantia assistida.

19 SOBRESSALENTES

19.1 Lista de sobressalente a serem fornecidos pela CONTRATADA

a) A CONTRATADA deve fornecer equipamentos sobressalentes dos itens e em quantidades especificados na tabela de sobressalentes constantes do ANEXO II desta Especificação Técnica;

b) Todos os itens devem ser inspecionados e testados pelo METRÔ-DF e entregues em condições adequadas para armazenamento de acordo com as necessidades indicadas pelos fornecedores dos sistemas (incluindo embalagem, lubrificação, proteções necessárias, etc.);

c) Todos os itens sobressalentes devem ser transportados e entregues em embalagem segura que impeça exposição à entrada de água, poeira ou luz que venham a danificar os equipamentos e componentes que os compõem.

19.2 Sobressalentes para apoio no período de garantia assistida

A CONTRATADA, ao longo do período de garantia assistida, além das ferramentas, equipamentos, instrumentos e dispositivos necessários às atividades de manutenção corretiva e aos 6 (seis) meses de manutenção preventiva e dos sobressalentes listados no ANEXO II, deverá dispor, ainda, de peças sobressalentes para aplicar nos trens em casos de falhas, de modo a não prejudicar a disponibilidade de trens operacionais e atender aos indicadores de confiabilidade e disponibilidade estabelecidos no item 1.5.12.

Na lista de sobressalentes deverão estar especificados os materiais, peças, conjuntos, dispositivos e equipamentos, com respectivos quantitativos necessários à operação durante o período de garantia.

A lista deverá ser elaborada com base nos seguintes aspectos:

- Quantidade de carros;
- Confiabilidade dos itens;
- Confiabilidade dos trens;
- Desgastes toleráveis;
- Condições de operação, considerando a criticidade dos equipamentos sobre os quais estão montados e seu tempo de reparo, visando evitar a paralisação do trem por falta destes;
- Ciclos de conservação, fabricação ou fornecimento, visando assegurar a reposição de estoque;
- Disponibilidade de trens para a operação metroviária;
- Fabricação dos itens concomitantemente à fabricação dos trens.

19.3 Desenhos e detalhes dos sobressalentes

A CONTRATADA deverá fornecer toda documentação que possibilite a aquisição dos sobressalentes indicados na lista elaborada de acordo com o ANEXO II, inclusive os que não são de sua fabricação.

19.4 Continuidade da fabricação de peças no futuro

A CONTRATADA deverá garantir, por no mínimo 10 anos, a possibilidade de fabricação dos sobressalentes constantes do ANEXO II.

19.5 Modificações e impactos em sobressalentes

Se por qualquer motivo, algumas das peças ou conjunto do trem sofrerem modificações, estas deverão estender-se automaticamente, sem custo algum ao METRÔ-DF, aos sobressalentes de tal equipamento, peça ou conjunto já fornecido. Essa obrigação se estende até o fim da garantia para toda a frota.

19.6 Recepção de sobressalentes

Todos os sobressalentes fornecidos deverão ser entregues no almoxarifado do METRÔ-DF, devidamente identificados e com a documentação pertinente (relatórios, certificados e outros).

Todo material deverá ser fornecido com garantia de qualidade assegurada, de tal forma que não seja necessário realizar processos de recepção em fábrica ou nas instalações do METRÔ-DF, entretanto, o METRÔ-DF poderá solicitar a realização de testes em alguns itens a seu critério. Antes de dar entrada no METRÔ-DF, a CONTRATADA deverá se inteirar acerca dos trâmites administrativos e contábeis a serem cumpridos para recepção dos materiais constantes do ANEXO II.

19.7 Prazo de entrega e garantia dos sobressalentes

Os sobressalentes indicados no ANEXO II deverão ser entregues junto com o primeiro trem.

Em relação à garantia, deverão ser observadas:

- Consumíveis (itens que se desgastam com o seu uso e não permitem nenhum tipo de reparo, devendo ser substituídos: lubrificantes, escovas, sapatas de contato, pastilhas de freio, discos de freio, rodas, contatos de contatores, lâmpadas e outros):
    - Seis meses, desde sua entrega e aceitação no almoxarifado do METRÔ-DF.
- Reparáveis (itens substituídos em atividades de manutenção, devido a uma falha, que são reparados retornando às suas características originais):
    - Dois anos, desde sua entrega e aceitação no almoxarifado do METRÔ-DF.

Caso algum item a ser fornecido necessite de condições especiais de armazenamento, conservação ou agrupamento, a CONTRATADA deverá indicar expressamente.

20 FERRAMENTAS E DISPOSITIVOS ESPECIAIS

Deverão ser fornecidas todas as ferramentas e dispositivos especiais, com seus respectivos desenhos de projetos, para os serviços de manutenção e de operação dos trens, conforme manuais de operação e manutenção (18.1.1 e 18.1.2), bem como os equipamentos de aquisição e processamento de dados, com os *softwares* e aplicativos necessários, além das respectivas licenças de uso.

A relação de ferramentas especiais a serem fornecidas deverá contemplar também, todas as ferramentas desenvolvidas de forma específica pelo Fabricante, para a manutenção dos equipamentos e peças que integram os trens.

Deverão, ainda, ser fornecidos os equipamentos, dispositivos e ferramentas especiais, para calibração e aferição de componentes, tais como jigas de teste, tanto para uso em campo como em laboratório, para os sistemas, tais como: sonorização, freios e demais sistemas eletrônicos embarcados que serão submetidos aos processos de manutenção. As ferramentas e dispositivos especiais necessários ao sistema CBTC/ATO deverão ser fornecidos junto ao contrato específico de modernização da sinalização e controle.

Se durante o período em garantia, o METRÔ-DF verificar e comprovar a necessidade de ferramenta especial não listada ou fornecida, a CONTRATADA deverá fornecê-la.

20.1 Condições Gerais para o Fornecimento das Ferramentas e Dispositivos Especiais

Os equipamentos, módulos, cartões e sobressalentes deverão ser idênticos aos do fornecimento.

Durante o período de garantia, caso seja constatada a necessidade de instrumentos, ferramentas ou dispositivos especiais para a operação ou manutenção, estes devem ser fornecidos pela CONTRATADA.

Todos os instrumentos, ferramentas, dispositivos especiais devem possuir suporte e assistência técnica no Brasil ou representante autorizado.

Todos os dispositivos programáveis sobressalentes deverão ser fornecidos com os respectivos softwares já instalados e programados.

Todos os dispositivos de hardware devem ser fornecidos com as adaptações que se fizerem necessárias para que sejam adequados à aplicação.

Caberá ao METRÔ-DF aprovar a relação dos itens sobressalentes, dos instrumentos, das ferramentas e dos dispositivos especiais a serem fornecidos, conforme os requisitos definidos para este fornecimento.

A CONTRATADA deverá fornecer 5 computadores portáteis, do tipo “notebook”, para executar os *softwares* de manutenção e configuração dos sistemas embarcados, antes da fase de comissionamento do trem e dos sistemas.

Os requisitos técnicos dos computadores devem possibilitar executar os softwares de manutenção dos sistemas e subsistemas do trem.

Os computadores devem ser fornecidos com todos os *softwares* aplicativos e de manutenção, instalados e funcionando adequadamente, possibilitando o acesso e monitoramento de todos os sistemas e equipamentos microprocessados instalados no trem. As licenças dos *softwares* devem ser vitalícias e ter possibilidades de migrar para outros computadores, em caso de manutenção.

Os computadores devem possuir as seguintes características mínimas:

- Processador Intel® Core™ 5 120U (1,4 -GHz até 5,0 GHz com 12 MB de Smart Cache), ou superior;
- Memória mínima de 8 GB DDR4;
- Armazenamento SSD com capacidade superior a 500 Gb;
- Tamanho de tela maior ou igual a 15”;
- Controladores de rede Ethernet, tipo LAN 10/100/1000 Mbps;
- Placa de rede Wireless 802.11 a.c e Bluetooth 4.1, ou superior;
- Sistema Operacional: Windows 11 Home Bluetooth 4.1, ou superior;
- Mínimo de 2 portas USB 3.1;
- Saída de vídeo HDMI 2.0;
- Bateria com o mínimo 65 Wh.

Os computadores e respectivos periféricos necessários devem ser acondicionados em uma mala individual a fim de possibilitar armazenamento e transporte seguro.