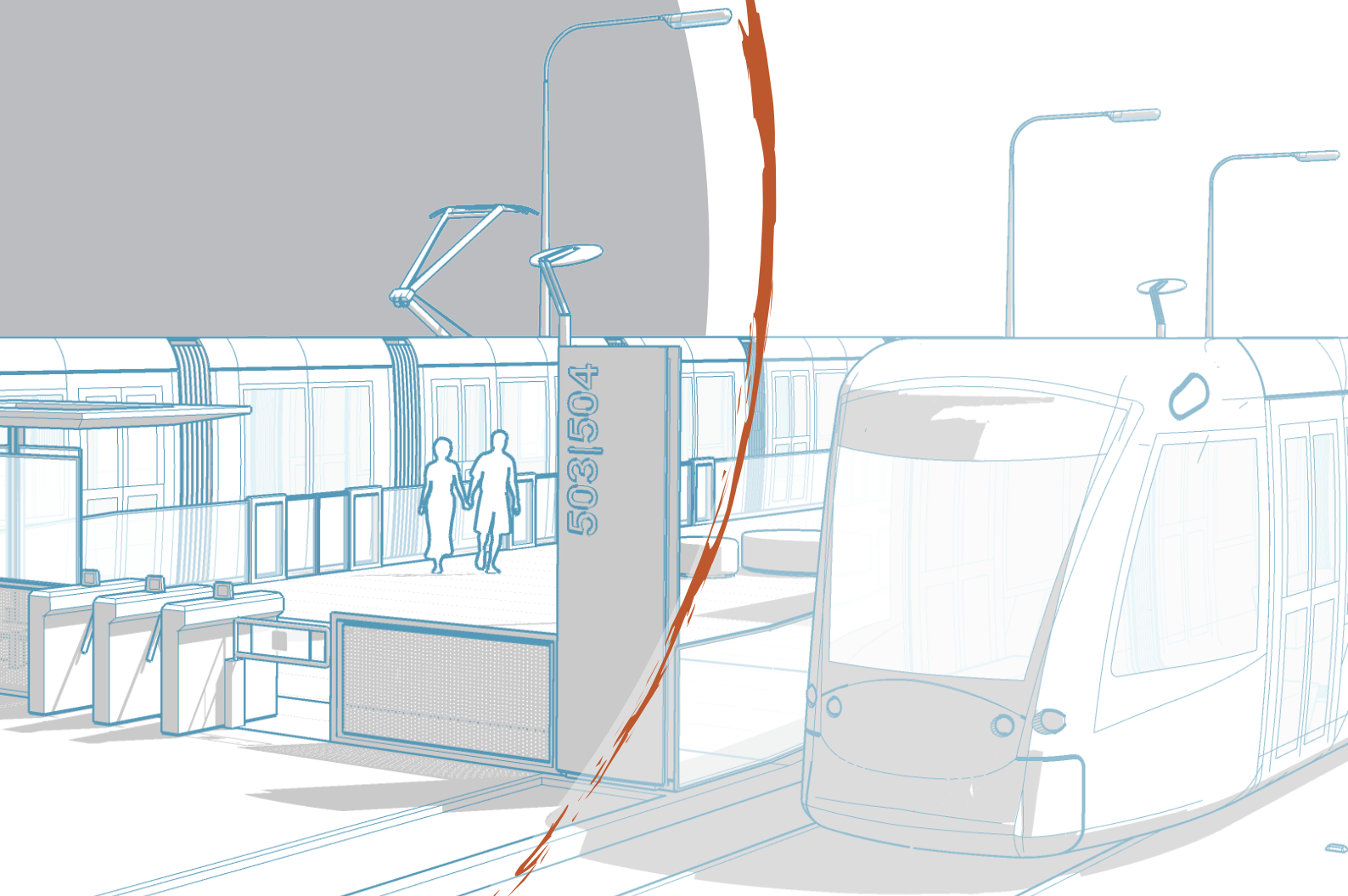


3



Modelagem PPP VLT W3



SERVENG



TTRANS
Sinal verde para as ferrovias



PIRACICABANA



BFCAPITAL

**ELABORAÇÃO DE PROJETOS, ESTUDOS, LEVANTAMENTOS OU INVESTIGAÇÕES
PARA IMPLANTAÇÃO DE VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS - VLT NA VIA W3**

CADERNO 3 - ESTUDOS DE ENGENHARIA

Revisão 03

**BRASÍLIA/DF
AGOSTO / 2022**

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO ESTUDO DE ENGENHARIA

COORDENAÇÃO GERAL:

PAULO CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

Arquiteto e Urbanista – CAU: A80095-3

AUTORES:

ANA CECÍLIA PARISI

Arquiteta e Urbanista – CAU: A80096-1

THIAGO PEIXOTO NOVAIS

Engenheiro Civil - CREA/MG RN: 04.0.0000147293

PAULO ROBERTO SANTA ROSA

Engº Eletricista – CREA/MG: 33092/D-MG

JOÃO MARCELO LOPES SIQUEIRA

Engº Civil – CREA/MG: 78030/D-MG

CLAUDIUS DE SOUSA BARBOSA

Engº Civil – CREA/SP: 6372/D-SP

LENILDO SANTOS DA SILVA

Engº Civil – CREA/DF: 9036/D-DF

ILDEU PINTO DE AMORIM

Arquiteto e Urbanista – CAU: A45276-9

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	5
2	CONCEPÇÃO DA VIA PERMANENTE - PROJETO GEOMÉTRICO.....	7
2.1	ESTUDOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS	8
2.2	PROJETOS PRECEDENTES E CORRELATOS.....	8
2.3	ESTUDOS DE TRAÇADO	14
2.3.1	Plano de Vias	18
2.3.2	VLT – Características Técnicas Geométricas	19
2.3.3	Descrição do Traçado por Trechos	24
2.4	PROJETO PLANIALTIMÉTRICO.....	37
2.4.1	Dados Técnicos do Traçado	38
2.5	PROJETO DE TERRAPLENAGEM	39
2.5.1	Volumes de Terraplanagem – Eixos 1 e 4	43
3	PROJETO DE DRENAGEM.....	44
3.1	DIMENSIONAMENTO.....	44
3.1.1	Vazões de Projeto	44
3.1.2	Parâmetros de Projeto.....	45
3.1.3	Apresentação das Planilhas de Cálculo.....	47
4	OBRAS DE ARTE ESPECIAIS – PONTES E VIADUTOS.....	49
4.1	CONCEPÇÃO ESTRUTURAL.....	49
4.1.1	Fundações.....	51
4.2	VIADUTO SOBRE O METRÔ/DF E ACESSO AO TAS	51
4.3	VIADUTO SOBRE A EPGU.....	52
4.4	PONTE SOBRE O RIACHO FUNDO	54
4.5	VIADUTO SOBRE A EPDB.....	55
5	VIA PERMANENTE.....	57
5.1	INFRAESTRUTURA E SUPERESTRUTURA DA VIA PERMANENTE	59
5.1.1	Seções Transversais	59
5.1.2	Verificação das Seções Transversais da Via Permanente	62
5.1.3	Geotecnia	70

APRESENTAÇÃO

O Consórcio Serveng-BFCapital-TTTrans-Piracicabana apresenta à Secretaria de Estado de Mobilidade do DF o presente produto denominado **Caderno 3 – Estudos de Engenharia – Revisão 01**, componente dos Estudos de Viabilidade, para implantação do Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) na via W3, conforme Termo de Autorização constante da página 92, do Diário Oficial do Distrito Federal do dia 29/03/2019.

O Caderno 3 – Estudos de Engenharia – Revisão 01 é composto pelos seguintes capítulos:

1. INTRODUÇÃO
2. CONCEPÇÃO DA VIA PERMANENTE - PROJETO GEOMÉTRICO
3. PROJETO DE DRENAGEM
4. OBRAS DE ARTE ESPECIAIS – PONTES E VIADUTOS
5. VIA PERMANENTE

Para entendimento das soluções de engenharia propostas deverá ser consultado o Caderno 4 – Estudos de Engenharia – Desenhos Revisão 2. Os desenhos apresentados no Caderno 4, foram produzidos na escala de 1:1.000, sendo plotados na escala de 1:2.000, no formato A1.

O Volume impresso, por sua vez, é apresentado no formato A3, a fim de facilitar o manuseio das pranchas, resultando na escala de 1:4.000 na versão impressa.

Nessa escala de 1:4.000, impressa em papel, o cadastro topográfico e de interferências resultará ilegível.

Portanto as pranchas de desenhos deverão ser consultadas no formato PDF, em *software* de leitura adequado, a partir do qual o cadastro topográfico poderá ser analisado na escala de 1:1.000.

1 INTRODUÇÃO

O presente Produto 3 – Estudo de Engenharia tem como objetivo apresentar a descrição dos anteprojetos de obras civis e sistemas fixos do Veículo Leve sobre Trilhos – VLT na Via W3, concebido em dois segmentos de traçado geométrico:

- Linha 1 – ligando o TAS – Terminal Asa Sul / Setor Hípico ao TAN – Terminal Asa Norte, com extensão aproximada de 16 km; e
- Linha 2 – ligando o Aeroporto JK ao TAS – Terminal Asa Sul / Setor Hípico, com extensão aproximada de 6 km.

No desenvolvimento do VLT-W3, como sistema de transporte de massa, três condicionantes fundamentais se assinalam:

- 1) A compatibilidade com a demanda a ser atendida, sendo o resultado de estudos de transporte, com avaliação da rede de transporte público da cidade nas suas diversas modalidades;
- 2) A compatibilidade da operação no corredor preconizado, de acordo com suas características físicas de traçado e operacionais, envolvendo: do ponto de vista físico rampas, raios de curvas de concordância, entre outras restrições intrínsecas de cada equipamento, e sob o aspecto da operação a política tarifária, de arrecadação, institucional.
- 3) A capacidade de articulação e integração com as modalidades em operação, sendo um condicionante básico para a captação de demanda para o sistema.

Esses condicionantes foram analisados no desenvolvimento do anteprojeto, dentro de uma sequência lógica, de modo a subsidiar decisões a serem tomadas no desenvolvimento dos projetos geométrico de traçado, planos de vias e sistemas fixos.

Via de regra a implantação de sistemas de transporte de massa em centros urbanos consolidados elegem como diretriz da área de atendimento os alinhamentos de corredores existentes, como no caso da W3, cuja capacidade de tráfego já se mostra incompatível com os carregamentos.

Entre outras razões para a implantação de uma nova tecnologia em uma dada área urbana, destacam-se:

- Incapacidade do sistema local em atender à demanda devido ao número de linhas e à extensão da rede;
- Velocidade comercial cada vez menor;
- Frequências insuficientes e irregulares nos horários de pico;
- Incapacidade de atender o crescimento da demanda;
- Impactos ambientais negativos do sistema atual.

No caso de Brasília, e pontualmente na Via W3, três aspectos se mostram determinantes na escolha do VLT como sistema de transporte de massa: A compatibilidade operacional com demais sistemas – metrô e ônibus; a capacidade de adaptação às condições físicas de traçado, sobretudo do ponto de vista das rampas; e a propriedade de integração com a escala urbana, dentro dos conceitos urbanísticos firmados para Brasília.

No caso da Via W3, diante da demanda macrossimulada, situada entre 10 e 20 mil passageiros totais embarcados na hora/pico, e cerca de 8 a 10 mil passageiros/hora/pico no

trecho mais carregado, a tecnologia de VLT se mostra a mais adequada no horizonte de projeto, em relação aos demais modais, cujas capacidades de situam no quadro a seguir:

Modalidade	Veículo/Capacidade (Passageiros)	Sistema/Capacidade (Pass./hora x 1000)
Ônibus	80 – 270	15
VLT	450/550 (comboio)	30
Metrô	300 (carro) 2400 (comboio)	80

Mais uma vez, com foco na demanda da Via W3 e setores centrais de Brasília, deve-se resistir, em tese, à adoção da modalidade ônibus, pelo fato de que se posicionar no limite superior de capacidade de atendimento à demanda de passageiros.

A partir das condições geométricas da Via W3, cujas restrições foram confrontadas com as normas de projeto geométrico dos veículos nas diversas tecnologias de VLT, a modalidade se mostrou plenamente compatível, de acordo com os valores genéricos assinalados a seguir:

Corredor x Veículo	Velocidade Comercial (km/h)	Distância entre Paradas (m)	Largura (m)	Rampa Máxima (%)	Raio Mínimo (m)
Via W3	20 (ônibus)	400 (ônibus)	2.4 (ônibus)	7.0 (SHS)	15 (ônibus)
VLT	25	600	2.2-2.7	7.0	25

No lançamento do traçado alguns pontos se mostram como obrigatórios para conexão entre os diversos modais, sejam:

- O Terminal Asa Sul (TAS) e o Corredor de BRT da ESPM, onde ocorrem as maiores transferências de passageiros em todo o segmento da W3;
- O Setor Médico Hospitalar Local Sul, cuja capacidade de atração de viagens é relevante;
- Os Setores Centrais: SRTVS, SMHS, SCS, SHS, SHN, SCN, SMHN, SRTVN, onde ocorre o maior número de embarques e desembarques na W3;
- A conexão com o Eixo Monumental, onde deverá ocorrer a segunda maior transferência de passageiros do sistema, depois do TAS.
- O Setor Médico Hospitalar Local Norte, cuja demanda se equivale hoje a do SMHLS; e
- O Terminal Asa Norte – TAN – onde a transferência de passageiros de linhas do quadrante norte é expressiva.

Esses pontos deverão contar com facilidades de transferência de passageiros entre os modais, sobretudo do ponto de vista urbanístico, contando com semaforização prioritária para o VLT e pedestres, passeios francos e estações dimensionadas para a demanda.

2 CONCEPÇÃO DA VIA PERMANENTE - PROJETO GEOMÉTRICO

O Projeto Geométrico foi desenvolvido dividindo-se o traçado em 4 eixos, a seguir definidos:

- Eixo 1

Trecho Hípica (CM) até a W3, em via dupla, com entrevia mínima de 3,50 m, largura total de 7,20 m, estações com duas plataformas laterais;

O Eixo 1 tem extensão de 1.900 m, onde salienta-se dois pontos notáveis: o viaduto sobre o metrô e acesso ao TAS (vão total de 90 m) e a interseção com o novo acesso ao TAS, projetado em 2014, e alterado no presente estudo de modo a garantir que o traçado do VLT permaneça guarnecido no canteiro central da nova via até o viaduto da via W3.

- Eixo 2

Trecho CRS 516 a SHNW, corresponde a Via 1: Sentido Sul-Norte, à direita do canteiro central da Via W3, em via singela, ocupando uma faixa de 3,70 m (2 x 1,85 m)

O Eixo 2 tem extensão de 14.442 m. No traçado altimétrico desse eixo busca-se incorporar pequenas alterações de “greide” na Via W3 a fim de garantir as manobras previstas no Plano de Vias nas CRS 509 e CRN 507, além de permitir o nivelamento entre estações cujos desníveis são menores que 20 cm.

- Eixo 3

Trecho CRS 516 a SHNW, corresponde a Via 2: Sentido Norte-Sul, à esquerda do canteiro central da Via W3, em via singela, ocupando uma faixa de 3,70 m (2 x 1,85 m)

O Eixo 3 tem extensão de 14.404 m. Nesse eixo não se incorporam alterações de “greide” na Via W3, o alinhamento vertical é rigorosamente condicionado pelas cotas de pavimento da via, sendo alterados somente os trechos onde há abatimentos e deflexões incompatíveis com as normas de via permanente do sistema sobre trilhos.

- Eixo 4

Trecho: Aeroporto até a Hípica, em via dupla, com entrevia mínima de 3,50 m, largura total de 7,20 m e estações com duas plataformas laterais.

O Eixo 4 tem extensão de 6.133 m. Trata-se do único segmento da linha do VLT com traçado em áreas em terreno natural, sem urbanização prevista. Dessa forma deve-se adotar via permanente flexível, com lastro de brita, cuja interferência ambiental é minimizada.

Nesse segmento são previstas três obras de artes especiais:

- Viaduto da EPGU (Zoo), com extensão de 220 m, com gabarito vertical de 5,50 m, sobre as quatro pistas da rodovia;
- Ponte sobre o Riacho Fundo, à montante da ponte atual da EPAR, com extensão de 30 m; e
- Viaduto sobre a EPDB (Balão do Aeroporto), com extensão de 140 m, sobre as pistas do BRT Sul, EPDB e Trincheira Rodoviária da EPDB (sentido Brasília).

2.1 ESTUDOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS

Para orientar o projeto geométrico foram retidos estudos cartográficos e topográficos precedentes, alguns desenvolvidos pela mesma equipe técnica do presente estudo, consistindo em:

1. Base Cartográfica do DF, na escala de 1:2.000, referente a RA Brasília, produzida em 1997, no sistema UTM – Datum Astro Chuá (SICAD), tendo sido convertida para o Datum Sirgas 2000, sendo utilizada como base dos anteprojetos de geometria e drenagem.
2. Base Cartográfica do DF, na escala de 1:10.000, referente a RA Brasília, produzida em 2009, no sistema UTM – Datum Sirgas 2000, utilizada com o intuito de atualizar a base cartográfica de 1997.
3. Estudos Topográficos realizados em 2008, para o Projeto da Rede Ciclovitária de Brasília, produzido no sistema UTM – Datum Astro Chuá (SICAD), tendo sido convertido para o Datum Sirgas 2000. Esse estudo engloba toda a extensão da Via W3, além das quadras adjacentes.
4. Estudos Topográficos realizados em 2010, para o Projeto do Eixo Oeste de Transporte de Massa, produzido no sistema UTM – Datum Sirgas 2000, relativamente aos trechos da ESPM – Via do Setor Policial Militar, SPO – Setor Policial Militar, TAS – Terminal Asa Sul e Trevo de Triagem Sul.
5. Estudos Topográficos realizados em 2016, pelo DER/DF, para o Projeto de Duplicação da EPAR – Estrada Parque Aeroporto, em sistema de coordenadas topográficas, tendo sido convertido para o Datum Sirgas 2000.
6. Estudos Aerofotogramétricos desenvolvidos pela ENGEVIX, Concessionária do Aeroporto de Brasília, em 2013, produzido no sistema UTM – Datum Sirgas 2000.
7. Estudos Aerofotogramétricos desenvolvidos para o Projeto de Urbanismo do Setor Noroeste – SHNW.

Os estudos cartográficos e topográficos foram então compilados em uma só base, tendo sido produzido de forma unificada o “Modelo Digital de Terreno”, servindo de referência para o desenvolvimento dos anteprojetos planialtimétricos do VLT nos dois segmentos abordados: Hípica - TAN e Aeroporto – Hípica.

Os desenhos são apresentados em 08 pranchas na escala de 1:2.000, no **Caderno 4 Estudos de Engenharia – Desenhos – Revisão 02.**

2.2 PROJETOS PRECEDENTES E CORRELATOS

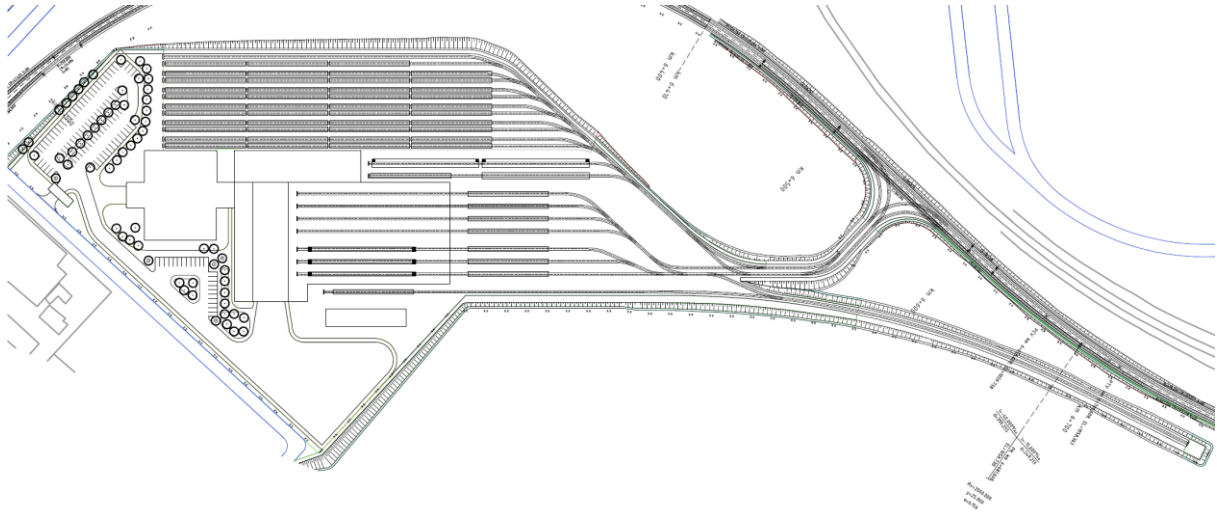
A fim de garantir a correlação do anteprojeto do VLT W3 com os estudos e projetos precedentes no DF, foram retidos os documentos a seguir relacionados:

- **Projeto Básico do Sistema de Metrô Leve de Brasília – Edital de Licitação – Concorrência Nº 004/2008**

Do projeto básico precedente do VLT foi extraído a prancha do Complexo de Manutenção, disponibilizada no edital no formato PLT, tendo sido inserida na base cartográfica do atual anteprojeto, a fim de garantir a inserção geométrica precisa do traçado com aproveitamento do pátio de estacionamento de trens e oficinas.

A figura 2.1, a seguir, apresenta a planta de situação do Complexo de Manutenção

Figura 2.1 – Complexo de Manutenção

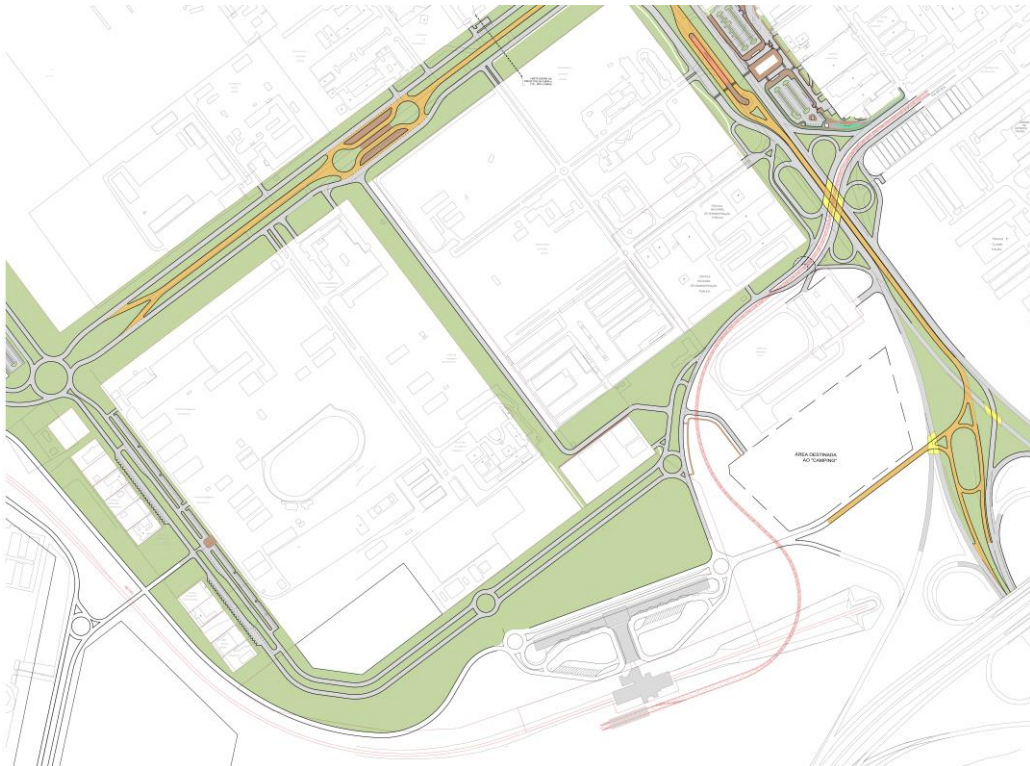


- **Corredor BRT Oeste – ESPM / TAS**

O Projeto do BRT Oeste, desenvolvido no âmbito do contrato 013/2013 – SO (Secretaria de Obras do DF), constitui a URB-023/14, compreende os projetos viários voltados para garantir acesso de linhas troncais de ônibus urbanos ao TAS e corredor da ESPM.

Trata-se de projeto executivo aprovado pelo GDF sendo relevante a sua consideração no desenvolvimento do traçado do VLT W3, sobretudo para se mantenha a independência entre a circulação de ônibus e deste sistema de transporte de massa.

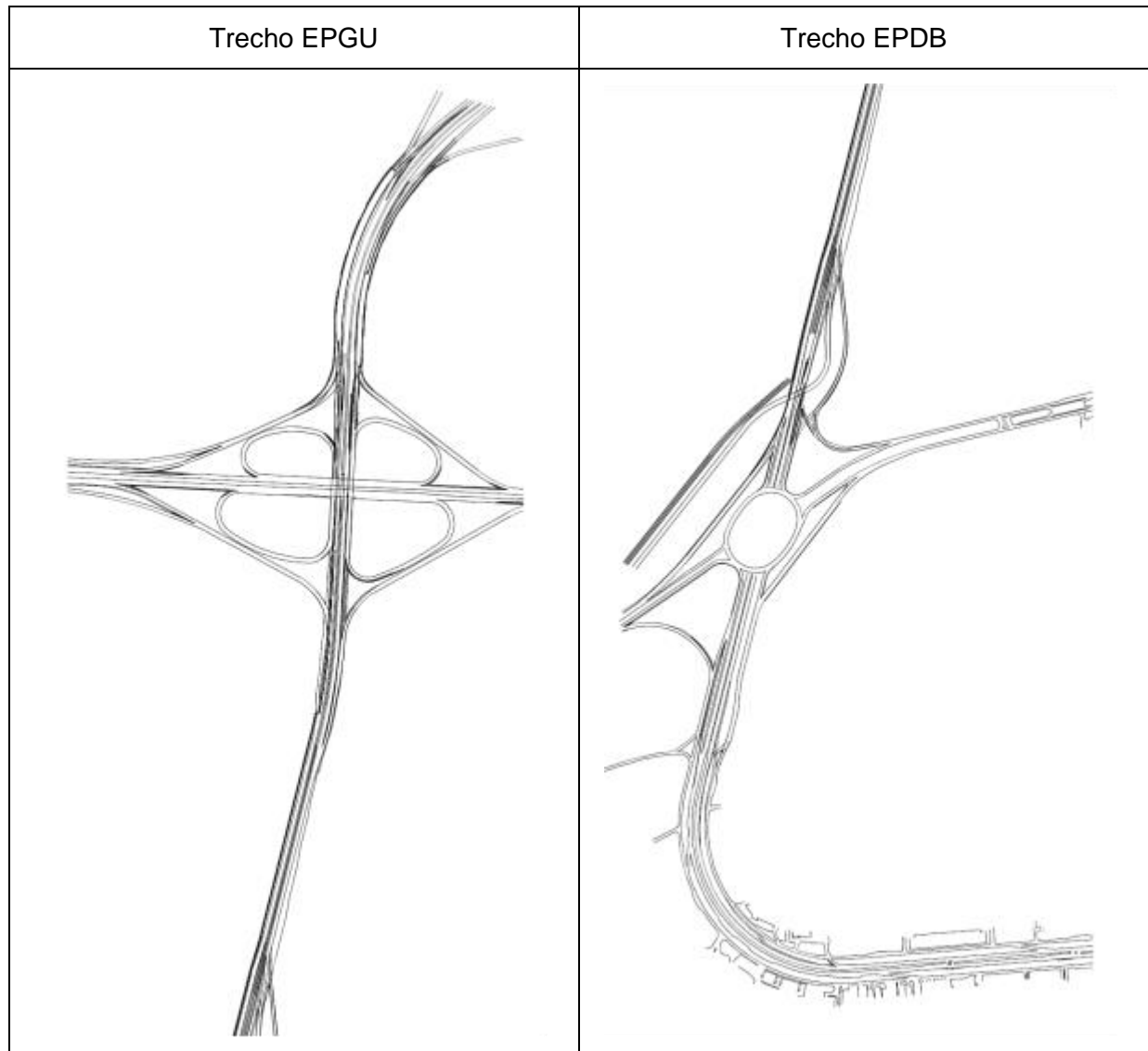
Figura 2.2 – Projeto do BRT Oeste – Trecho ESPM / TAS



- **Projeto de Duplicação da EPAR - Trecho EPGU – EPDB**

O Projeto de Duplicação da EPAR foi fornecido pela SEMOB, tendo sido considerado somente no trecho do Riacho Fundo, onde a ponte já construída pelo DER/DF prevê o alargamento das vias expressas. No traçado geométrico do VLT projeta-se uma nova ponte independente à montante da existente.

Figura 2.5 – Projeto de Duplicação da EPAR – DER/DF



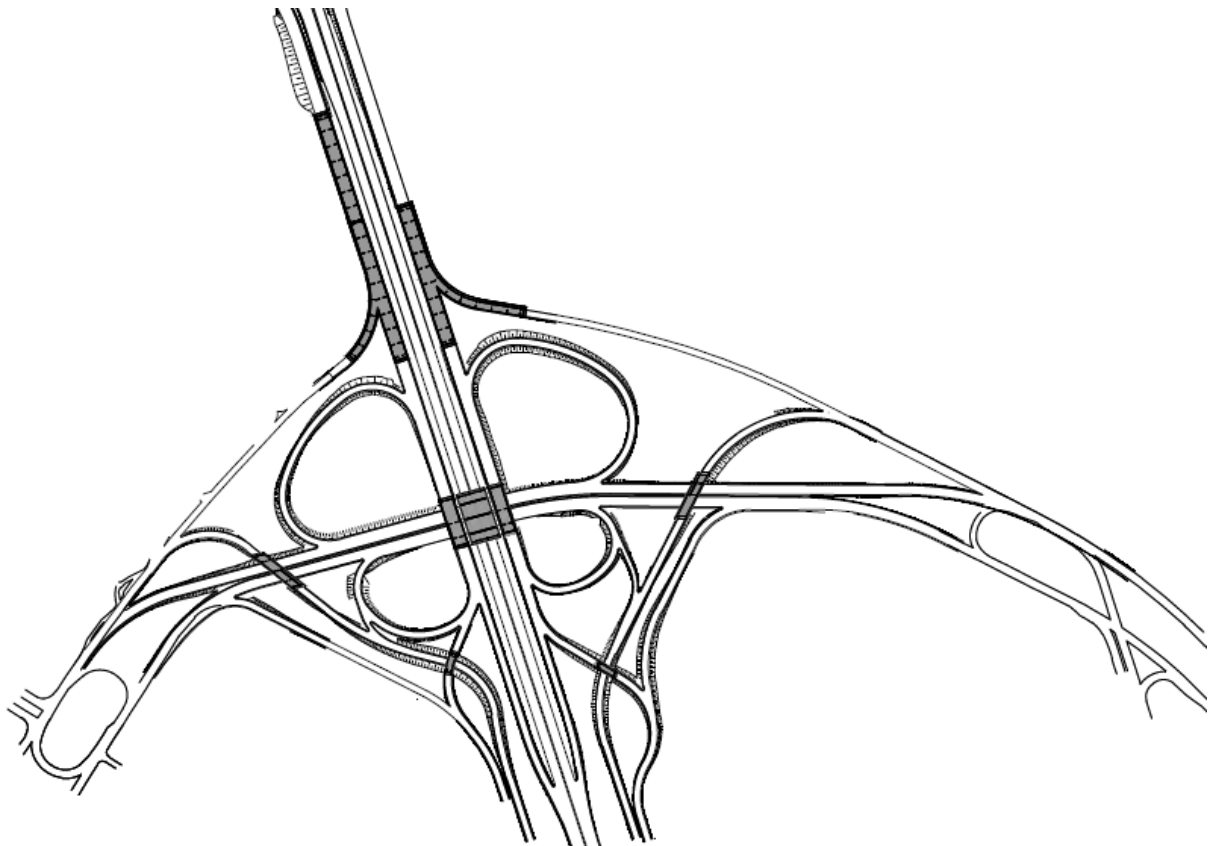
- **Projeto de Duplicação da EPAR - Trecho EPDB – Aeroporto**

O Trecho EPDB até o Aeroporto JK, do Projeto de Duplicação da EPAR, foi inserido no projeto geométrico do VLT já na forma de cadastro topográfico, conforme descrito no item 2.1.

- **Projeto do Trevo de Triagem Norte**

O Projeto do Trevo de Triagem Norte, em fase de finalização de obras civis, não interfere com o traçado do VLT W3. As intervenções se iniciam na rótula do SMHN, onde o traçado proposto para o VLT deflete no sentido da Via do STN.

Figura 2.6 – Projeto do Trevo de Triagem Norte – DER/DF - Parcial



- **Projeto de Urbanismo do Setor Noroeste**

O Projeto de Urbanismo do Setor Noroeste foi consultado e inserido na base cartográfica de projeto sobretudo por se tratar da estação terminal do sistema VLT W3, visando inclusive localizar a estação voltada para o comércio local da via do STN, assim como para o Terminal Asa Norte – TAN.

Figura 2.7 – Projeto de Urbanismo do Setor Noroeste - Parcial



Figura 2.9 – Traçado das Linhas 1 e 2 do VLT – Trechos Hípica -TAN e Aeroporto - Hípica

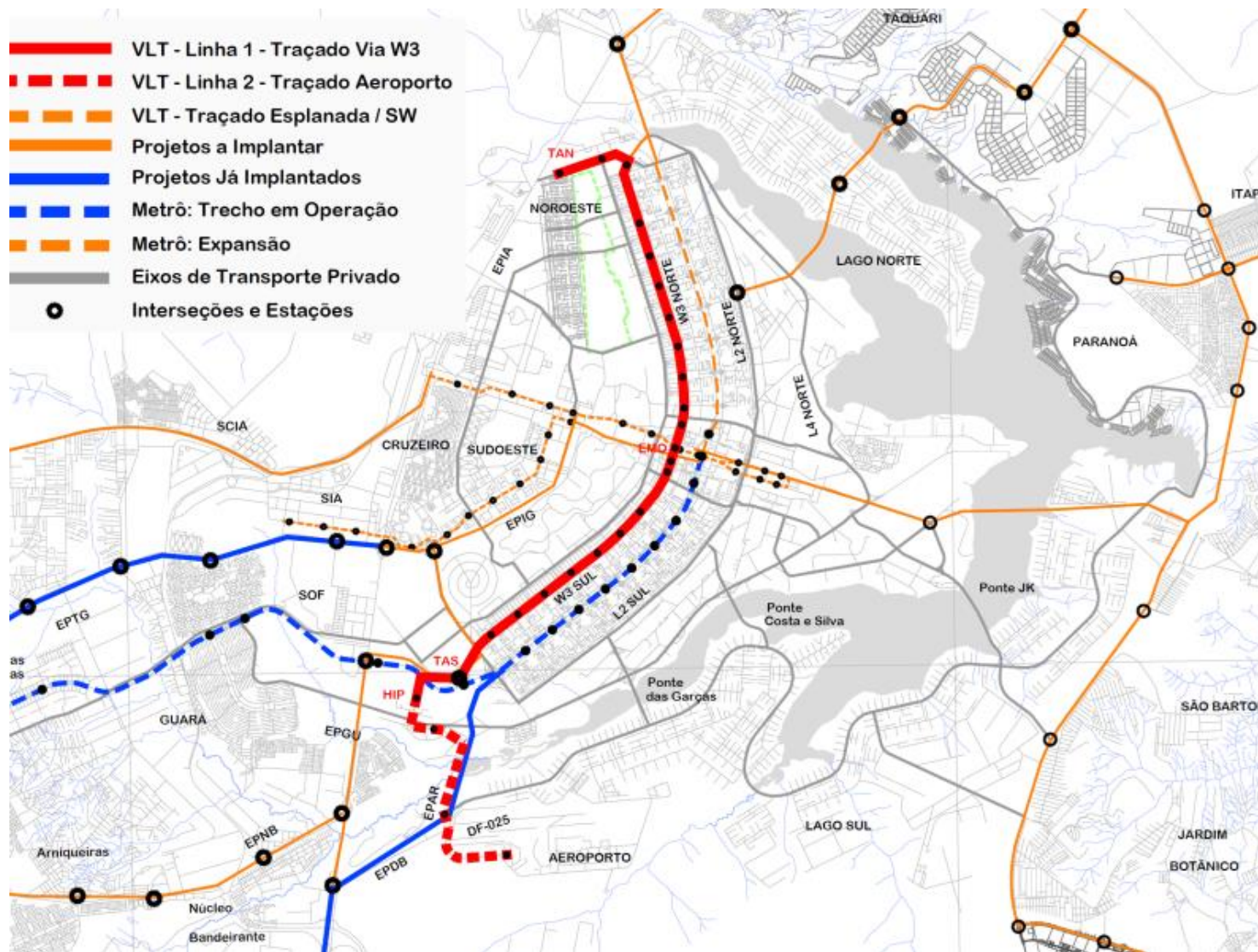
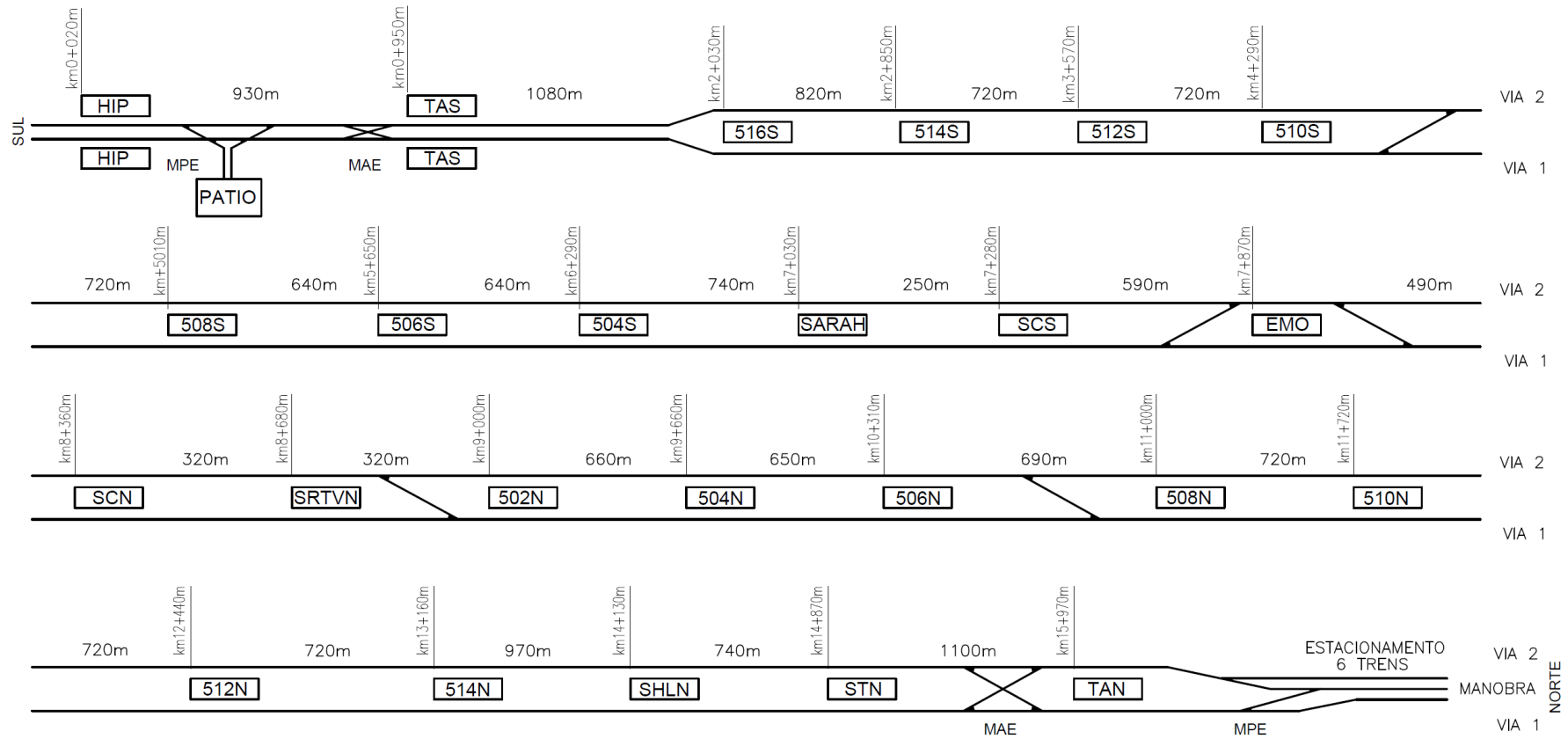


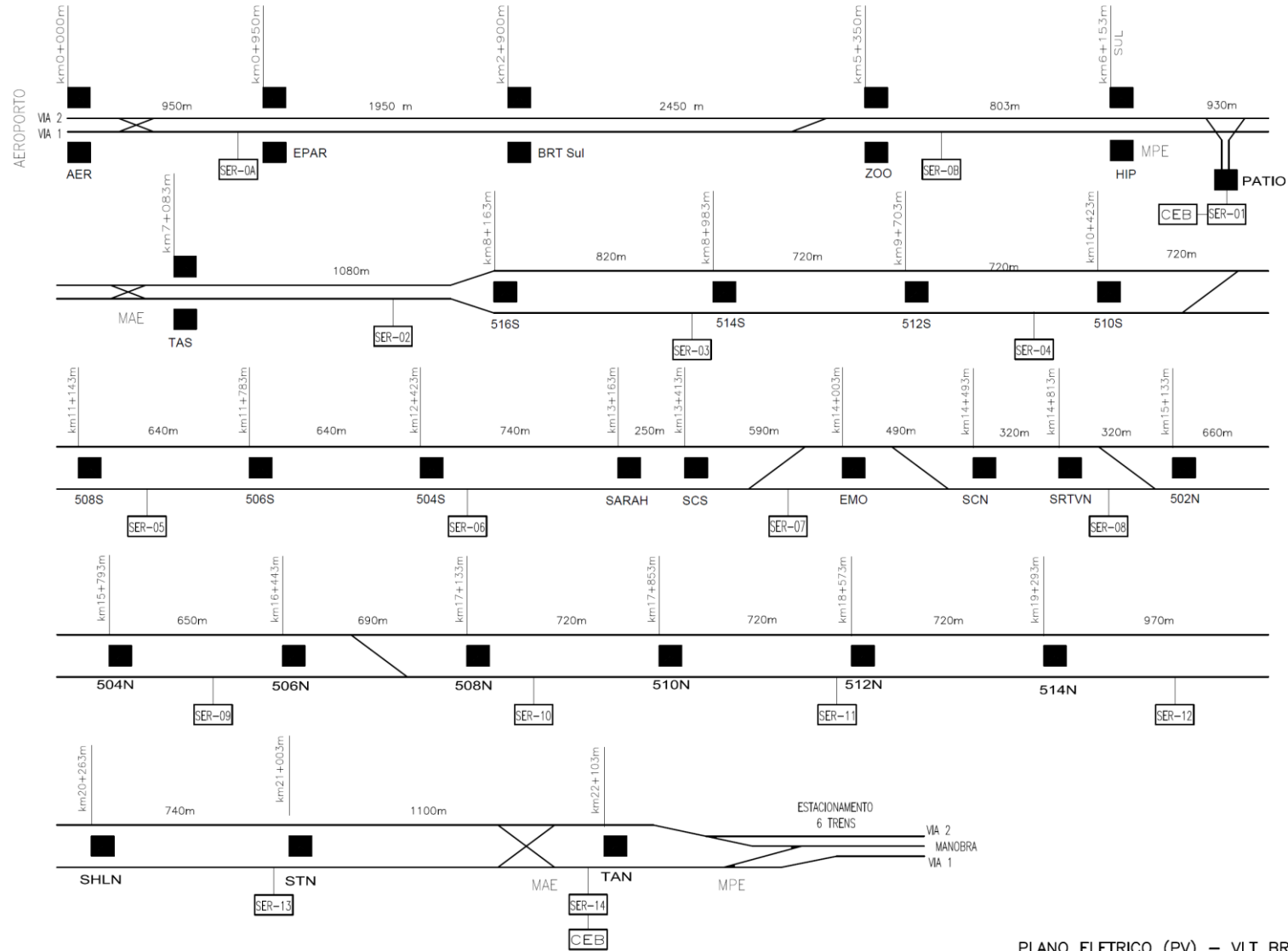
Figura 2.10 – Plano de Vias da Linha 1 – Trecho Hípica – TAN



MAE Manobra Antes Estação
MPE Manobra Pós Estação
Total: 24 Estações
Total: 27 AMVs
Velocidade Civil da Via: 70Km/h
Trilho: Grooved 35G
Infraestrutura: LVT - Low Vibration Track

PLANO DE VIA (PV) - VLT BRASÍLIA

Figura 2.11 – Plano de Vias da Linhas 1 e 2 – Trechos Hípica – TAN e Aeroporto – Hípica



2.3.1 Plano de Vias

As figuras 2.10 e 2.11 apresentam os planos de vias respectivamente para a linha 1 – HIP-TAN e conjugadas as linhas 1 e 2 – AERO-TAN.

No Plano Operacional são consideradas duas vias:

- **Via 1** – Sentido HIP – TAN; e
- **Via 2** – Sentido TAN – HIP.

Linha 1 – Hípica - TAN

O esquema operacional proposto para a linha 1, corresponde a 1ª Etapa de Implantação do Sistema VLT, é coerente com a constatação de que o segmento com maior volume de embarques e desembarques na Via W3 se situa entre as estações TAS e SRTVN.

Diante disso são propostos dois carrosséis de operação ordinária:

- Carrossel 1 = TAS – TAN com 10 trens/h – 10 despachos partindo do TAS para o TAN
- Carrossel 2 = HIP – SRTVN com 10 trens/h – 10 despachos partindo da HIP para o SRTVN

São, portanto, propostas as seguintes manobras:

- Manobra Posterior a Estação HIP;
- Manobra Anterior a Estação TAS;
- Manobra Posterior a Estação SRTVN; e
- Manobra Anterior a Estação TAN, que também pode ocorrer posteriormente no pátio de manobras e estacionamento.

Além das manobras correntes são ainda inseridos travessões para operações extraordinárias, nos seguintes pontos:

- Na Quadra CRS 509;
- No Cruzamento com o Eixo Monumental, anterior e posterior à Estação EMO;
- Na Quadra CRN 507;

No plano de vias são previstos ainda dois travessões de acesso ao Centro de Manutenção – CM, voltados para estação HIP e TAS de forma redundante.

Linha 2 – Aeroporto – Hípica

Na Linha 2, prevista para uma 2ª etapa de Implantação, são previstas duas manobras adicionais:

- Manobra Posterior a Estação Aeroporto, que deverá se posicionar de “topo” em relação ao meio fio de desembarque do terminal aeroportuário; e
- Manobras Anterior a Estação ZOO (Zoológico), de modo a permitir a operação eventual com retorno nessa estação.

2.3.2 VLT – Características Técnicas Geométricas

Os “tramways” ou VLT obedecem a normas e especificações de inscrição geométricas bem mais flexíveis que os carros de metrô sobre trilhos. Trata-se, por definição, de um veículo voltado a operação compartilhada em vias de tráfego moderado, tanto que seu maior módulo tem, aproximadamente, a metade da distância entre eixos de um carro de metrô.

Figura 2.12 – Exemplo de Composição de um VLT – Planta

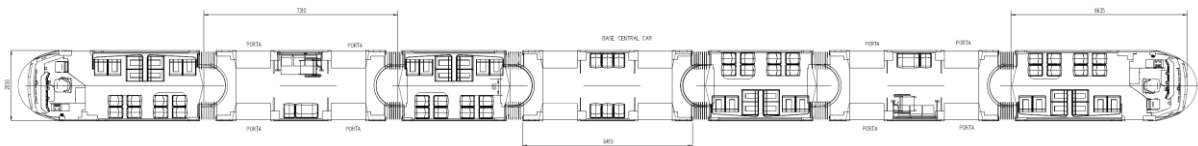


Figura 2.13 – Exemplo de Composição de um VLT – Lateral

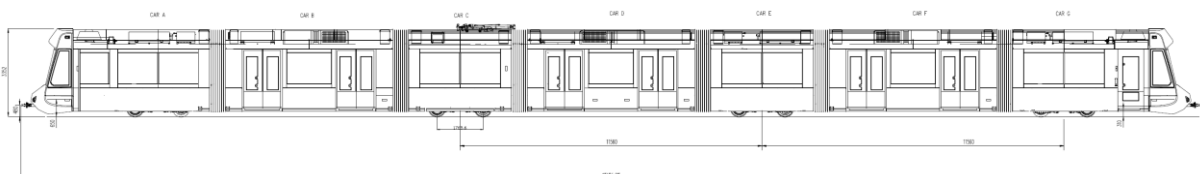


Figura 2.14 – Exemplo de Composição de um VLT – Frente

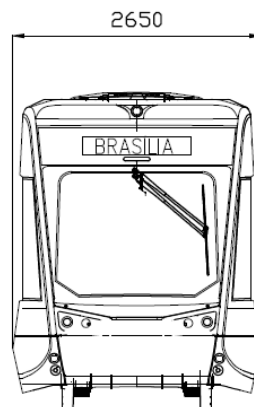


Tabela 2.1 – Dimensões Genéricas

Comprimento	45,156 m
Altura	3.450 mm (pantógrafo recolhido)
Largura	2.650 mm
Bitola	1.435 mm

O desempenho dos veículos em curvas e rampas, por consequência, atende também aos requisitos das redes viárias urbanas mais restritas, com a propriedade de se inscrever em raios de até 25 m e rampas de até 7%. Deve-se, por outro lado, minimizar a prescrição de raios mínimos e rampas máximas devido às restrições de velocidades decorrentes, cujas repercussões nos tempos de viagem podem vir a comprometer a capacidade de transporte.

Para um raio de 25 m a velocidade limite é de 15 km/h, enquanto que 21 km/h só são atingidos em curvas de raio = 50 m, conforme tabela a seguir:

Tabela 2.2 – VLT – Velocidades x Raios x Comprimentos Espirais

Raio (m)	25	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	300	400	500	1000
v (km/h)	14.8	16.3	18.8	21.0	23.0	24.8	26.6	28.2	29.7	36.4	42.0	51.4	59.4	66.4	70.0
L (m)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.5	13.3	14.0	17.2	19.8	24.3	28.0	31.3	27.4

Em todo o traçado geométrico o menor raio de curva adotado foi de 70 m, que ocorre na deflexão da Via W3 para a Via do STN, na rótula do SHLN.

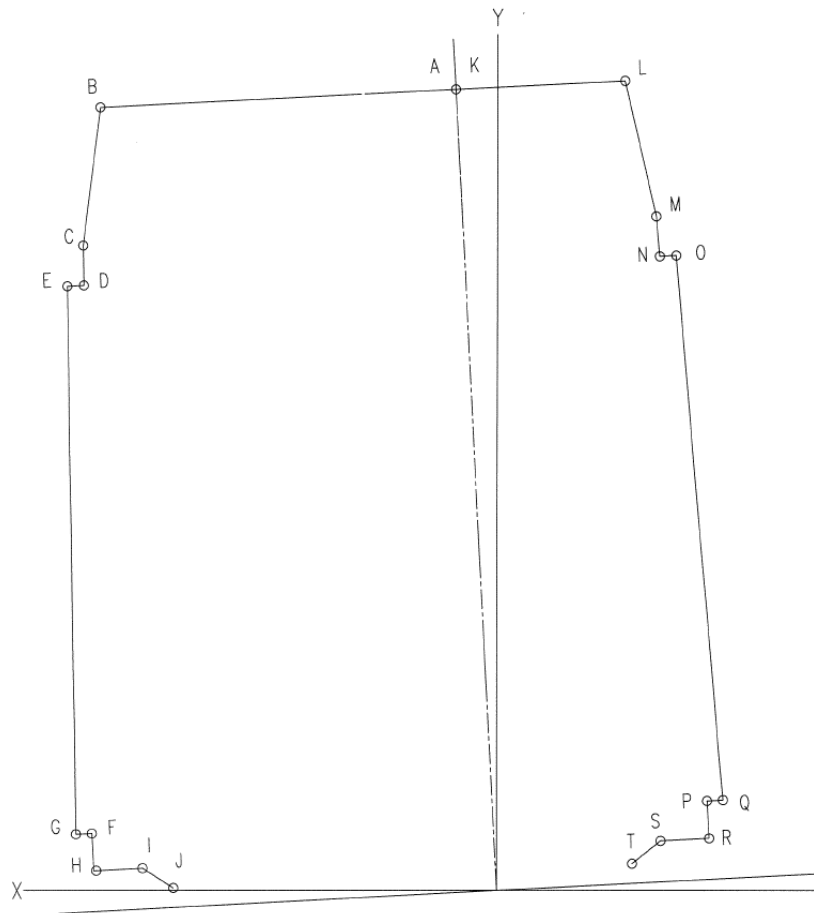
O projeto geométrico atende genericamente às seguintes premissas:

- Bitola 1.435 mm
- Velocidade máxima operacional: 70 km/h
- Headway mínimo: 3 min
- Horário Operacional: 18 horas
- Raio mínimo curva horizontal (vias principais): 50 m
- Raio mínimo curva horizontal (pátio): 25 m.
- Entrelaço: 3,50 m

Adota-se ainda, por segurança, o gabarito dinâmico para curvas de 25 m de raio (~ 1,85 m), nas faixas laterais ao canteiro central da Via W3, como medida de precaução para evitar o atrito lateral com veículos de grande porte, tendo em vista que na via são permitidos todos os tipos de veículos, inclusive ônibus “double deck bus” comuns nos setores hoteleiros.

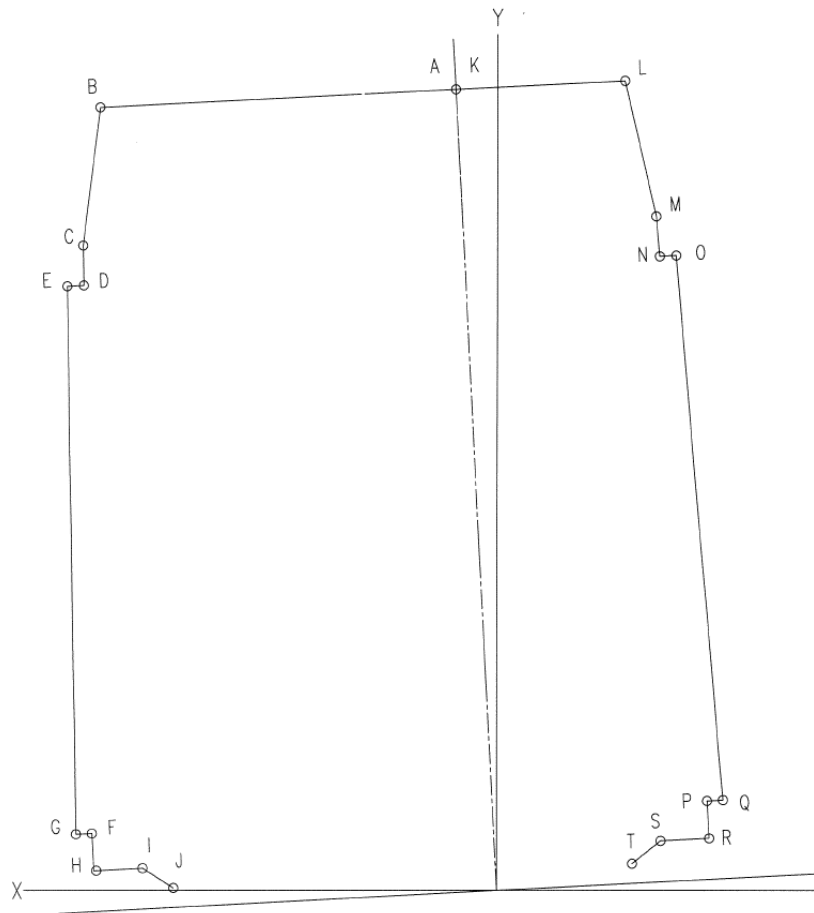
As figuras 2.15 a 2.17 apresentam os gabaritos estático e dinâmicos considerados:

Figura 2.16 – Gabarito Dinâmico para Curva de 25 m



LADO INTERNO			LADO EXTERNO		
PONTOS	X	Y	PONTOS	X	Y
A	-183	3489	K	-183	3489
B	-1732	3408	L	555	3528
C	-1806	2805	M	692	2935
D	-1803	2631	N	707	2763
E	-1874	2627	O	778	2766
F	-1833	248	P	917	388
G	-1764	244	Q	986	392
H	-1755	86	R	926	226
I	-1544	97	S	714	215
J	-1411	11	T	591	116

Figura 2.17 – Gabarito Dinâmico para Curva de 100 m



LADO INTERNO			LADO EXTERNO		
PONTOS	X	Y	PONTOS	X	Y
A	-183	3489	K	-183	3489
B	-1399	3425	L	889	3545
C	-1473	2822	M	1025	2953
D	-1470	2649	N	1041	2780
E	-1541	2645	O	1112	2784
F	-1431	265	P	1251	406
G	-1500	262	Q	1320	409
H	-1422	103	R	1259	244
I	-1211	114	S	1048	233
J	-1077	29	T	924	134

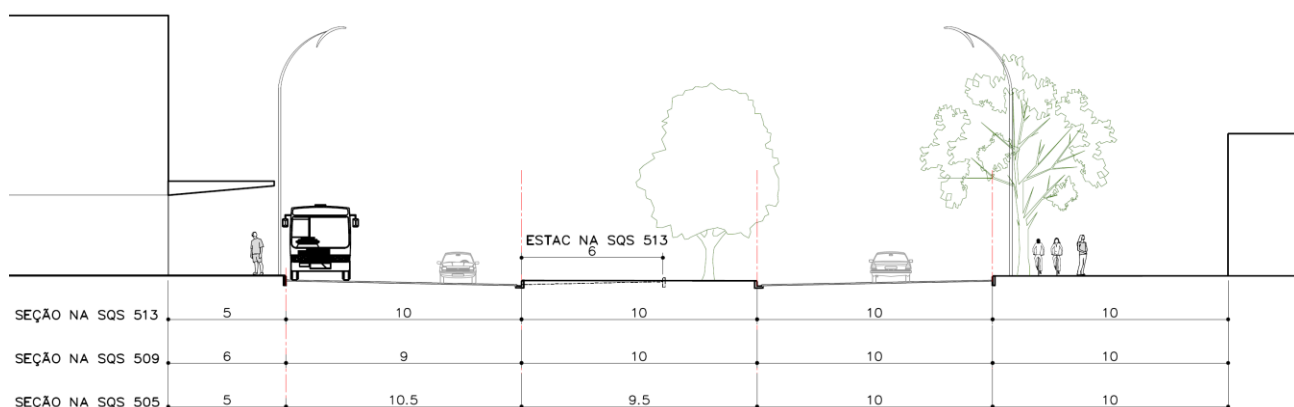
2.3.3 Descrição do Traçado por Trechos

2.3.3.1 Linha 1 – Hípica / TAN

O primeiro passo para construção geométrica dos alinhamentos e traçado dos eixos das Vias 1 e 2 do VLT – W3, tem caráter urbanístico. Trata-se da reconstituição dos alinhamentos da via, que, conforme projeto de urbanismo, é composta de três faixas iguais com 10 m de largura, sendo correspondente às duas pistas e mais o canteiro central.

Ocorre que, seja na construção, ou ainda em outras obras de canalização viária, as larguras diferem das originais. A figura 2.18 apresenta algumas das divergências verificadas.

Figura 2.18 – Seções Transversais na Via W3



A reconstrução geométrica dos canteiros centrais da Via W3 parte do princípio de que esse espaço será, em toda a sua extensão, objeto de intervenções urbanísticas com o intuito de recondicionar a faixa ao uso coletivo para permanência e circulação, seja de passageiros do VLT, da vizinhança ou da população usuária de atividades produtivas.

A metodologia consistiu na obtenção de inúmeros pontos medianos entre os meios fios externos da via e no traçado de um novo eixo do canteiro central (Eixo de Locação), cuja característica é de duas tangentes de 3.200 m entre as quadras 516 e 508 Norte e Sul, e de deflexões nas entrequadras, cujos raios variam de 250 m (SCS) a 5.000 m, sendo plenamente compatíveis com as velocidades requeridas para o VLT.

O Eixo de Locação foi então determinante dos alinhamentos dos dois eixos de vias laterais do canteiro central (Eixos 2 e 3) correspondentes respectivamente às Vias 1 e 2 do VLT, conforme seção transversal a seguir apresentada.

As estações, por sua vez, se situam exatamente nas deflexões de entrequadras 300 na Asa Sul, nos setores centrais (SRTVS, SCS, SRTVN e SCN) e ainda nas deflexões das entrequadras dos CLN na Asa Norte. Em função disso foram retificadas as curvas nesses pontos de interseção, sendo sempre compostas de duas curvas anteriores e posteriores às estações.

Na Linha 1, ao todo, são propostas 24 estações, cujos pontos quilométricos e distancias entre elas são assinaladas na Tabela 2.2, em sequência apresentada.

Figura 2.19 – Seção Transversal Típica na Via W3

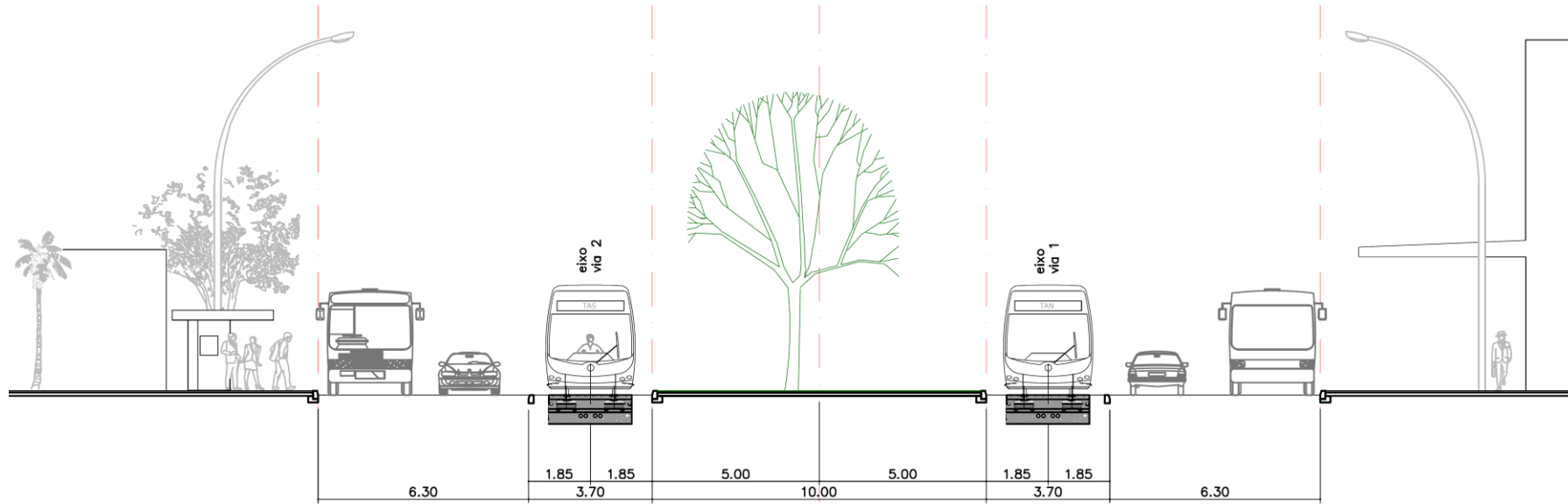


Tabela 2.2 – Localização das Estações

ESTAÇÃO / TRECHO	PTO Km	DISTÂNCIA
	(m)	ENTRE ESTAÇÕES (m)
INTERVALO - HIP	-	-
1 HIP	20	-
HIP - TAS		930,00
2 TAS	950	-
TAS - 516S		1.080,00
3 516S	2.030	-
516S - 514S		820,00
4 514S	2.850	-
514S - 512S		720,00
5 512S	3.570	-
512S - 510S		720,00
6 510S	4.290	-
510S - 508S		720,00
7 508S	5.010	-
508S - 506S		640,00
8 506S	5.650	-
506S - 504S		640,00
9 504S	6.290	-
504S - SARAH		740,00
10 SARAH	7.030	-
SARAH - SCS		250,00
11 SCS	7.280	-
SCS - EMO		590,00
12 EMO	7.870	-
EMO - SCN		490,00
13 SCN	8.360	-
SCN - SRTVN		320,00
14 SRTVN	8.680	-
SRTVN - 502N		320,00
15 502N	9.000	-
502N - 504N		660,00
16 504N	9.660	-
504N - 506N		650,00
17 506N	10.310	-
506N - 508N		690,00
18 508N	11.000	-
508N - 510N		720,00
19 510N	11.720	-
510N - 512N		720,00
20 512N	12.440	-
512N - 514N		720,00
21 514N	13.160	-
514N - SHLN		970,00
22 SHLN	14.130	-
SHLN - STN		740,00
23 STN	14.870	-
STN - TAN		1.100,00
24 TAN	15.970	-

O principal critério de localização das estações é a facilidade de transferência entre os modais, assim como a sua disposição nos locais de maior produção e atração de viagens, como no caso dos setores centrais.

Desse modo, na Asa Sul, as estações da Via W3 estão localizadas nas entrequadras das SQS 300, onde há mais facilidade de integração com os pontos de ônibus. Nesses locais a travessia entre as estações do VLT e os abrigos de ônibus se dá em uma só faixa de pedestres semaforizada.

Já na Asa Norte os locais mais apropriados se situam nas aproximações das entrequadras 700 e CLN 300, onde há mais atração e produção de viagens em função dos empregos das atividades de comércio e serviços nos blocos mistos das 700 e nos CLN 300.

Nos Setores Centrais a densidade de estações é duplicada, tendo como consequência uma distância média entre elas de 250 metros. Esse critério está coerente com a capacidade de produção de viagens nesses setores comerciais.

No cruzamento entre o Eixo Monumental e a Via W3 é proposta a Estação EMO, cujo principal papel é de promover a transferência rápida entre linhas de ônibus urbanos que hoje ingressam na Via W3, tendo sido seccionadas, nesse estudo, para alimentar o sistema VLT. Nesse ponto deverão ocorrer cerca de 4.000 transferências entre os dois modais, no pico da manhã.

No extremo norte do traçado são ainda previstas três estações: No SHLN, visando atender à crescente demanda de viagens, no STN, somente com o intuito de manter a equidistância entre estações, e no TAN, onde se prevê a transferência de cerca de 3.000 passageiros de linhas de ligação com o quadrante norte do DF.

Trecho: Hípica / W3

O primeiro trecho que merece destaque ocorre entre os Setores Hípico e Policial Sul (SPO). Nesse segmento o traçado do VLT busca explorar o potencial de alocação de empregos no SPO. Trata-se do setor melhor servido de transporte coletivo, com a efetividade do metrô e a previsão de ser servido pelos eixos de BRT Sul e Oeste, além do VLT.

De outra parte, é onde se assinala a menor densidade de empregos em Brasília, devido ao critério de parcelamento do solo com lotes de 500 x 500 m (2,5 ha).

Figura 2.20 – Trecho: Hípica / W3



O ponto inicial da Linha 1 se situa junto ao CM, na estação Hípica. Essa estação tem como finalidade atender à demanda futura no CM e à dinamização do Setor Hípico que pode ocorrer após a operação do VLT. A seção transversal nesse trecho é de uma via dupla com entrevia de 3,50 m.

Nesse segmento do Setor Hípico são projetados dois acessos ferroviários ao CM, que, parcialmente construído, conta com linhas de estacionamento para cerca de 40 composições além de oficinas de material rodante, eletromecânicas e estrutura administrativa / operacional.

O cruzamento com a linha do metrô e via de acesso ao TAS ocorre em um só viaduto ferroviário com 90 m de extensão, com rampas de ingresso de 2,8 % e egresso de 6,4 %.

O alinhamento subsequente da Linha 1 se situa entre o sistema viário projetado para o SPO e a via existente de acesso ao TAS, onde está localizada a segunda estação do sistema VLT. A localização da estação VLT-TAS requer urbanização e até ocupação de uso produtivo no seu “entorno”, visando garantir o transbordo de cerca de 7 mil passageiros no pico da manhã, a partir do metrô e rede de ônibus. É a estação mais carregada do sistema.

A partir da estação TAS o traçado geométrico da Linha 1 se inscreve no canteiro central da via projetada de acesso ao STS. Nesse trecho foram propostas alterações ao projeto viário já desenvolvido a fim de manter o mesmo canteiro central já construído no trevo da Via W3 com a ESPM até a interseção semaforizada proposta no acesso ao TAS.

Nesse segmento entre a Hípica e a Via W3, com 1.900 m, as velocidades operacionais serão compatíveis com os raios de inscrição de 100 m, situando-se em torno de 30 km/h.

Trecho Típico da Asa Sul – CRS 506 – CRS 508

Um trecho típico na Asa Sul é composto de duas estações localizadas nas entrequadras 300, com eixos das vias 1 e 2 retificados e curvas circulares no início e fim dos blocos CRS 500 e deflexões com curvas circulares nas entrequadras dos acessos aos CLS 300.

Essa disposição permite que a transferência de passageiros entre os modais seja facilitada e a circulação de pedestres até as quadras 700 / 900 ocorra pelas praças das entrequadras 700.

As rampas médias na Asa Sul se situam no patamar de 3%, entre as CRS 512 e 508, com declividades da ordem de 0,5 % no trecho entre a CRS 504 até o SHS. Nesse último trecho as rampas resultantes nas vias estão no limite necessário para o escoamento de águas pluviais.

Figura 2.21 – Trecho: CRS 508 – CRS 506

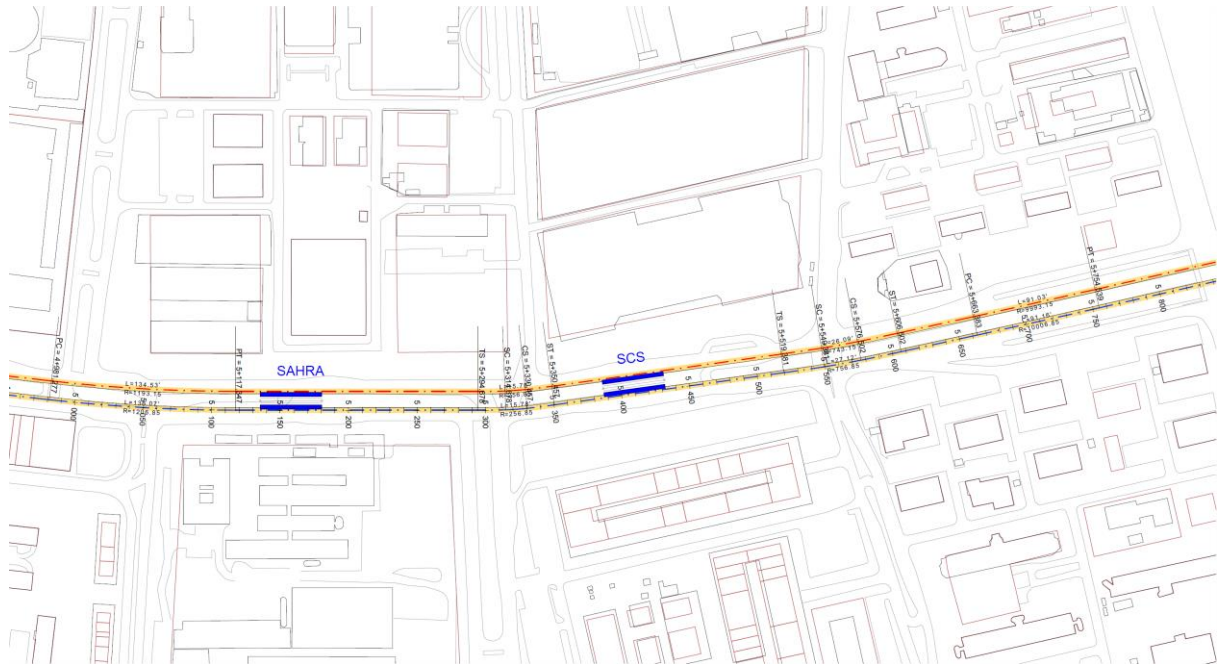


Trecho: SRTVS – SCS – SHS

No último segmento da Asa Sul são propostas duas estações: Sahra e SCS, ambas adjacentes aos pontos de ônibus e faixas de pedestres existentes.

Os alinhamentos das vias 1 e 2 do VLT incorporam a mesma construção geométrica das pistas rodoviárias, com deflexões nas interseções semaforizadas das vias S3 e S2 e CRS 502.

Figura 2.22 – Trecho: SRTVS – SCS – SHS



No SHS as vias acompanham as rampas de ingresso no trevo do Eixo Monumental, com rampas de 7%, sendo a declividade máxima admitida.

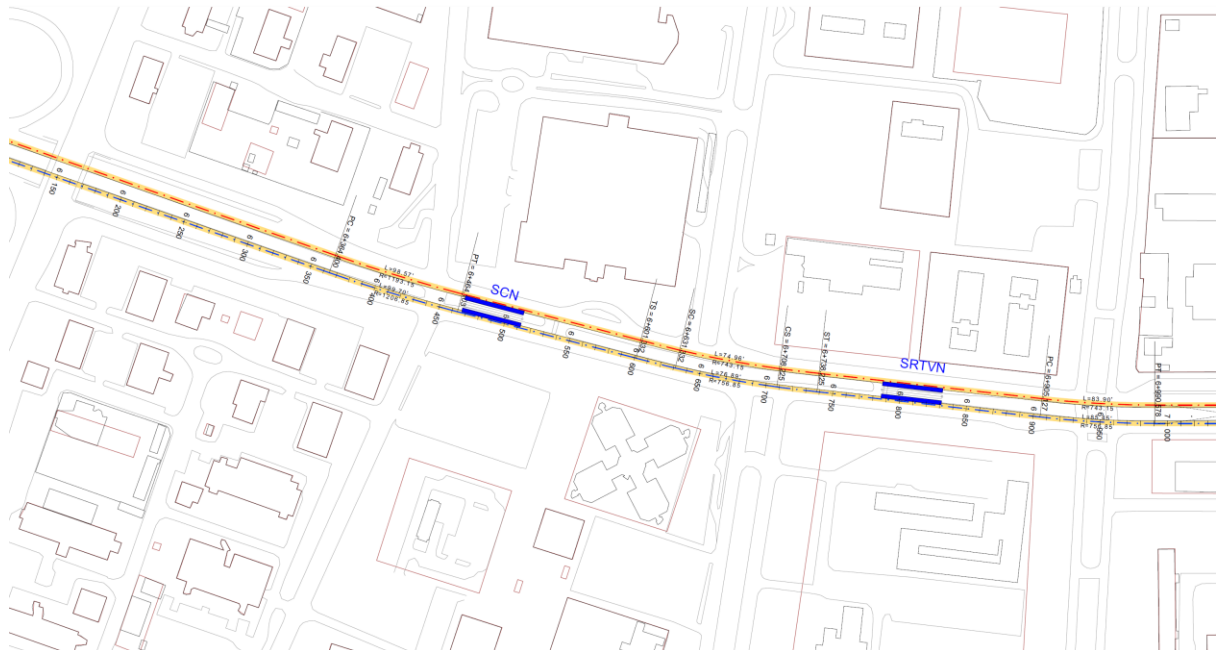
Trecho: SHN – SCN – SRTVN

Como na Asa Sul nos setores centrais norte são dispostas duas estações com cerca de 300 de distância entre elas, sendo localizadas junto às travessias de pedestres dos pontos de ônibus existentes.

Diferente da Asa Sul, nos setores centrais da Asa Norte a rampa da trincheira da Via W3 no SHN está no patamar de 3%, enquanto que as declividades entre as estações SCN e SRTVN variam entre 1% e 2%.

Nesse trecho é prevista a manobra para atender a operação com frequência de 20 trens/h no trecho TAS – SRTVN e de 10 trens/h no restante da Asa Norte até o TAN.

Figura 2.23 – Trecho: SHN – SCN – SRTVN



Trecho Típico da Asa Norte – CRN 506 – CRN 508

As estações da Asa Norte, de forma diversa da Asa Sul, estão dispostas adjacentes às entrequadras mistas 700 e CLN 300, sempre posicionadas próximas às travessias de pedestres das CRN 500.

A localização ideal das estações seria nas entrequadras dos CLN 300, em frente aos pontos de ônibus, porém a extensão do canteiro central da Via W3 não é suficiente para conter as plataformas e rampas de acesso às estações. Além disso, é nesses pontos que ocorrem as deflexões em curva na Via W3 Norte.

As rampas resultante na Asa Norte são da ordem de 3%, com destaque para o segmento entre a CRN 506 e CRN 510 com extensão de 1500 m nessa declividade.

Figura 2.24 – Trecho: CRN 506 – CRN 508



Trecho Final da Asa Norte – SHLN

No segmento final da Asa Norte optou-se por deslocar a estação da SRN 516 para o SHLN, adjacente ao ponto de ônibus existente. Essa disposição deverá atender com mais eficiência à demanda do setor hospitalar e ainda servir ao CLN 316, cuja distância à estação é de apenas 150 m.

Dessa forma a distância entre as estações 514N e SHLN é de 970 m, enquanto que as demais estações da Asa Norte têm equidistância média de 700 m.

Nesse segmento final a Via W3 Norte tem rampa em declive de 3,5%, numa extensão de 1.400 m.

A partir desse ponto os alinhamentos das vias 1 e 2 do VLT defletem no sentido da Via do STN, na interseção em rótula, com inscrição em curva de 70 m de raio e velocidade diretriz de 25 km/h. A interseção, embora em rótula, já opera com semaforização, cuja programação passa a se adequar à operação do VLT.

No local da Estação SHLN deverá ser eliminado a alça de retorno, como todos os demais retornos da Via W3 Norte.

Figura 2.25 – Trecho Final da Asa Norte – SHLN



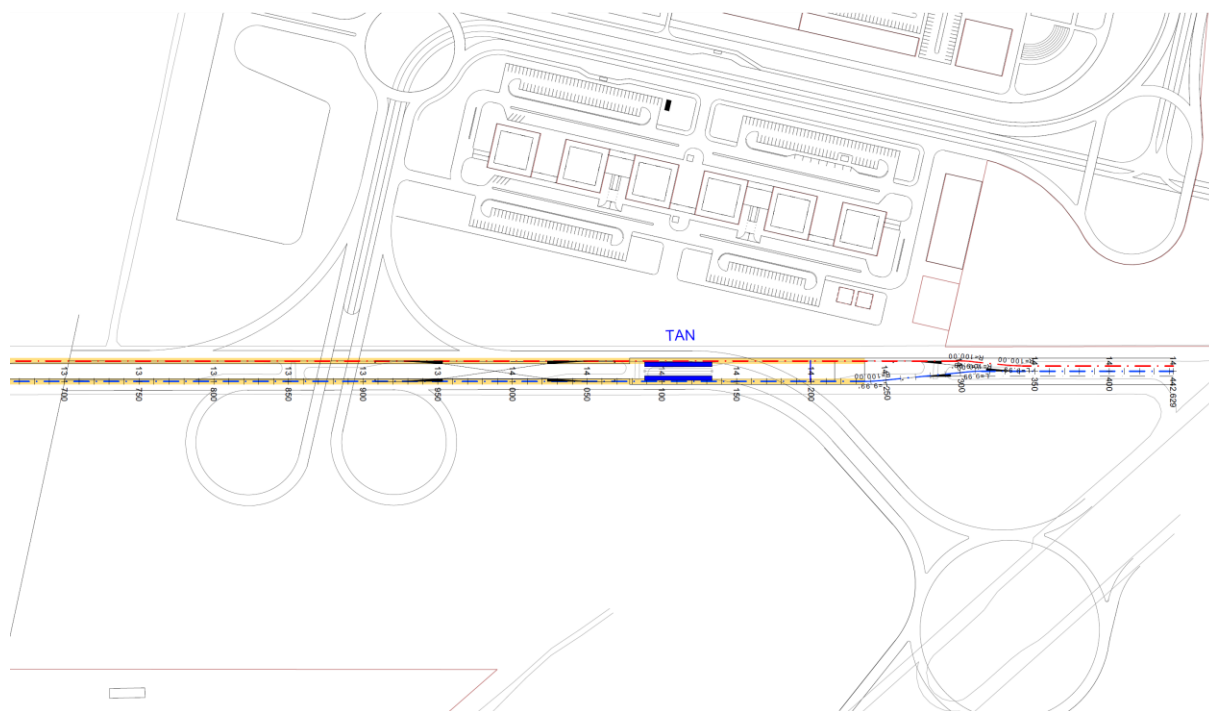
Trecho: STN - TAN

A última estação do sistema deverá atender à demanda do Setor Noroeste e, sobretudo, as transferências entre modais que deverão ocorrer no Terminal Asa Norte – TAN, estimadas em cerca de 3.000 passageiros na hora pico da manhã.

O traçado considera o alinhamento atual das vias do STN, admitindo que as interseções projetadas na Via do STN e EPIA deverão ser objeto de revisão e detalhamento posterior para atender à demanda do SHNW e do TAN. A recomendação do presente estudo é de que sejam planejadas interseções semaforizadas na EPIA e STN, tendo em vista que a densidade de tráfego na Via STN é muito menor que na própria Via W3.

Nessa estação está previsto um pátio de estacionamento e manobras para seis composições, nivelado e em patamar inferior ao da estação, com cortes e aterros na via da ordem de 1,0 m de altura, a serem guarnecidos com contenções laterais.

Figura 2.26 – Trecho: STN – TAN



2.3.3.1 Linha 2 – Aeroporto / Hípica

A Linha 2 do VLT tem como finalidade atender à demanda do Aeroporto JK, com traçado adjacente à Estrada Parque Aeroporto – EPAR, com estações no Terminal de Passageiros - TPS, na EPAR, na Estrada Parque Guará – EPGU até a estação Hípica quando se integra à Linha 1 – TAS – TAN, via W3.

A via permanente do VLT em todo o segmento Aeroporto – Hípica é composta de uma via dupla, com entrevia de 3,50, conforme seção transversal apresentada na figura 2.27, em sequência apresentada.

Trecho: AEROPORTO - EPAR

O traçado geométrico da Linha 2 do VLT, a partir do seu ponto inicial no estacionamento adjacente ao TPS, tem como alinhamento o eixo do canteiro central da EPAR. Esse alinhamento foi adotado devido a consideração do projeto do viaduto de retorno na EPAR, concebido pelo DER/DF, cujos pilares se posicionam nos canteiros laterais da rodovia.

Salienta-se que a opção de traçado mais adequada do ponto de vista urbanístico seria no canteiro lateral, cuja dimensão com 16 m de largura, comporta com folga a via permanente e a estação do VLT, evitando-se a impedância de interseções semaforizadas na rodovia.

A primeira estação (Aeroporto) foi posicionada transversalmente ao TPS, com esquema operacional de manobra anterior à estação. Nesse mesmo alinhamento da estação estão os canteiros centrais dos bolsões de estacionamento, que deverão ser ampliados a fim de atender à circulação de pedestres e à via permanente.

A circulação de tráfego nos bolsões de estacionamento deverá operar com interseções semaforizadas, sincronizadas com o sistema de sinalização do VLT, que deverá operar em baixa velocidade na aproximação da estação.

Figura 2.27 – Seção Transversal Típica na Estrada Parque Aeroporto - EPAR

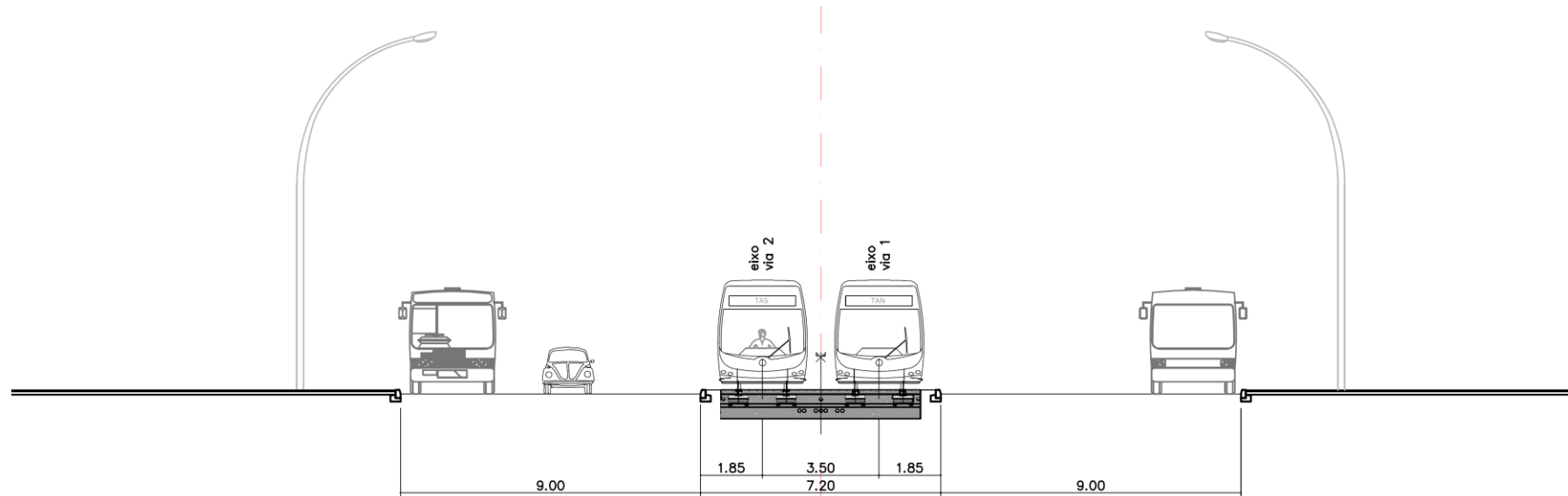
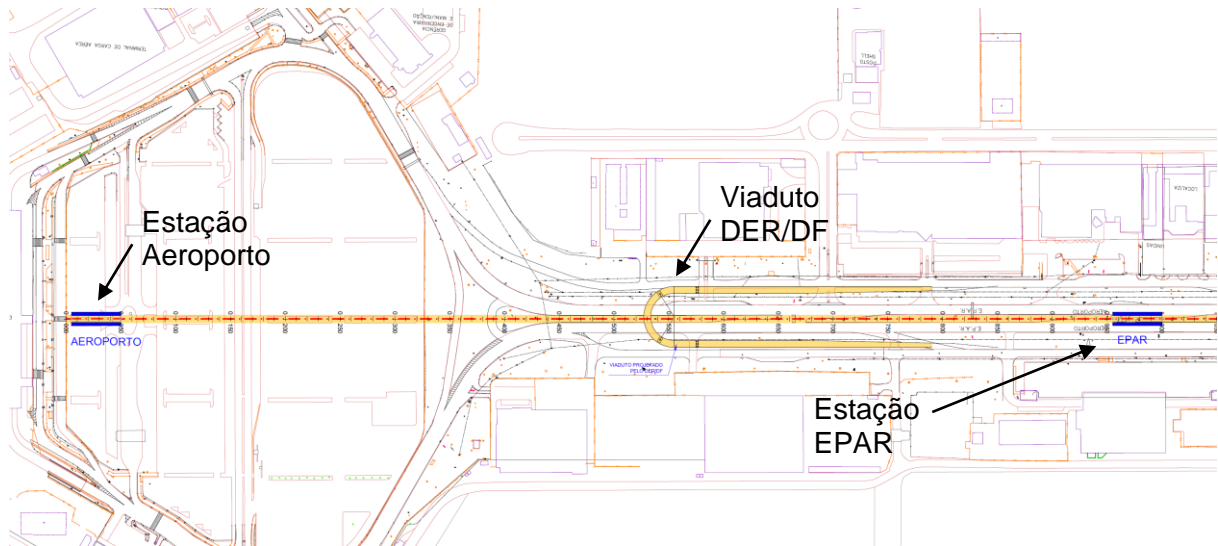


Figura 2.28 – Trecho: AEROPORTO – EPAR

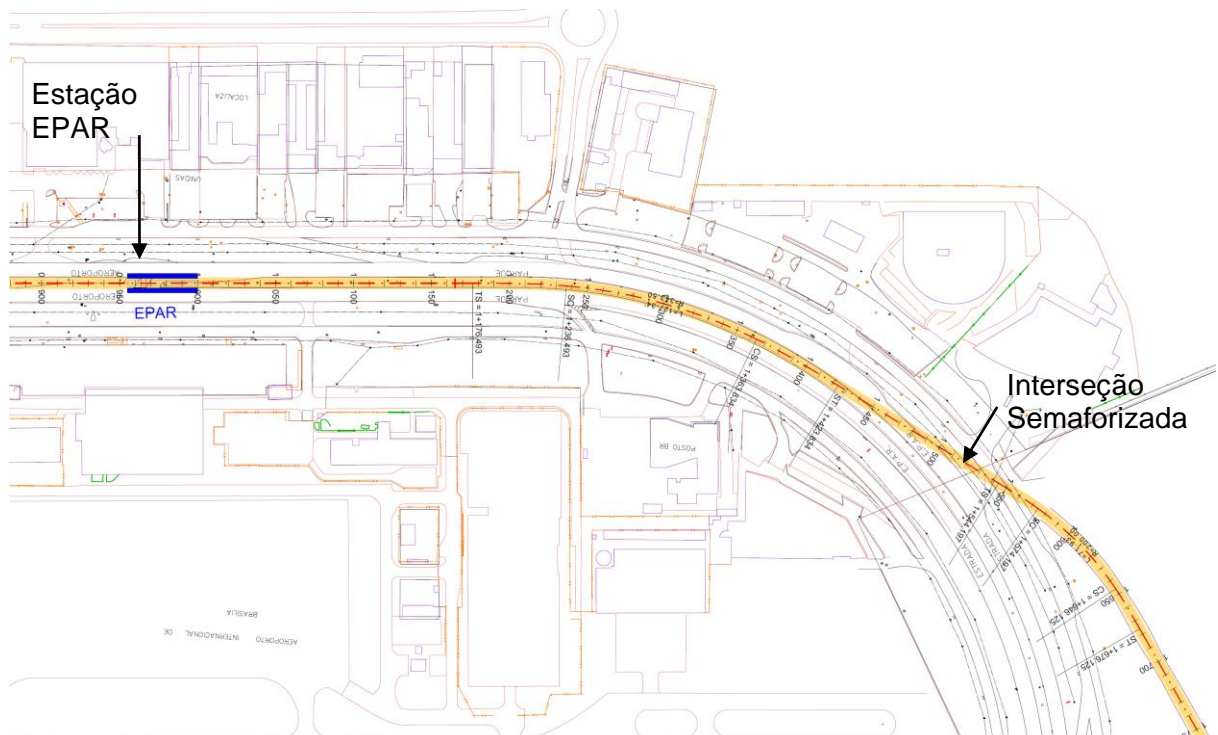


A partir do bolsão de estacionamento do TPS o traçado se inscreve no canteiro central da EPAR, cuja geometria deverá sofrer realinhamentos, devendo ser também eliminados todos os retornos até os limites do setor de comércio e serviços do aeroporto.

No ponto mediano do setor de comércio e serviços do aeroporto está proposta a segunda estação dessa linha 2, em frente ao antigo Terminal 2.

No limite da unidade imobiliária do aeroporto (Lote AEB) o traçado deflete no sentido do Setor de Mansões Park Way, sendo prevista a travessia das via expressa e marginal da EPAR por meio de interseção semaforizada.

Figura 2.29 – Trecho: EPAR – PARK WAY



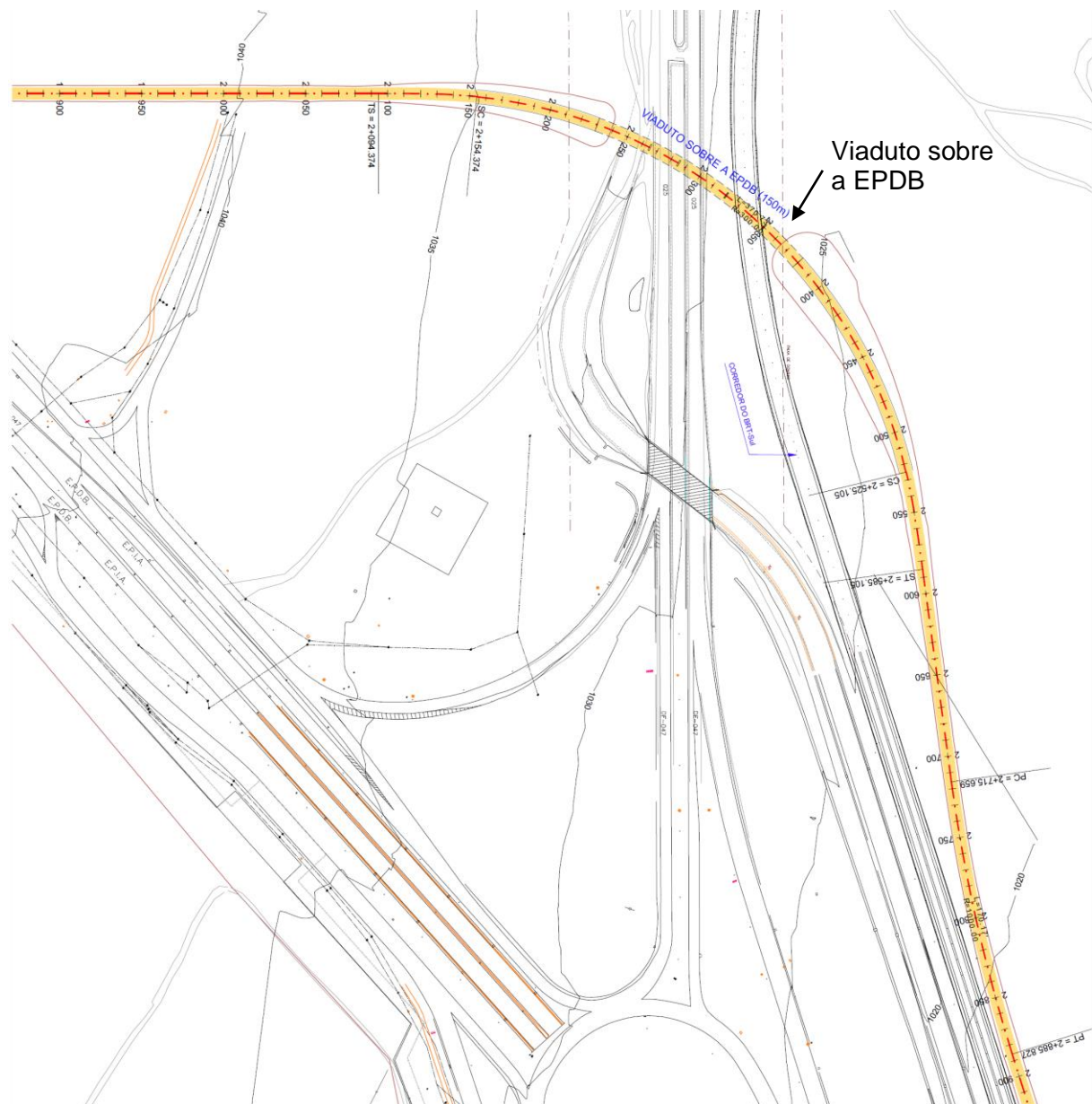
Trecho: EPAR - EPDB

O cruzamento com a EPDB ocorre em uma só obra em viaduto, com 150 m de vão total, sobre a alça de ingresso na trincheira da EPDB, sobre a própria EPDB e ainda o corredor do BRT-Sul. A OAE é projetada em curva, com raio de inscrição de 300 m, compatível com a velocidade máxima de 70 km/h.

Trata-se de um ponto sensível do ponto de vista urbanístico, por isso foi proposta uma só obra em elevado, em estrutura metálica, a fim de minimizar as interferências com a paisagem.

Em sequência o traçado busca o mesmo alinhamento do corredor do BRT-Sul, com declive em rampa máxima admitida de 7%.

Figura 2.30 – Trecho: EPAR - EPDB

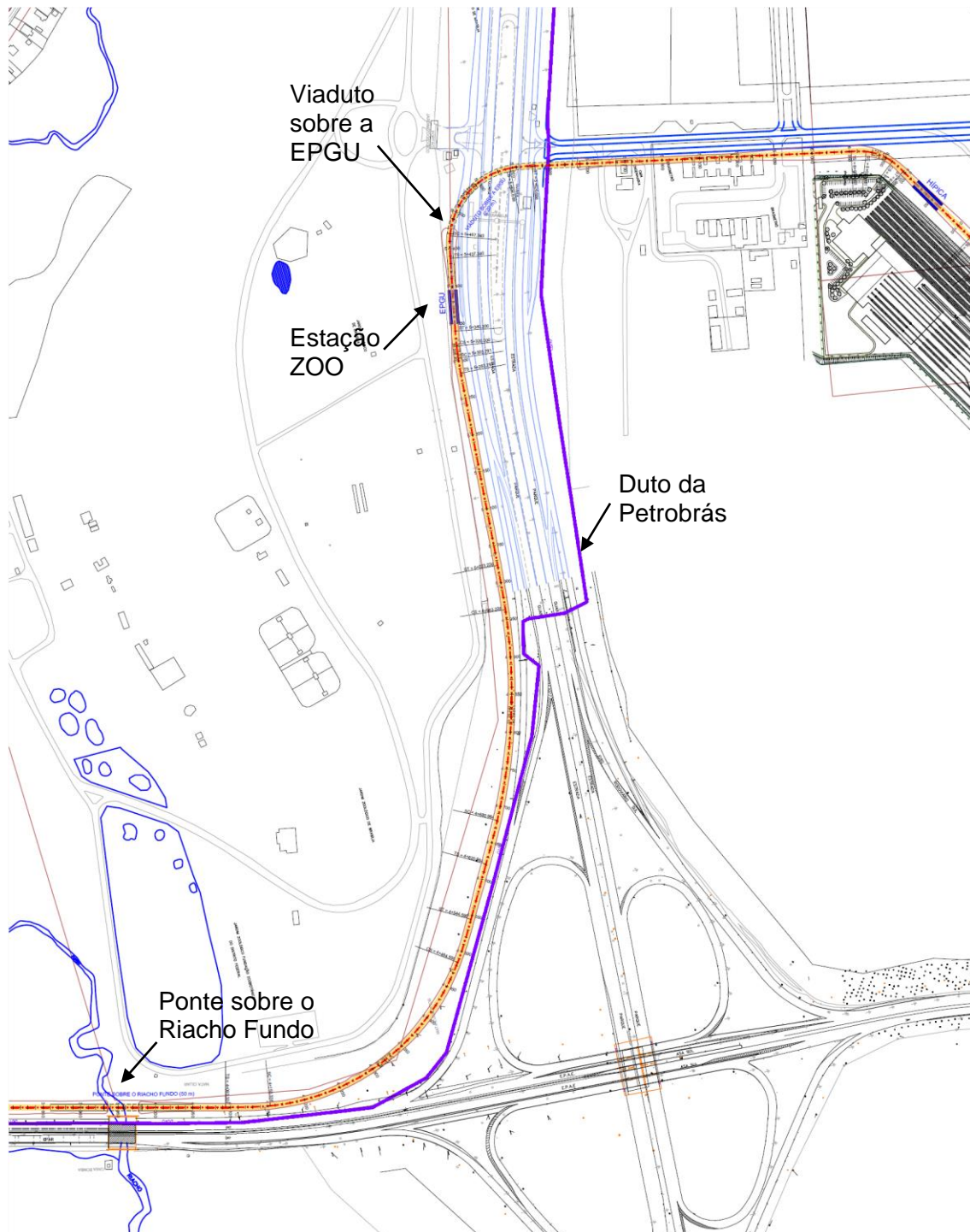


Trecho: EPAR - EPGU

Na EPAR o traçado do VLT transcorre paralelo a uma distância de 15 m do bordo da futura ampliação da rodovia, mantendo-se no mesmo greide de implantação em aterro da via marginal.

No mesmo alinhamento é projetada a Ponte sobre o Riacho Fundo, também em estrutura metálica com vão de 50 m.

Figura 2.30 – Trecho: EPAR - EPGU



Na EPGU o alinhamento do eixo se posiciona entre as pistas do ramo de ingresso do trevo da EPGU/EPAR e os limites do lote do Jardim Zoológico, evitando-se ainda a interferência com o Duto da Petrobrás, cujo projeto foi obtido com essa finalidade.

A terceira estação dessa Linha 2 está proposta junto ao acesso ao Zoológico de Brasília, e ainda ao lado das paradas de ônibus da EPGU. Essa disposição favorece a transferência de passageiros entre os modais, nos dois sentidos de circulação da EPGU.

Como na EPDB, o cruzamento da EPGU se dá em viaduto metálico leve sobre as vias marginais e expressas da rodovia, sendo o vão total de 220 m, cruzando o “queroduto”, com encontro na via de acesso ao Setor Hípico. Essa OAE está projetada em rampa, com raio de inscrição de 100 m, devendo requerer restrição de velocidade do VLT da ordem de 30 km/h.

O último segmento do traçado corresponde a inscrição no Setor Hípico, adjacente a 8 m do seu bordo de duplicação. O trecho é em aclave com rampas ascendentes da ordem de 4 % e 7% na concordância com a cota da estação hípica.

2.4 PROJETO PLANIALTIMÉTRICO

O Projeto Planialtimétrico é apresentado, segundo os 4 eixos do Projeto Geométrico, em pranchas sequenciais de planta e perfis longitudinais, a seguir definidas:

- Eixo 1: Pranchas 01/02 a 02/02
 - Entrevia: 3,50 m
 - Largura Total: 7,20 m
 - Extensão: 1.900 m
 - Ponto Inicial: Estação Hípica
 - Ponto Final: Via W3 - CRS 516 – Concordância com os Eixos 2 e 3
- Eixo 2: Pranchas 01/10 a 10/10
 - Entrevia: 13,70 m (correspondente ao Canteiro Central de 10 m + 2 x 1,85 m de recuos laterais).
 - Largura Total: Via Singela com faixa de 3,70 m
 - Extensão: 14.442,629 m
 - Ponto Inicial: Via W3 - CRS 516
 - Ponto Final: Estação TAN – Ponto Final do Pátio Asa Norte
- Eixo 3: Pranchas 01/10 a 10/10
 - Entrevia: 13,70 m (correspondente ao Canteiro Central de 10 m + 2 x 1,85 m de recuos laterais).
 - Largura Total: Via Singela com faixa de 3,70 m
 - Extensão: 14. 403,979 m
 - Ponto Inicial: Via W3 - CRS 516
 - Ponto Final: Estação TAN – Ponto Final do Pátio Asa Norte
- Eixo 4: Pranchas 01/04a 04/04
 - Entrevia: 3,50 m
 - Largura Total: 7,20 m

- Extensão: 6.132,980 m
- Ponto Inicial: Estação Aeroporto
- Ponto Final: Estação Hípica – Concordância com o Eixo 1

2.4.1 Dados Técnicos do Traçado

- Eixo 1 - Linha 1 (Vias 1 e 2):
 - Raio Mínimo: 100 m
 - Raio Máximo: 200 m
 - Velocidades: Entre 30 e 40 km/h
 - Rampa Máxima: 6,41%
 - Extensão em Rampa Máxima: 40 m
 - Rampa Máxima nas Estações: 0,00%
- Eixo 2 - Linha 1 (Via 1):
 - Raio Mínimo: 76,85 m
 - Raio Máximo: 10.006,85 m
 - Velocidades: Entre 26 e 60 km/h
 - Rampa Máxima: 6,90%
 - Extensão em Rampa Máxima: 40 m
 - Rampa Máxima nas Estações: 3,42%
- Eixo 3 - Linha 1 (Via 2):
 - Raio Mínimo: 63,15 m
 - Raio Máximo: 9.993,15 m
 - Velocidades: Entre 26 e 60 km/h
 - Rampa Máxima: 7,00%
 - Extensão em Rampa Máxima: 30 m
 - Rampa Máxima nas Estações: 3,43%
- Eixo 4 - Linha 2 (Vias 1 e 2):
 - Raio Mínimo: 70 m
 - Raio Máximo: 1.000 m
 - Velocidades: Entre 26 e 70 km/h
 - Rampa Máxima: 7,00 %
 - Extensão em Rampa Máxima: 70 m
 - Rampa Máxima nas Estações: 0,58%

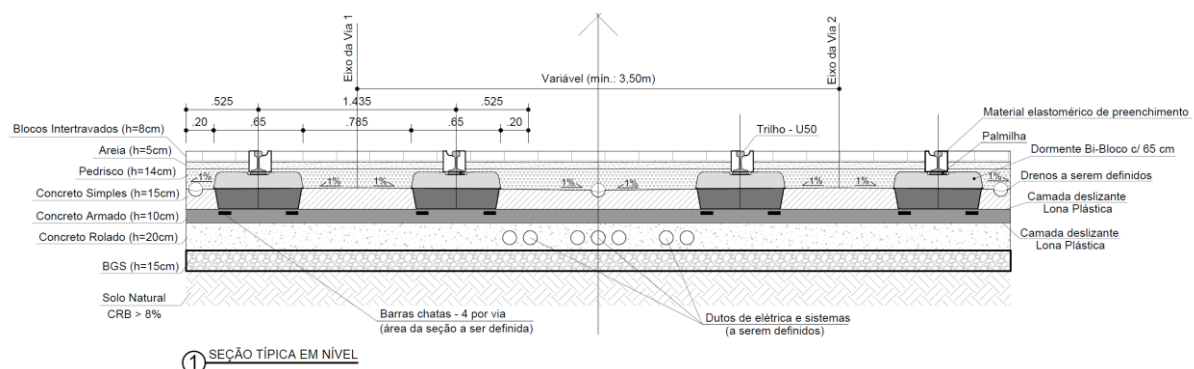
2.5 PROJETO DE TERRAPLENAGEM

O Projeto de Terraplenagem tem como objetivo apresentar os volumes de movimentos de terra de corte e aterros nos eixos projetado, de acordo com as seções transversais definidas no Projeto de Via Superestrutura e Infraestrutura Ferroviária relativas a cada eixo projetado, consistindo em:

- Eixo 1 – Trecho Hípica – W3
 - Via Dupla, com entrevia de 3,50 m
 - Superestrutura: Sistema LVT (Low Vibration Track) com dormentes bi-blocos de concreto assentados em concreto simples de regularização, com palmilhas e galochas.
 - Infraestrutura: Concreto Armado sobre Concreto Rolado sobre Base de Brita Graduada Simples (BGS).

A solução de Via Permanente rígida foi adotada nesse trecho por se tratar de um sítio urbano (STS) que será objeto de intervenções de urbanização intensiva, ou seja, a via deverá se conjugar com as pavimentações adjacentes de pistas rodoviárias, calçadas e ciclovias.

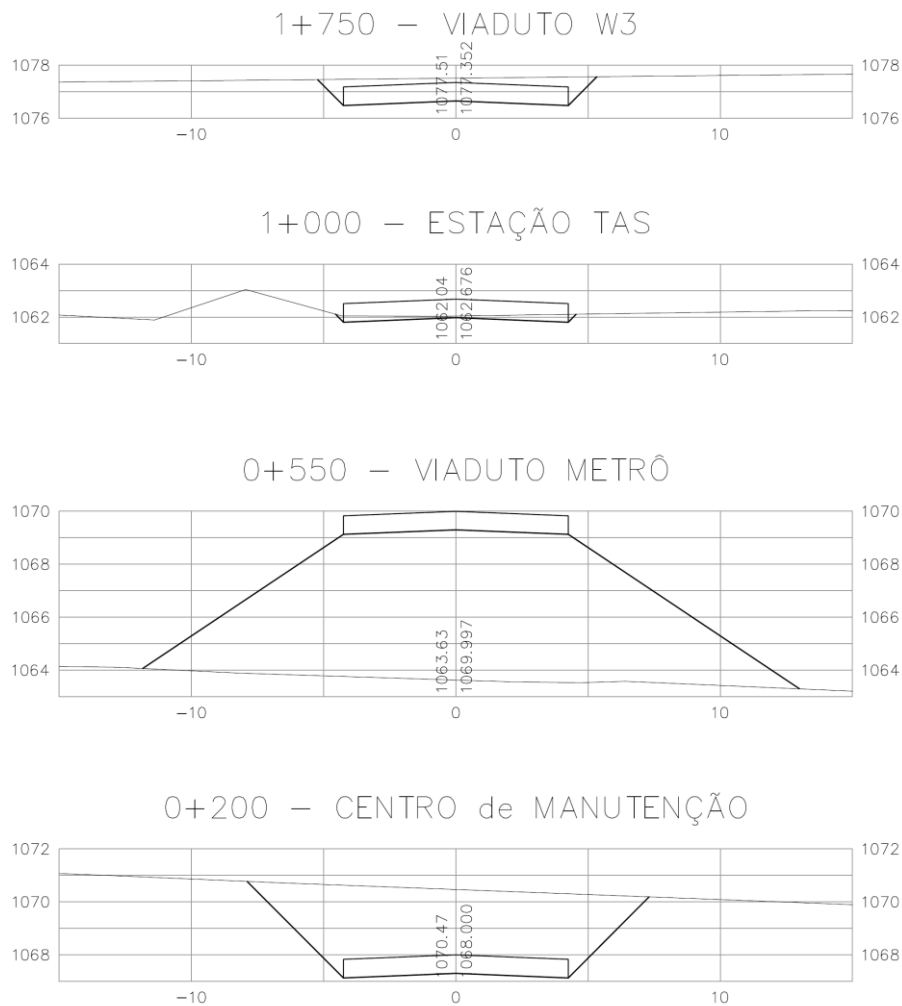
Figura 2.31 – Via Permanente Eixo 1 – STS – SHIP



O perfil de terraplenagem adotado nesse trecho Hípica – W3 adotou três premissas:

- Perfil rente ao terreno natural e às vias urbanas construídas e projetadas no trecho entre a Via W3 e o Acesso ao TAS, no STS;
- Perfil com diretriz de aterro no STS, a fim de garantir a eficiência da drenagem transversal à via permanente; e
- Perfil em corte no trecho adjacente ao Centro de Manutenção – CM, visando reduzir as rampas de ingresso nos pátios de estacionamento.

Figura 2.32 – Terraplenagem do Eixo 1 – Seções Transversais – Exemplo



- Eixos 2 e 3 – Trecho W3 – CRTS 516 – TAN
 - Vias Singelas nas laterais do canteiro central da Via W3, com faixa de 3,70 m.
 - Superestrutura: Sistema LVT (Low Vibration Track) com dormentes bi-blocos de concreto assentados em concreto simples de regularização, com palmilhas e galochas.
 - Infraestrutura: Concreto Armado sobre Concreto Rolado sobre Base de Brita Graduada Simples (BGS).

Em ambas as vias 1 e 2, laterais ao canteiro central da Via W3 a diretriz de projeto é de lançamento do perfil com topo do boleto do trilho rente ao pavimento atual da via urbana, com ajustes somente para correção de deformações.

Figura 2.33 – Via Permanente Eixos 2 e 3 – W3 – CRTS 516 – TAN

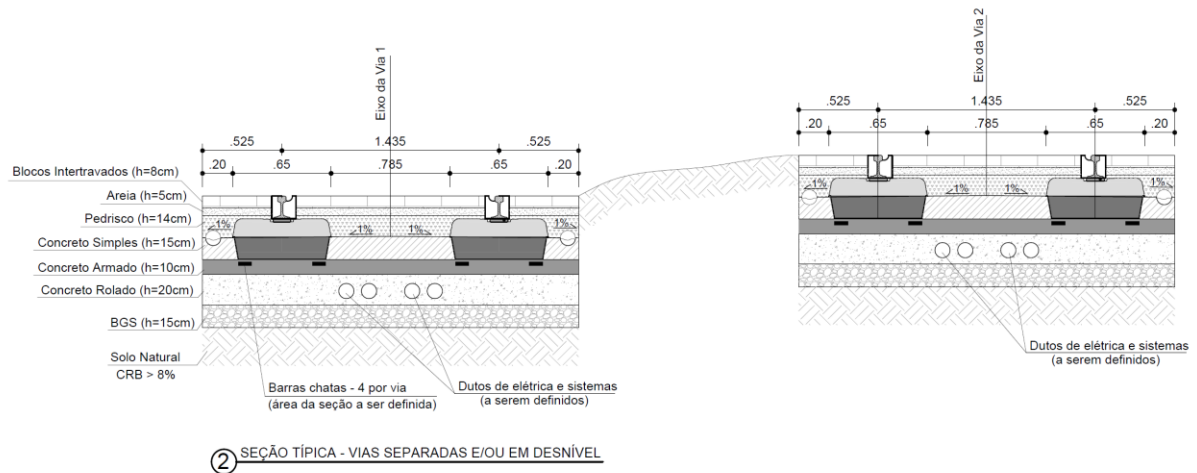
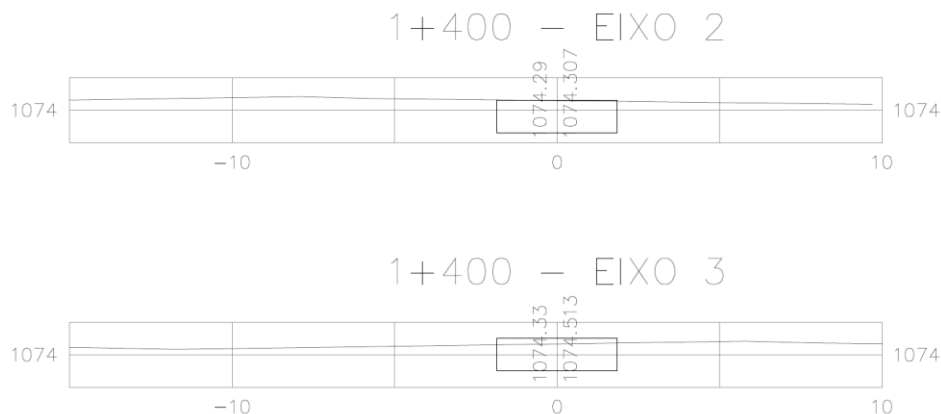


Figura 2.34 – Terraplenagem dos Eixos 2 e 3 – Seções Transversais – Exemplo



- Eixo 4 – Trecho W3 – CRTS 516 – TAN
 - Via Dupla, com entrevia de 3,50 m
 - Superestrutura:
 - Trechos: Estação Aeroporto – EPAR – Estaca 0+0,00 a 1+600 e Estação ZOO – Hípica – Estaca 5+300 a 6+133
Sistema LVT (Low Vibration Track) com dormentes bi-blocos de concreto assentados em concreto simples de regularização, com palmilhas e galochas.
 - Trecho: Estaca 1+600 até 5+300
Via sobre Lastro com dormentes de concreto protendido.
 - Infraestrutura:
 - Trecho: Estação Aeroporto – EPAR – Estaca 0+0,00 a 1+600 e Estação ZOO – Hípica – Estaca 5+300 a 6+133
Concreto Armado sobre Concreto Rolado sobre Base de Brita Graduada Simples (BGS).

- Trecho: Estaca 1+600 até 5 + 300

Sublastro sobre solo natural com CBR > 8%

Adota-se dois tipos de via permanente na Linha 2 - Hípica – Aeroporto:

- Via no Sistema LVT nos trechos mais urbanizados do Setor Hípico e EPAR no Sítio Aeroportuário, onde há maior atrito com as áreas urbanizadas; e
- Via com dormentes de concreto e lastro de brita, nos segmentos menos urbanizados do Setor Park Way e na travessia da APA do Riacho Fundo. Nesse trecho a via com lastro reduz a impermeabilização do solo, tornando a drenagem mais natural.

Figura 2.35 – Via Permanente Eixo 4 – Trechos: Estação Aeroporto – EPAR – Estaca 0+0,00 a 1+600 e Estação ZOO – Hípica – Estaca 5+300 a 6+133

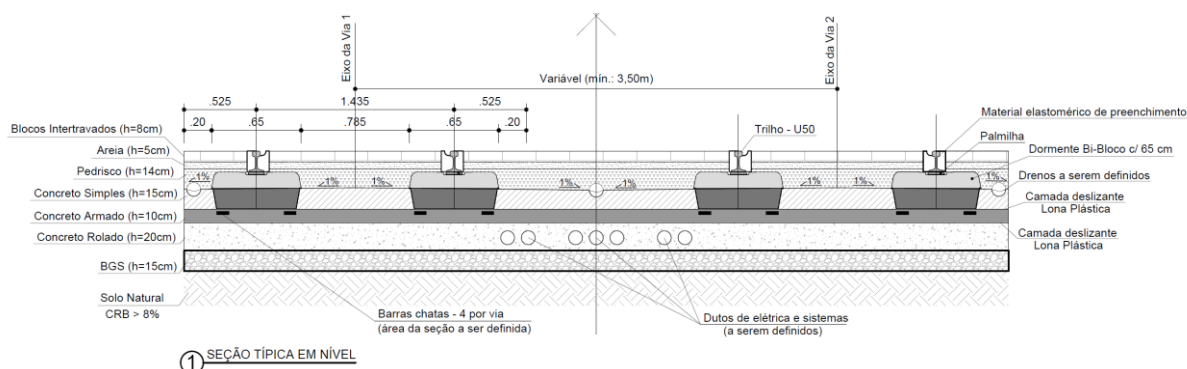
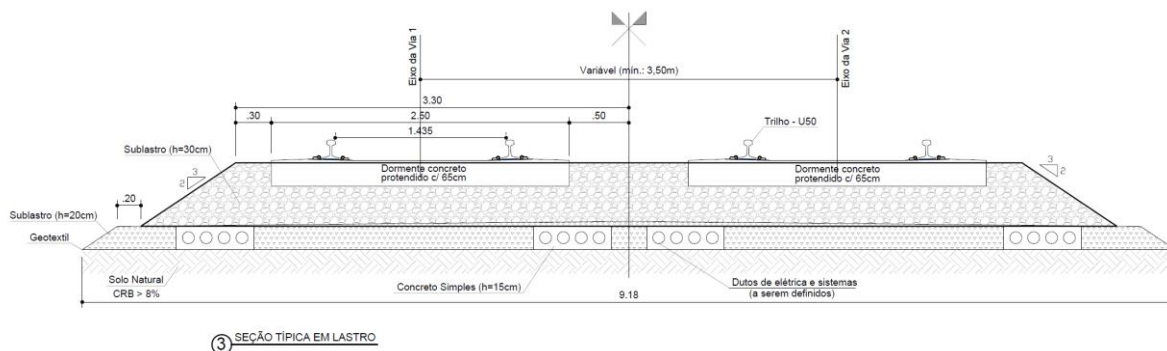


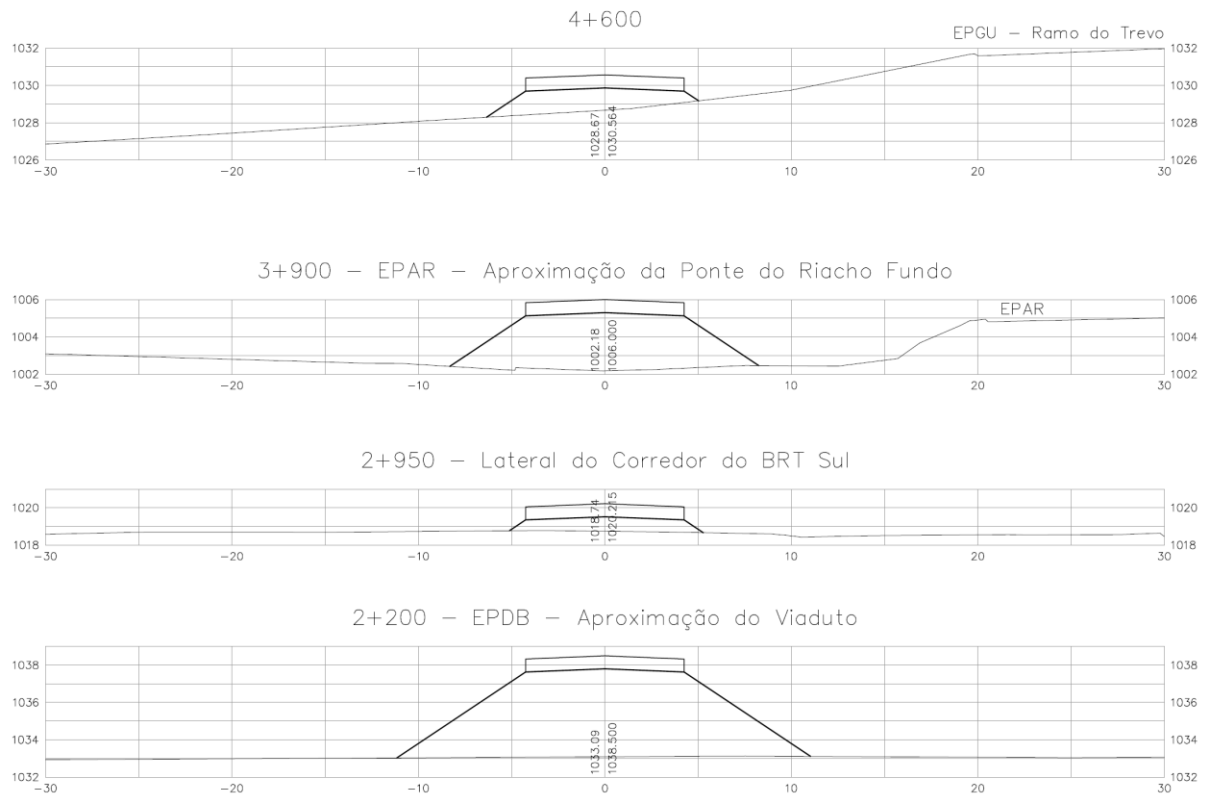
Figura 2.36 – Via Permanente Eixo 4 – Trecho: Estaca 1+600 até 5+300



No Eixo 4 a diretriz de traçado mantém greide rente às áreas urbanizadas da estaca 0+000 até a fronteira do Sítio Aeroportuário na estaca 1+600.

A partir desse ponto e até a Estação ZOO, na EPGU, o perfil do topo do boleto se posiciona sempre em aterro, a fim de garantir o escoamento natural das águas pluviais em dispositivos de coleta e lançamento local. Busca-se ainda nesse trecho adequar

Figura 2.37 – Terraplanagem do Eixo 4 – Seções Transversais – Exemplo



2.5.1 Volumes de Terraplanagem – Eixos 1 e 4

Foram calculados através de seções transversais os volumes de corte e aterro relativos aos Eixos 1 e 4, onde a via permanente tem implantação em terreno natural.

Os Eixos 2 e 3, correspondentes às faixas a serem escavadas na Via W3 e Via do STN, foram calculados considerando os “greides” rentes ao pavimento, em corte com a profundidade de 90 cm, nas faixas já indicadas nos projetos de superestrutura e infraestrutura ferroviária.

3 PROJETO DE DRENAGEM

O presente capítulo apresenta o Anteprojeto do Sistema de Drenagem Pluvial do Veículo Leve sob Trilhos – VLT nas Linhas 1 - Hípica / W3 e Linha 2 Aeroporto – Hípica, em Brasília/DF.

A elaboração do estudo em questão foi feita de acordo com normativo abaixo descrito:

- Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projetos de Sistema de Drenagem Pluvial – (05/ 2019).

O principal objetivo do projeto é de suprir as deficiências da atual rede de galerias de águas pluviais da Via W3, abrangendo inclusive a região mais abrangente que a área de influência do traçado do VLT.

O conceito utilizado para a drenagem dos trechos foi a drenagem de áreas a montante da W3 Sul e Norte por meio de redes interceptoras que partem das vias W4 e W5 e descem transversalmente a via W3 Sul e Norte além da caixa desta via.

Os lançamentos se deram em redes existentes a partir do diâmetro de 1000 mm, mas priorizados preferencialmente diâmetros superiores a este em galerias existentes.

Especificamente na Via Permanente do VLT-W3 deverão haver captações laterais ao canteiro central da via, nos bordos externos e ainda em dispositivos previstos na superestrutura ferroviária projetada.

A locação genérica das redes obedece ao alinhamento do canteiro central, onde não há dispositivos de drenagem existentes. Interligam-se a essa rede da Via W3 os demais ramais transversais, além dos ramais de bocas de lobo e caixas de coleta na via permanente.

3.1 DIMENSIONAMENTO

3.1.1 Vazões de Projeto

O cálculo das descargas de concepção, para fins de dimensionamento foi feito segundo o “Método Racional”, que estabelece uma relação direta do deflúvio e a precipitação pluviométrica.

Segundo a CETESB(1979) a aplicação do método racional requer a adoção de algumas premissas básicas, são elas:

- O pico do deflúvio superficial direto, relativo a um dado ponto do projeto, é função do tempo de concentração respectivo, assim como da intensidade da chuva, cuja duração, é suposta como sendo igual ao tempo de concentração em questão.
- As condições de permeabilidade das superfícies permanecem constantes durante a ocorrência da chuva.
- O pico do deflúvio direto ocorre quando toda a área de drenagem, a montante do ponto de projeto, passa a contribuir no escoamento.

Após a definição do “layout” da rede de drenagem pretendida, foi traçada a área de contribuição, a fim de proceder ao seu dimensionamento.

O “Método Racional” utilizado tanto para o cálculo das descargas para fins de dimensionamento das bocas de lobo, como das redes coletoras, é representado pela seguinte equação:

$$Q = C \times i \times A$$

Onde:

Q - vazão (l/s);

C - coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

I - intensidade da chuva crítica (l/s/ha);

A - área da bacia que contribui para a seção (ha).

3.1.2 Parâmetros de Projeto

3.1.2.1 Coeficiente de Escoamento Superficial (C)

O coeficiente de escoamento superficial, que expressa a parcela da precipitação que não evaporou, não se infiltrou, não ficou retida nas depressões do terreno, não foi interceptada pelos vegetais e que não evapotranspirou, foi determinada com base nos seguintes valores, recomendados pela NOVACAP:

- 0,90 para as áreas calçadas ou impermeabilizadas;
- 0,70 para as áreas intensamente urbanizadas e sem áreas verdes;
- 0,40 para as áreas residenciais com áreas jardinadas;
- 0,15 para as áreas integralmente gramadas.

O coeficiente de escoamento superficial adotado no presente projeto foi $c=0,90$, para garantir uma maior segurança ao empreendimento.

3.1.2.2 Intensidade de Chuva Crítica (i)

Utilizou-se a curva de intensidade versus duração de chuva, elaborada para a região de Brasília e entorno (inclusive Formosa), pelo Eng.º Francisco J. S. Pereira, que tem a seguinte expressão:

$$i = \frac{21,7 \times F^{0,16}}{(Tc + 11)^{0,815}} \times 166,7$$

Onde:

i - Intensidade de chuva crítica (mm/min.);

F - Tempo de recorrência (anos);

Tc - Tempo de concentração (min);

166,7 - Coeficiente da transformação de mm/min. em l/s/ha.

Para determinação da intensidade crítica, foram calculados os tempos de concentração (frequência) e igualados ao tempo de duração da chuva.

Foi adotado o tempo de recorrência de 10 anos para a determinação da intensidade de chuva crítica deste estudo.

$$F = Tr = 10 \text{ anos}$$

Este tempo de deslocamento varia com a distância e com as características do terreno, tais como depressões e granulometria do solo.

O cálculo do tempo de concentração foi efetuado através da seguinte equação:

$$T_c = t_e + t_p$$

Onde:

T_c - tempo de concentração (min);

t_e - tempo de deslocamento superficial ou tempo de entrada na rede (min);

t_p - tempo de percurso (min).

Nesse sentido foi adotado um tempo de concentração para o PV.1.1 de 15 minutos.

O tempo de percurso (T_p) é o tempo de escoamento das águas no interior da rede, desde sua entrada até a seção considerada. Este tempo é determinado com base na equação:

$$T_p = \frac{L}{v}$$

Onde:

T_p - Tempo de percurso (s);

L - Comprimento do trecho de rede (m);

v - Velocidade das águas no interior da rede (m/s).

3.1.2.3 Dimensionamento Hidráulico

Para dimensionamento da rede, utilizou-se o software C3DRENESG.

O C3DRENESG é um programa de dimensionamento de redes de drenagem e esgoto urbanos que roda dentro do Autodesk Civil 3D®.

Ele utiliza o método racional para o cálculo da vazão e calcula a velocidade real do escoamento, levando em conta apenas a área da seção molhada.

O C3DRENESG avalia a lâmina real escoando iterativamente, da seguinte forma:

Arbitrando a altura da lâmina, procede-se o cálculo da área molhada (Área Molhada) e do perímetro molhado (Perímetro Molhado) em função da geometria da seção transversal.

Calcula-se o raio hidráulico através da fórmula (rh):

$$R = \frac{AM}{PM}$$

Onde:

R – raio hidráulico em (m)

AM – área molhada em (m)

PM – perímetro molhado em (m)

E por fim calcula-se a velocidade do escoamento por meio da fórmula de Manning.

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Onde:

V – Velocidade d’água na Seção (m/s);

R – Raio Hidráulico (m);

I – Declividade do Coletor (m/m);

N – Coeficiente de Rugosidade de Manning.

3.1.3 Apresentação das Planilhas de Cálculo

Todos os cálculos foram feitos através de software para dimensionamento hidráulico, sendo exportados para planilhas de cálculo do programa Microsoft Excel, apresentadas em arquivos digitais, a fim de evitar o desperdício de papel, além de racionalizar a apresentação do relatório.

As planilhas anexas em arquivos digitais, nomeadas de acordo com cada uma das 29 redes projetadas, têm a estrutura, descrita em seqüência, relativamente a cada coluna.

- Coluna A - Representação dos trechos entre dois poços de visita, com o PV a montante e a jusante;
- Colunas B e C - Cota do terreno, em metros, do poço de visita a montante e a jusante do trecho;
- Coluna D - Área de contribuição para o trecho, proveniente de contribuição de trecho de rede secundária, em hectares;
- Coluna E - Área de contribuição acumulada para o trecho, em hectares, representa o somatório de todas as áreas a montante do trecho, mas que contribuíram para o trecho considerado;
- Coluna F - Relação máxima entre a altura da lâmina d’água e a seção da galeria, em porcentagem;
- Coluna G - Coeficiente de Manning, correspondendo a 0,015 para tubos circulares e 0,013 para galerias e canais;
- Coluna H - Tempo de concentração, em segundos, determinado;
- Coluna I - Intensidade de chuva, em litros por segundo por hectare;
- Coluna J - Comprimento do trecho, em metros;
- Coluna K - Coeficiente de escoamento superficial para a área de contribuição;
- Coluna L – Seção da rede (diâmetro) ou da galeria (altura x largura), em milímetros, é função da vazão estimada, da declividade do terreno e da relação Y/D;
- Coluna N - Declividade do terreno, em metro por metro;
- Coluna O - Vazão estimada que passa pelo trecho;

- Coluna P - Relação entre a altura da lâmina d'água e a seção da galeria, em porcentagem, determinada por meio das expressões matemáticas;
- Colunas Q e R - Profundidade do poço de visita a montante e a jusante, em metros;
- Coluna S e T - Cota da geratriz inferior da galeria a montante e a jusante, em metros;
- Coluna U - Degrau, em metros. É o rebaixo de soleira utilizado quando a declividade da rede é bem menor do que o terreno e para evitar o afloramento ou o recobrimento insuficiente da rede;

4 OBRAS DE ARTE ESPECIAIS – PONTES E VIADUTOS

Na concepção urbanística e de traçado do VLT/W3 optou-se por atender às travessias de faixas de domínio das rodovias e do metrô na forma de elevados ferroviários. Trata-se do modo menos oneroso do ponto de vista de custo de obras civis e que ainda exige menos custos de manutenção e operação para o sistema VLT.

O sistema estrutural adotado foi de superestrutura metálica sobre a mesoestrutura e infraestrutura em concreto estrutural. Esse sistema é capaz de conferir leveza aos elevados e pontes, minimizando os impactos na paisagem urbana de Brasília.

O aspecto final das obras é semelhante ao de uma passarela metálica, frequentemente utilizadas dentro da área do polígono de tombamento de Brasília. O perfil estrutural que se pronuncia na fachada das OAE tem cerca de 1 m de altura, com vãos de 30 m entre pilares, enquanto que as vigas metálicas longitudinais são recuadas, na sombra do tabuleiro, de modo a garantir a leveza da fachada.

Na Linha 1 – Trecho Hípica – TAN – só é proposta uma OAE, em viaduto ferroviário, sobre a linha do Metrô/DF e acesso ao TAS, com vão total de 90 m, sendo dois vãos de 15 m nos encontros e mais dois vãos de 30 m.

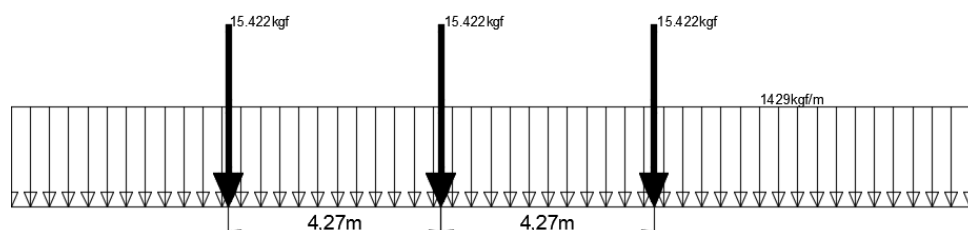
Na Linha 2 – Trecho Hípica – Aeroporto - são previstas três obras de artes especiais:

- Viaduto da EPGU (Zoo), com extensão de 220 m, com gabarito vertical de 5,50 m, sobre as quatro pistas da rodovia;
- Ponte sobre o Riacho Fundo, à montante da ponte atual da EPAR, com extensão de 30 m; e
- Viaduto sobre a EPDB (Balão do Aeroporto), com extensão de 140 m, sobre as pistas do BRT Sul, EPDB e Trincheira Rodoviária da EPDB (sentido Brasília).

4.1 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

A tipologia estrutural adotada é composta por quatro vigas metálicas longitudinais, uma sob cada dormente, com transversina de travamento com aproximadamente 5 m de espaçamento. A solução do tabuleiro é em laje moldada in loco com steel deck com altura de 75 mm de formas e altura total da laje de 14 cm, sem uso de escoramento. Pilares em concreto armado sobre blocos de coroamento de estacas raiz.

Para o dimensionamento das estruturas e fundações dos viadutos, foram considerados o peso próprio da estrutura e da via permanente mais o carregamento do trem-tipo LRT-16, conforme a norma para Veículos Leve sobre Trilhos “*Guide Specifications for Brige Carrying Light Rail Transit Load*”, da AASHTO, publicado em 2018. O trem tipo é composto por 3 cargas concentradas e uma carga distribuída ao longo de cada via com valores apresentados na figura abaixo:



4.1.1 Fundações

As sondagens adotadas se referem sempre a locais próximos às obras de arte do VLT. Os laudos mostram que o subsolo local é constituído por uma argila arenosa vermelha que é porosa junto a superfície e vai gradativamente se tornando mais resistente com o aumento de profundidade.

Tendo em vista as características do subsolo, as cargas e questões de acesso de equipamento a solução mais indicada é através de estacas tipo raiz. Estima-se que o comprimento genérico (abaixo do nível do terreno natural) seja em torno de 20 m.

4.2 VIADUTO SOBRE O METRÔ/DF E ACESSO AO TAS

O Viaduto sobre o Metrô/DF e Acesso ao TAS tem implantação esconsa em relação ao eixo do metrô, pelo fato da linha do VLT estar alinhada com os lotes do Setor Terminal Sul – STS.

O viaduto é composto de quatro vãos, sendo os encontros com vãos de 15 m e os vãos centrais com 30 m. Nessa disposição os pilares e taludes se situam sempre fora da faixa de domínio do metrô.

As figuras 4.2 e 4.3 apresentam as disposições em planta e perfil da OAE.

Os desenhos também são apresentados no Caderno 4 - Estudo de Engenharia – Desenhos

Figura 4.2 – Viaduto sobre a linha do Metrô/DF e acesso ao TAS - Planta

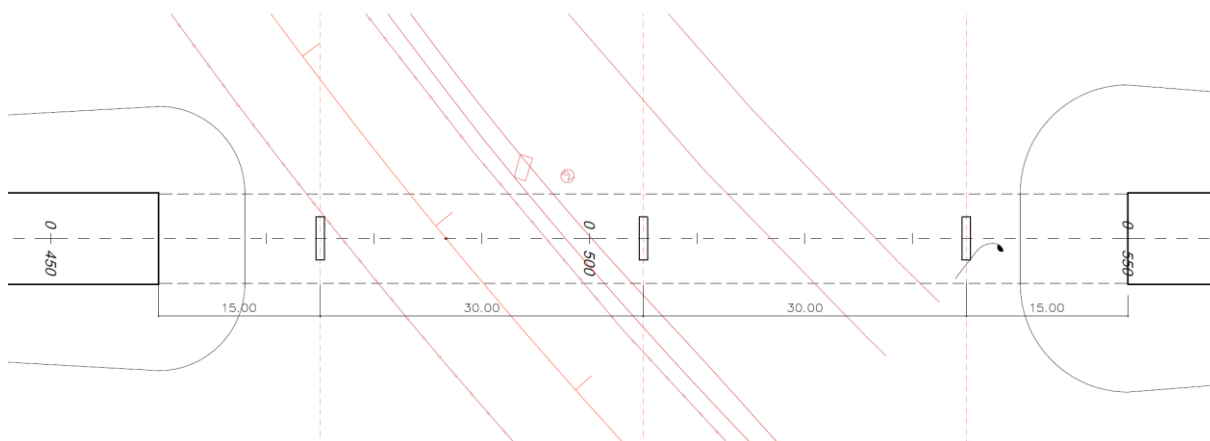
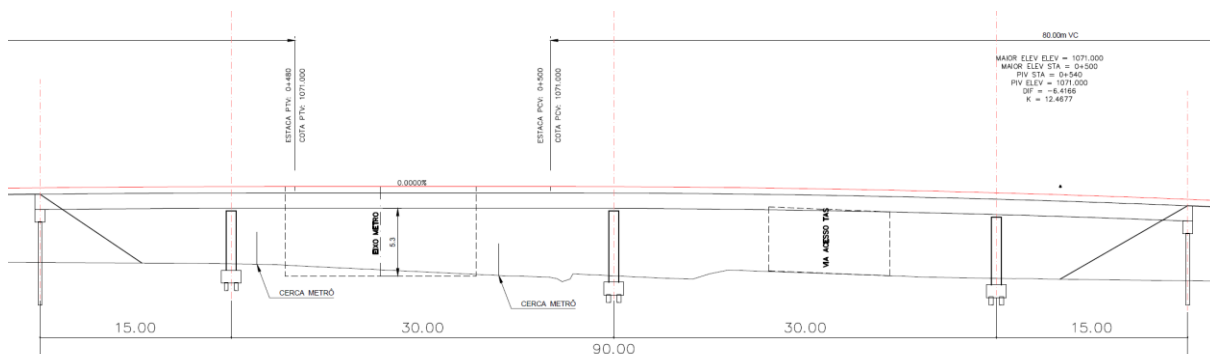


Figura 4.3 – Viaduto sobre a linha do Metrô/DF e acesso ao TAS - Perfil



4.3 VIADUTO SOBRE A EPGU

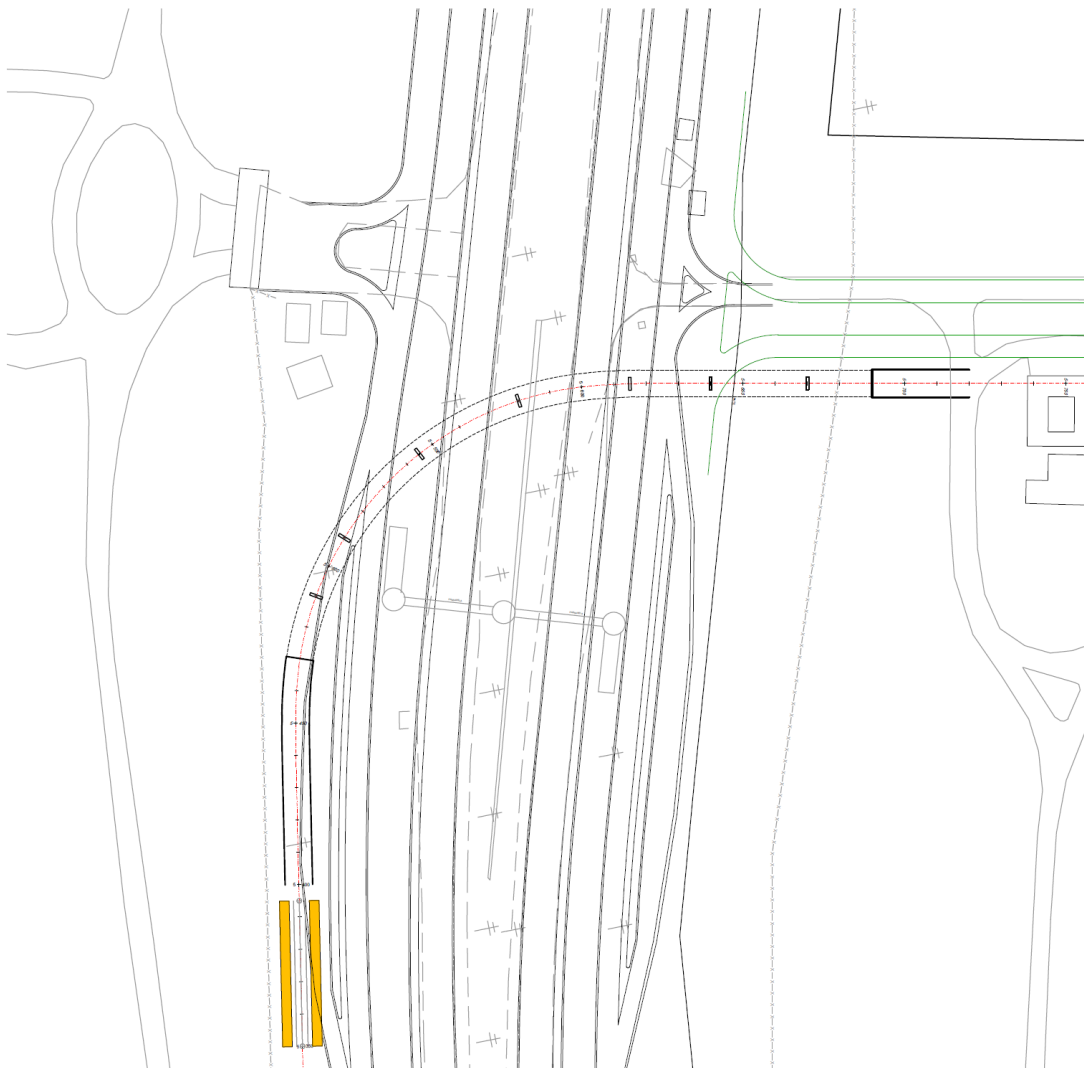
O Viaduto sobre a EPGU tem implantação em curva, com raio de inscrição de 100 m, com perfil em rampa ascendente no sentido do Setor Hípico, com 6.4594% e 1.7930%.

A disposição dos vãos e pilares busca evitar interferências com as vias expressas e marginais da EPGU, sendo localizados nos canteiros centrais e laterais da rodovia, com vãos entre 20 m e 35 m.

As figuras 4.4 e 4.5 apresentam as disposições em planta e perfil da OAE.

Os desenhos também são apresentados no Caderno 4 - Estudo de Engenharia – Desenhos

Figura 4.4 – Viaduto sobre a EPGU - Planta



4.4 PONTE SOBRE O RIACHO FUNDO

A Ponte sobre o Riacho Fundo tem implantação à montante da ponte existente construída pelo DER/DF, guardando-se a distância de 7 m entre as duas obras. Ambas as obras deverão ser niveladas na mesma cota, para isso a cota do boleto do trilho do VLT foi posicionada 40 cm acima da cota de tabuleiro da ponte rodoviária.

O vão total projetado é de 50 m, em dois vãos de 25 m, sendo 15 m mais extensa que a ponte existente, a fim de garantir que os encontros possam ser taludados.

As figuras 4.6 e 4.7 apresentam as disposições em planta e perfil da OAE.

Os desenhos também são apresentados no Caderno 4 - Estudo de Engenharia – Desenhos

Figura 4.6 – Ponte sobre o Riacho fundo - Planta

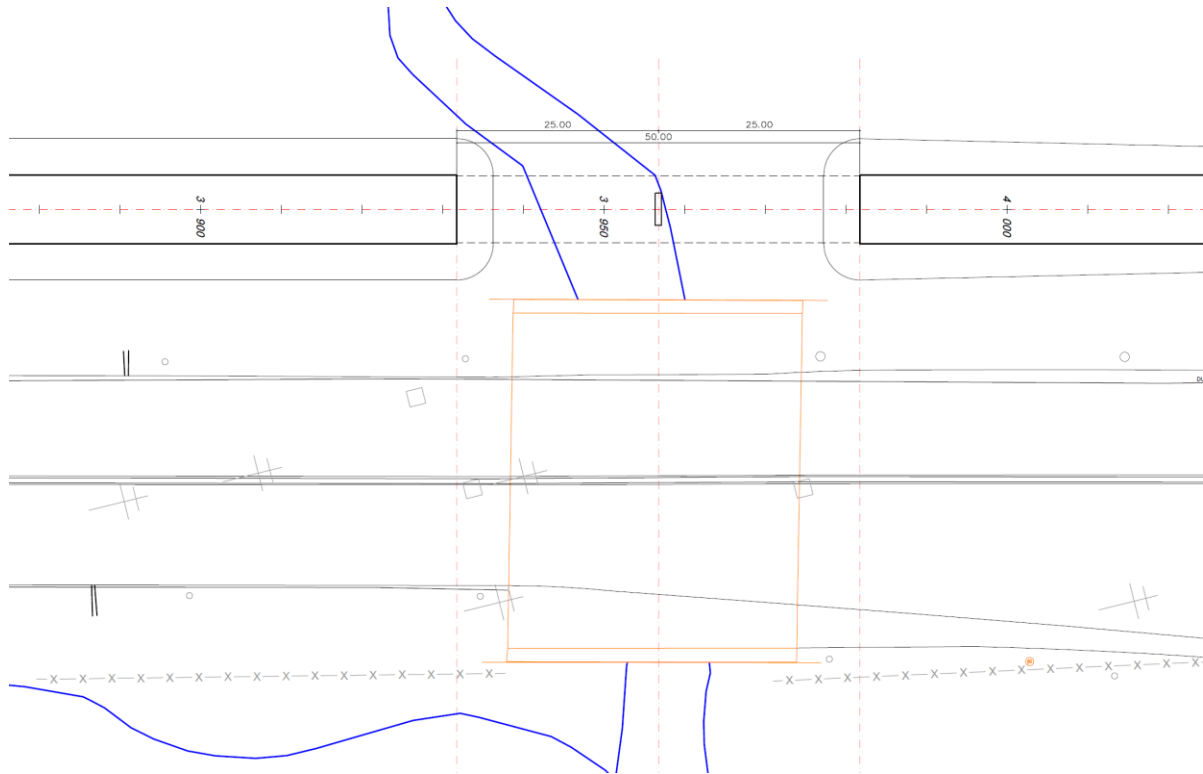
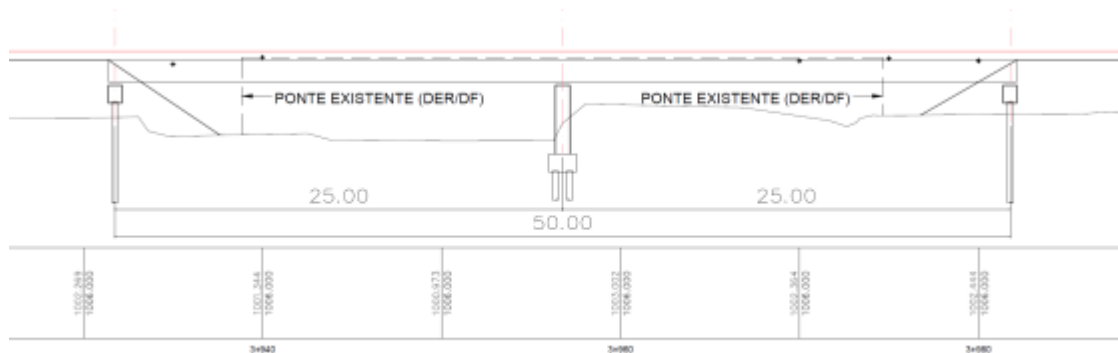


Figura 4.7 – Ponte sobre o Riacho fundo - Perfil



4.5 VIADUTO SOBRE A EPDB

O viaduto proposto sobre a EPDB tem vão total de 150 m, a ser implantado sobre três eixos viários: O acesso à trincheira da EPDB, as pistas expressas da EPDB e a pista do corredor do BRT Sul.

O traçado geométrico do VLT nesse trecho tem inscrição em curva com raio de 300 m, o que permite que os veículos operem com velocidade de 70 km/h.

Os vãos intermediários variam entre 20 m e 35 m, com pilares posicionados sempre nas laterais das pistas e canteiro central da EPDB.

As figuras 4.8 e 4.9 apresentam as disposições em planta e perfil da OAE.

Os desenhos também são apresentados no Caderno 4 - Estudo de Engenharia – Desenhos

Figura 4.8 – Viaduto sobre a EPDB - Planta

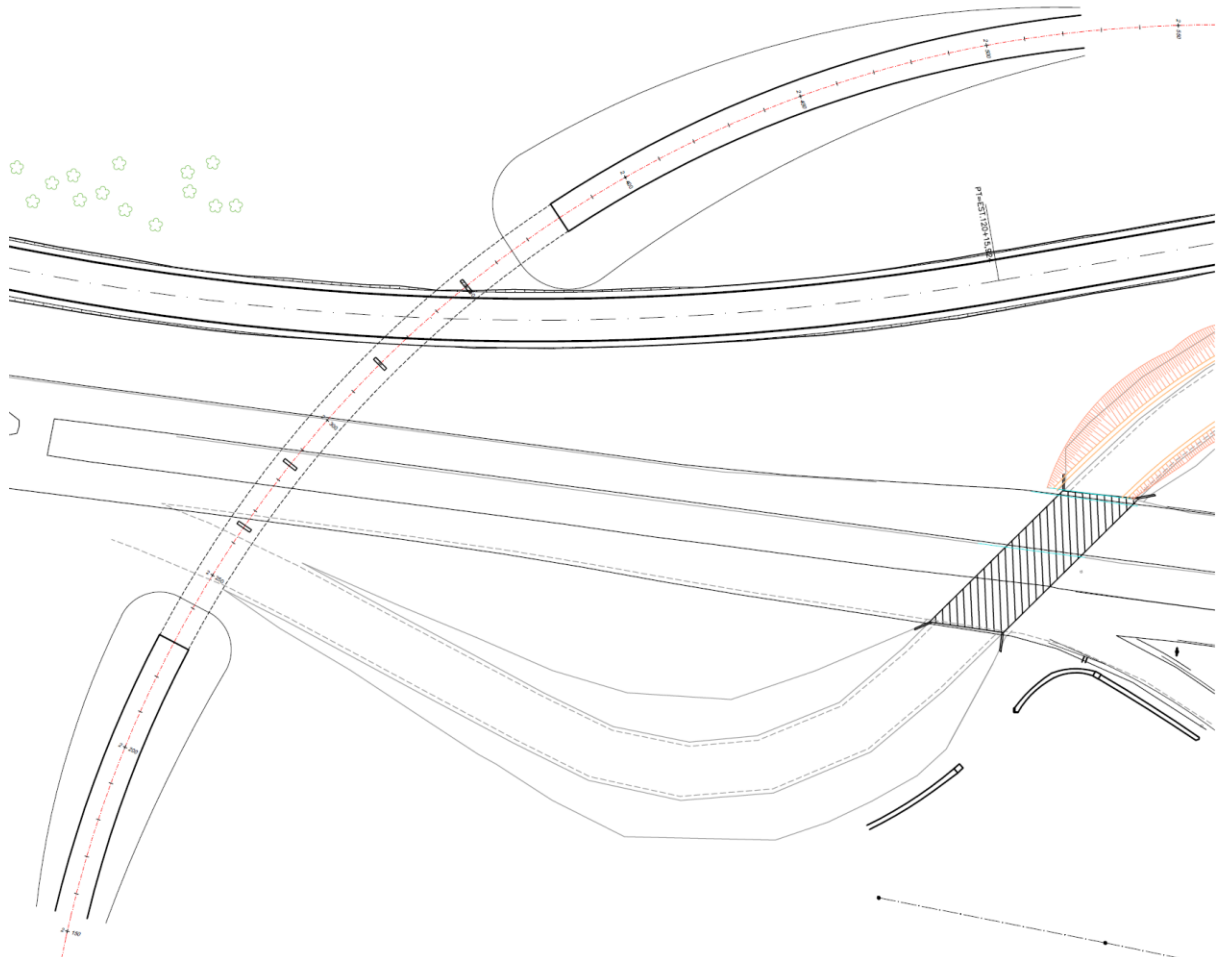
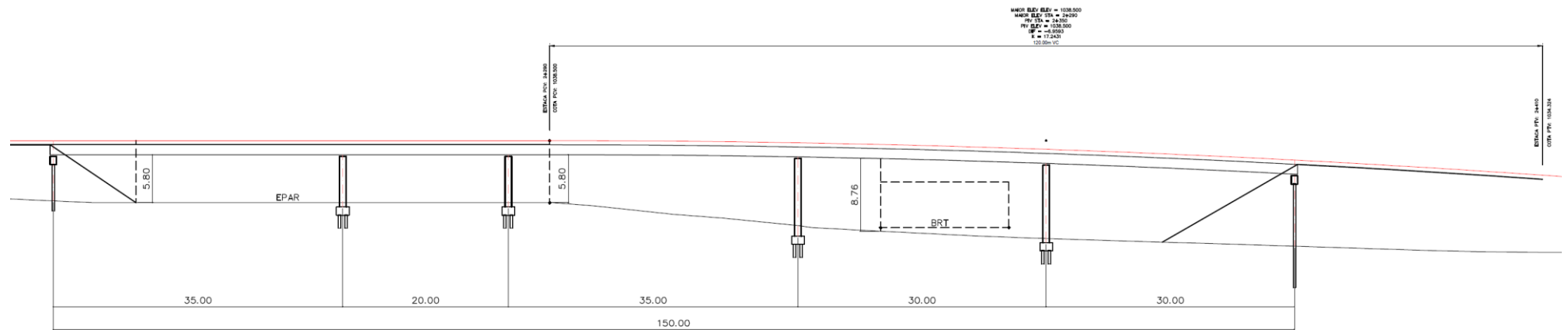


Figura 4.9 – Viaduto sobre a EPDB – Perfil



5 VIA PERMANENTE

A denominada via permanente, estrutura que permitirá o tráfego dos veículos, deverá apresentar “estabilidade” adequada, de maneira a assegurar a operação comercial segura, bem como “elasticidade” adequada, de modo a garantir que os níveis de vibração transmitidos pela operação não ultrapassem os limites prescritos pelos códigos e leis e/ou normas técnicas vigentes. Devem ainda ser analisados os níveis de ruído primários que atingirão os receptores que existem ao longo da linha, tanto no período diurno quanto no período noturno, mais uma vez limitando-os aos limites legais.

Além disso, a transmissão das tensões deve ser realizada de maneira harmônica, garantindo a sua vida útil e de seus componentes, garantindo segurança e conforto aos seus usuários e moradores lindeiros à via.

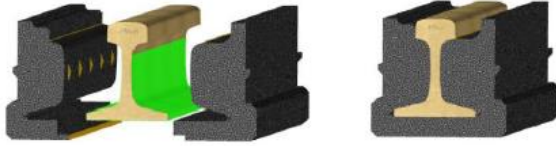
Em relação à interferência com o meio no qual será inserido, os componentes para transposição de vias e passagens (pedestres e veículos) e o acabamento da via permanente devem ser compatíveis com as vias urbanas já existentes e a arquitetura/urbanismo da cidade.

O projeto desenvolvido, previu as seguintes premissas:

- Bitola 1.435 mm
- Velocidade máxima operacional: 70 km/h
- Headway mínimo: 3 min
- Horário Operacional: 20 horas
- Raio mínimo curva horizontal (vias principais): 50 m
- Raio mínimo curva horizontal (pátio): 25 m.
- Entrelaço: $\geq 3,50$ m
- Lubrificador de trilhos e flange de roda embarcado
- Carga por eixo máxima: 12 tf
- Distância aproximada entre truques: 11 m
- Distância entre eixos: 1,6 m

A via permanente do VLT apresenta variações de configuração conforme o local em que será construída. Nas regiões fortemente urbanizadas, a via permanente do VLT pode ser do tipo encapsulada, constituída por jaquetas de borracha, que se inserem de forma adequada no pavimento rodoviário e passeios públicos, conforme pode ser observado na Figura 5.1. Nesses locais, a via pode ser, também, com dormentes de concreto apoiados sobre laje, ou mesmo, com o trilho aplicado diretamente sobre a laje.

Figura 5.1 - Via permanente de VLT encapsulado ou com dormentes de concreto



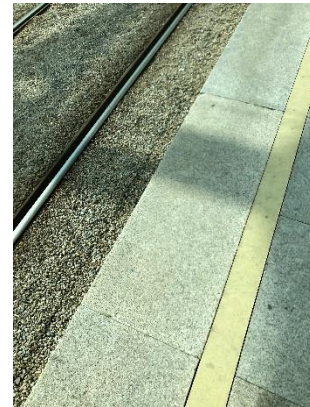
(a)



(b)



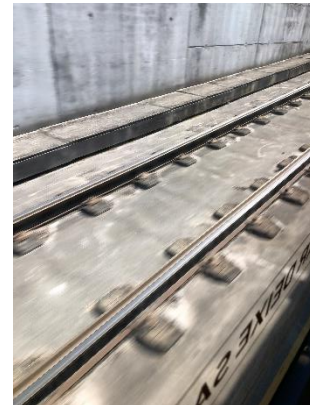
(c)



(d)



(e)



(f)

Esses tipos de via são de baixo custo e de fácil construção. Permitem vários tipos de acabamento superficial, conforme o local de aplicação, inclusive num mesmo trecho ou Linha.

Para locais segregados, fora de áreas urbanizadas, em longas extensões e no pátio de estacionamento e manutenção, pode ser utilizada a via permanente em lastro convencional. Essa solução é de baixo custo de construção e manutenção, conforme ilustra a Figura 5.2.

Os tipos de via citados são adequados para a instalação e manutenção de AMVs e travessões e para passagem em nível para pedestres e veículos rodoviários.

Figura 5.2 - Pátio de estacionamento com via permanente em lastro



5.1 INFRAESTRUTURA E SUPERESTRUTURA DA VIA PERMANENTE

5.1.1 Seções Transversais

De acordo com as premissas anteriores, foram especificadas 5 seções transversais:

- 1) Seção em nível;
- 2) Seção separada e/ou desnível;
- 3) Seção em lastro;
- 4) Seção em Ponte / Viaduto;
- 5) Seção de passagem em nível.

As seções típicas 1 e 2 possuem a mesma estrutura, sendo diferente apenas quando uma das vias possui cota diferente, ou seja, quando elas se encontram em desnível. De acordo com os dados de características de solo disponível e histórico de comportamento dos referidos trechos, a partir de um solo natural com CBR > 8%, serão assentadas 4 camadas: BGS (15 cm), concreto rolado (20 cm), concreto armado (10 cm) e concreto simples (15 cm). Além disso, tem-se ainda para acabamento 3 camadas: pedrisco (14 cm), areia (5 cm) e blocos intertravados (8 cm).

O trilho U50 será embebido em material elastomérico e fixado, sobre uma palmilha, a um dormente bi-bloco com 65 cm de altura que transmitirá as tensões para a camada de suporte. Dessa maneira, garante-se a distribuição uniforme de tensões e uma atenuação de vibrações e ruídos primários nos trechos em que ela for implantada. Além disso, em todo o trecho a via encontra-se “encapsulada” no solo, não conflitando visualmente com o meio na qual está inserida.

Já a seção típica 3 é uma via em lastro, com o trilho U50 apoiado por meio de fixações em dormentes monoblocos protendidos com 65 cm de altura. Os dormentes estão apoiados em lastro (30 cm) e sublastro (20 cm) que é separado da camada de solo natural (CBR \geq 8%) por uma camada de geotêxtil. Como essa seção transversal não se encontra em um zona densamente povoada, sem a necessidade de se prever passagens em nível, seja de veículos ou de pedestres, os trilhos não estão embebidos (“encapsulada”).

Para o trecho em ponte e/ou elevados, dimensionou-se uma seção transversal com uma camada de concreto armado de 10 cm na qual apoia-se uma camada de concreto simples e 15 cm onde estão inseridos os dormentes bi-bloco, também sem trilhos embebidos.

Por fim, a seção típica de passagem em nível foi dimensionada para a possibilidade de fluxo transversal à via de veículos. Sobre camada de solo com CBR > 8%, serão assentadas 4 camadas: BGS (15 cm), concreto rolado (32 cm), concreto armado (fase I) (20 cm) e concreto armado (fase II) (20 cm). O trilho U50 está fixo à primeira camada de concreto por meio de um conjunto de fixação e encontra-se “encapsulada” na via permanente.

Em todas as seções transversais estão previstas as instalações de 4 barras chatas além da colocação de dutos para sistemas e instalações elétricas.

Dessa maneira, a definição dos componentes da via do VLT foi adequada às características de cada trecho e de seus componentes: trilho, soldas, conjuntos de fixação, laje e camadas de suporte.

Figura 5.3 – Via Permanente Seção Típica 1 em nível – STS – SHIP

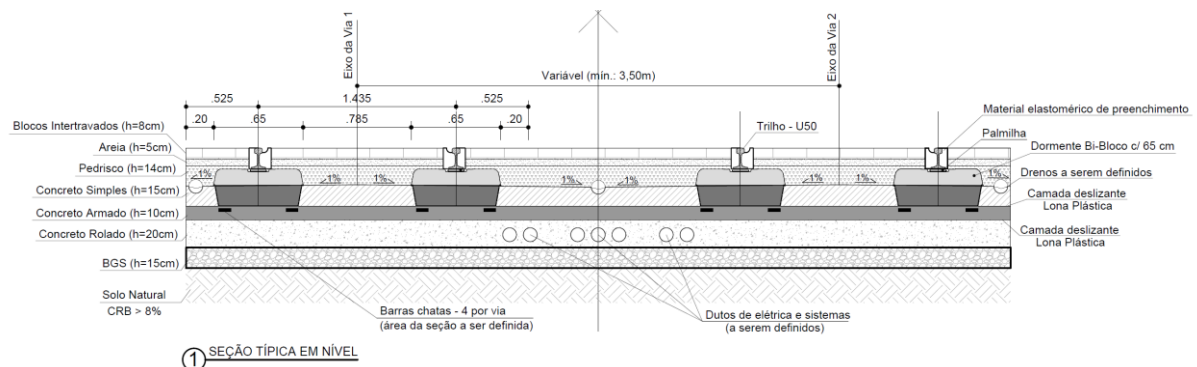


Figura 5.4 – Via Permanente Seção Típica 2 em desnível – CRTS 516 – TAN

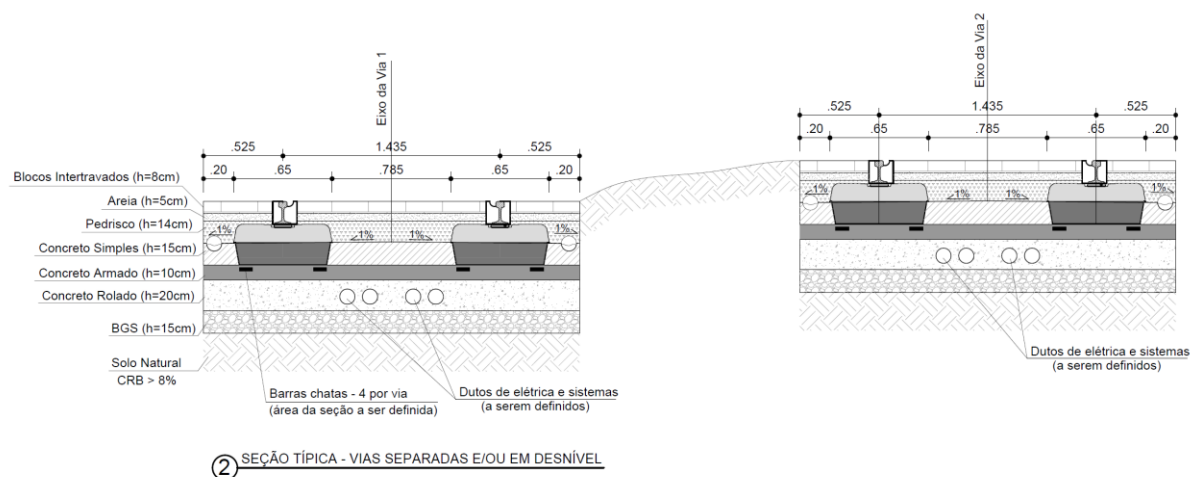


Figura 5.5 – Via Permanente Seção Típica 3 em lastro
Eixo 4 – Trecho: Estaca 1+600 até 5+300

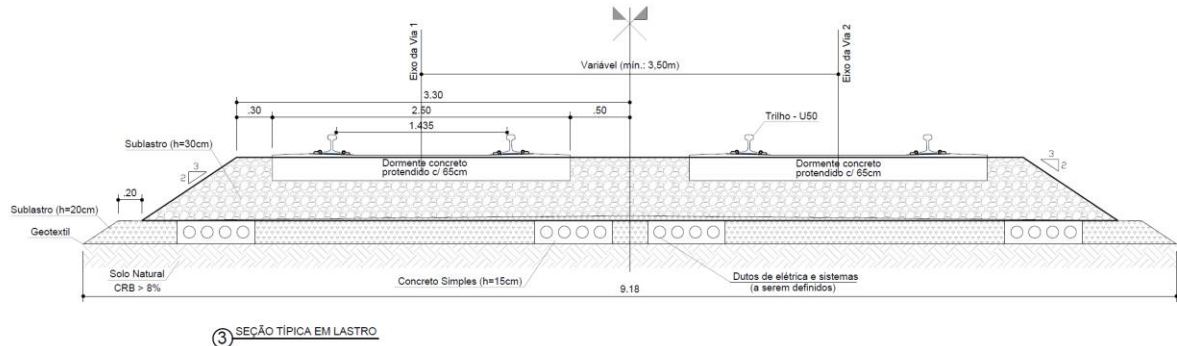


Figura 5.6 – Via Permanente Seção Típica 4 em Ponte / Viaduto

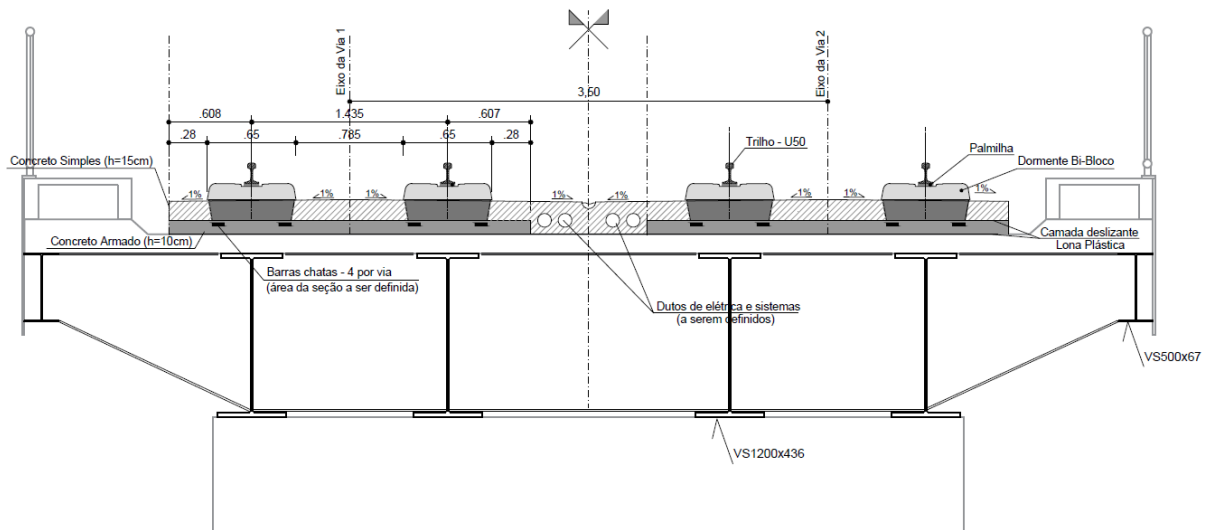
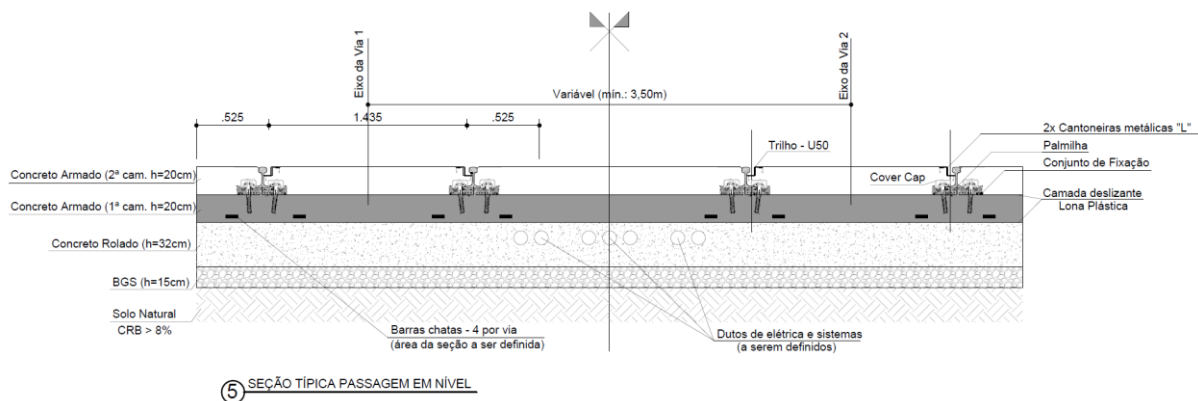


Figura 5.7 – Via Permanente Seção Típica 5 5) em Passagem em Nível



5.1.2 Verificação das Seções Transversais da Via Permanente

As verificações das seções da via permanente do VLT de Brasília levaram em conta os seguintes critérios:

Veículo:

- Carga por roda = 60 kN
- Largura de bitola = 1435 mm
- Distância entre eixos = 1,6 m
- Velocidade máxima = 70 km/h
- Coeficiente de impacto = 1,4

Trilho e fixação:

- Trilho U50
- Espaçamento das fixações = 65 cm

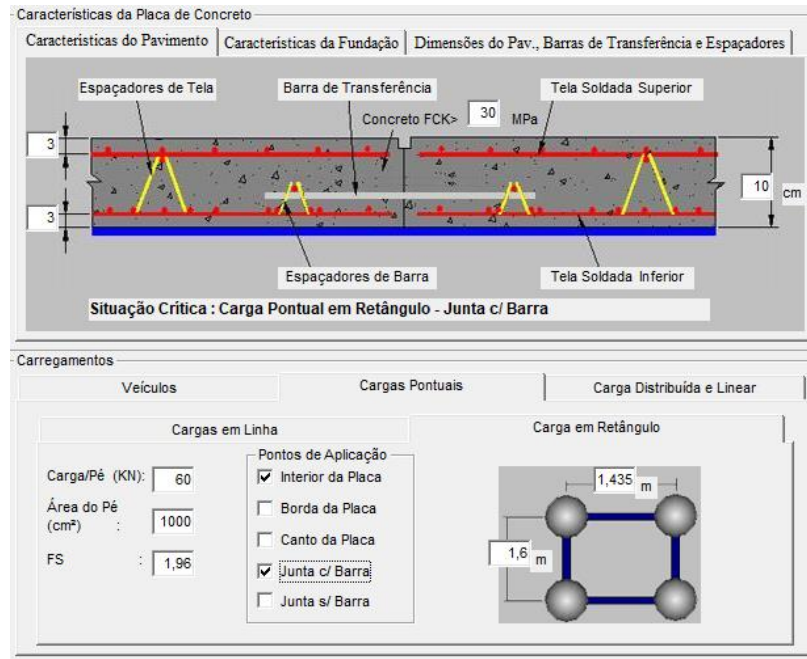
5.1.2.1 Seções Típicas 1 e 2

As seções típicas 1 e 2, apresentadas nas Figura 5.3 e 5.4, tratam-se de vias permanentes apoiadas sobre pavimento rígido. Abaixo são apresentados os parâmetros utilizados nesta verificação:

- Área da base dos dormentes bibloco = 1000 cm²
- CBR do solo natural = > 8%
- Camada de regularização em BGS = 15 cm
- Camada de concreto rolado = 20 cm
- Camada de concreto armado ($f_{ck} = 30$ MPa) = 10 cm (junta de dilatação a cada 19,5 m)
- Cobrimento = 2,5 cm
- Aço = CA60
- Coeficiente de segurança = 1,4
- Camada de concreto simples ($f_{ck} = 25$ MPa) = 15 cm (junta serrada a cada 2 m, nas duas direções)
- Camadas deslizantes em lona plástica
- Rigidez da base = 0,217 N/mm³

Para a determinação da taxa de aço foi utilizada uma rotina de cálculo de pavimentos, considerando a rigidez da base, os esforços estáticos e dinâmicos do material rodante e o efeito de retração do concreto. A Figura 5.8 apresenta a rotina utilizada nesta verificação.

Figura 5.8 – Verificação e dimensionamento da via permanente

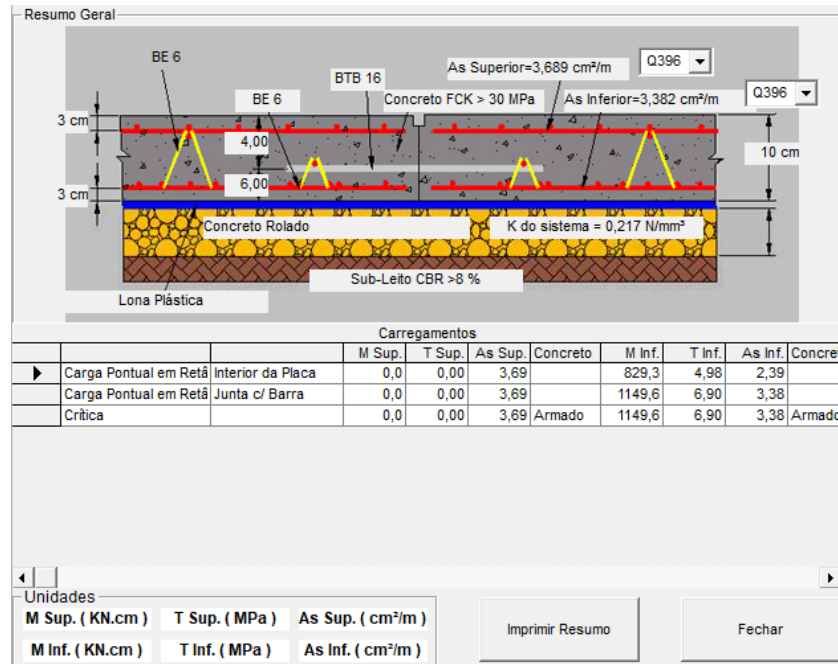


As taxas de armadura calculadas para atender aos esforços de operação da via permanente e aos efeitos da retração do concreto são:

- Armadura superior = 3,689 cm²/m (adotado: Tela Q396)
- Armadura inferior = 3,382 cm²/m (adotado: Tela Q396)

A Figura 5.9 apresenta o resumo do dimensionamento da estrutura da via permanente das seções típicas 1 e 2.

Figura 5.9 – Resumo do dimensionamento



5.1.2.2 Seção Típica 5 – Passagem em nível

A seção Típica 5 apresenta características semelhantes as seções 1 e 2, exceto pelo fato de ser um trecho da via permanente com uso compartilhado por veículos rodoviários. Abaixo são apresentados os parâmetros utilizados na verificação da passagem em nível:

Veículo Rodoviário:

- Trem tipo = TB-45
- Carga por roda = 75 kN
- Largura do veículo = 1,5 m
- Distância entre eixos = 1,5 m
- Coeficiente de impacto = 1,25 (regiões de juntas)

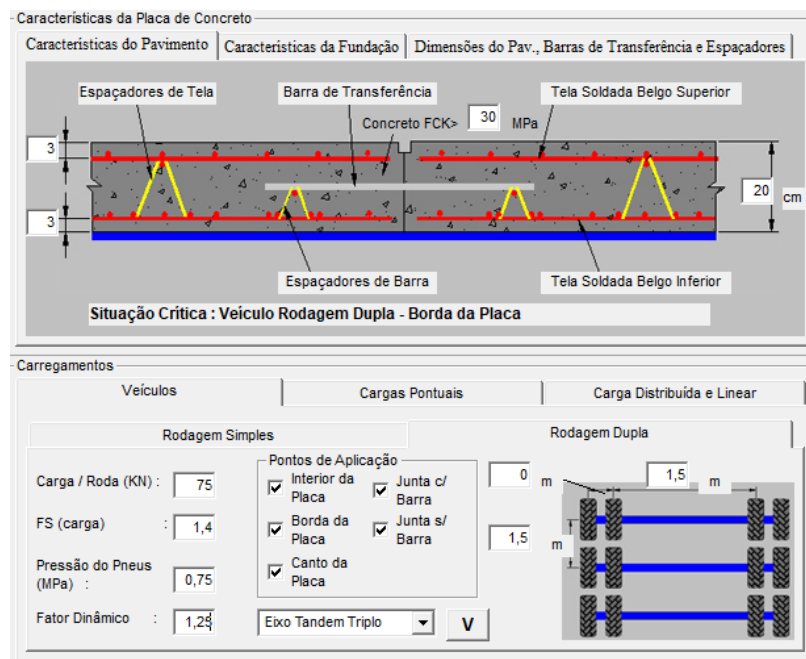
Via Permanente:

- CBR do solo natural = > 8%
- Camada de regularização em BGS = 15 cm
- Camada de concreto rolado = 32 cm
- Camada de concreto armado ($f_{ck} = 30$ MPa) = 20 + 20 cm (junta de dilatação nas extremidades da travessia ou, no máximo a cada 19,5 m)
- Cobrimento = 2,5 cm

- Aço = CA60
- Coeficiente de segurança = 1,4
- Camadas deslizantes em lona plástica
- Rigidez da base = 0,217 N/mm³

Para a determinação da taxa de aço foi utilizada uma rotina de cálculo de pavimentos, considerando a rigidez da base, os esforços estáticos e dinâmicos do TB-45 e o efeito de retração do concreto. A Figura 5.10 apresenta a rotina utilizada nesta verificação.

Figura 5.10 – Verificação e dimensionamento da via permanente

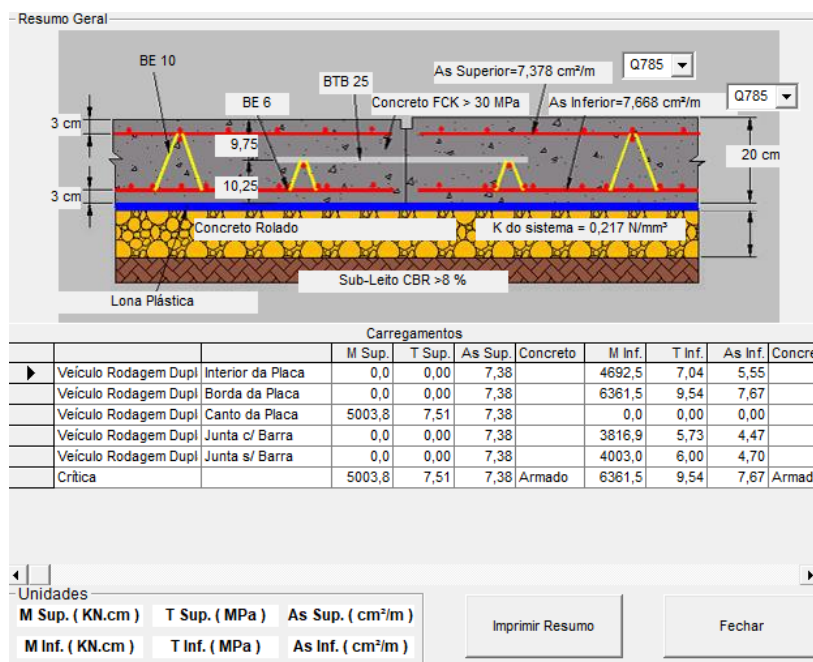


As taxas de armadura calculadas para atender aos esforços da travessia de veículos e aos efeitos da retração do concreto são:

- Armadura superior = 7,378 cm²/m (adotado: Tela Q785)
- Armadura inferior = 7,668 cm²/m (adotado: Tela Q785)

A Figura 5.11 apresenta o resumo do dimensionamento da estrutura da via permanente da seção típica 5.

Figura 5.11 – Resumo do dimensionamento



5.1.2.3 Seção Típica 4 – Via permanente em ponte / viaduto

A seção Típica 4 apresenta características semelhantes as seções 1 e 2, exceto pela necessidade de aderência entre o tabuleiro da ponte e a laje da via. Salienta-se que, nesta seção o esforço predominante passa a ser apenas a retração do concreto, pois os esforços de flexão serão resistidos pelo conjunto (estrutura da ponte e laje da via permanente). Nesta situação, a laje da via permanente encontra-se na região comprimida da seção, sem gerar acréscimo de armadura. Abaixo são apresentados os parâmetros utilizados na verificação da via permanente em ponte / viaduto:

- Camada de concreto armado ($f_{ck} = 30$ MPa) = 10 cm (junta de dilatação nas extremidades da ponte ou, no máximo, a cada 19,5 m)
- Camada de concreto simples ($f_{ck} = 25$ MPa) = 15 cm (junta serrada a cada 2 m, nas duas direções)
- Cobrimento = 2,5 cm
- Aço = CA60
- Coeficiente de segurança = 1,4
- Camadas deslizantes em lona plástica

Para as taxas de armadura das seções em ponte adotara-se àquelas determinadas para as seções típicas 1 e 2:

- Armadura superior = 3,689 cm²/m (adotado: Tela Q396)
- Armadura inferior = 3,382 cm²/m (adotado: Tela Q396)

5.1.2.4 Seção Típica 3 – Via permanente em lastro

A seção típica 3 foi verificada considerando-se as seguintes características:

- Trilho U50
- Dormente em concreto protendido
- Espaçamento dos dormentes = 65 cm
- Lastro = 30 cm
- Sublastro = 20 cm
- CBR do solo natural = > 8%

Dormente:

Para o dormente de concreto, utiliza-se como referência o Manual AREMA, que adotou como "tensão máxima no lastro" a tensão média que atua na superfície inferior do dormente, sendo obtida pela equação abaixo.

$$ABP = \frac{2 * P * \left(1 + \frac{FI}{100}\right) * \frac{FD}{100}}{A} = \frac{2 * 6000 * \left(1 + \frac{200}{100}\right) * \frac{52}{100}}{5300} = \underline{3,53 \text{ kgf/cm}^2}$$

onde:

$$P = \text{Carga por eixo}/2 = 12/2 = 6 \text{ tf} = 6000 \text{ kgf}$$

FI = 200 (Fator de Impacto percentual sobre os esforços verticais estáticos, simulando os esforços dinâmicos por meio de irregularidades das rodas, veículos e trilhos).

FD = 0,5 (Fator de Distribuição de carga dos dormentes, dependente de seu espaçamento e dos eixos dos veículos).

$$A = \text{Área de apoio do dormente} = 265 * 20 = 5300 \text{ cm}^2$$

A resistência de um dormente de concreto à flexão foi avaliada por meio da tensão máxima. A partir dos parâmetros abaixo, é possível calcular o esforço atuante no dormente:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{63238,6}{3125,0} = \underline{20,2 \text{ kgf/cm}^2}$$

onde:

$$q_0 = P_c = \left(\frac{P_r}{n}\right) * C_d = \left(\frac{6000}{2,20}\right) * 1,4 = 3818,2 \text{ kgf}$$

$$M = \left(\frac{q_0}{8}\right) * (L/2) = \left(\frac{3818,2}{8}\right) * (265/2) = 63238,6 \text{ kgf. cm}$$

$$W = \left(\frac{b * e^2}{6} \right) = \frac{30 * 25^2}{6} = 3125,0 \text{ cm}^3$$

Verifica-se, desta forma, que o dormente de concreto atenua as tensões recebidas pela passagem dos trens no contato roda-trilho e entrega níveis menores para o lastro e sublastro absorverem antes de chegarem ao subleito.

Lastro:

Definiu-se uma seção transversal considerando os seguintes dados para a determinação da altura mínima do lastro:

- Carga por roda: $P_r = 6 \text{ tf} = 6000 \text{ kgf}$;
- Coeficiente de impacto: $C_d = 1,4$;
- Faixa de socaria: $c = 70 \text{ cm}$;
- Distância entre trilhos: $1,435 \text{ m}$;
- Distância entre dormentes: $0,65 \text{ m}$;
- CBR mínimo do sublastro: 10% ;
- Coeficiente de segurança: $N = 5$.

A partir destes esforços, é possível calcular a altura mínima requerida de lastro, pela fórmula de Talbot:

$$h = \left[\left(\frac{53,87}{\bar{p}} \right) * p_0 \right]^{1,25} = \left[\left(\frac{53,87}{1,4} \right) * 1,82 \right]^{1,25} = \underline{30 \text{ cm}}$$

onde:

$$n = \frac{\text{distância entre trilhos}}{\text{espaçamento entre dormentes}} = \frac{1,435}{0,65} = 2,2$$

$$P_c = \left(\frac{P_r}{n} \right) * C_d = \left(\frac{6000}{2,20} \right) * 1,4 = 3818,2 \text{ kgf}$$

$$p_0 = \frac{P_c}{(b * c)} = \frac{3818,2}{(30 * 70)} = 1,82 \text{ kgf/cm}^2$$

$$p = \frac{\text{CBR} * 70}{100} = 10 * \frac{70}{100} = 7 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\bar{p} = \frac{p}{N} = \frac{7}{5} = 1,4 \text{ kgf/cm}^2$$

Adotou-se a altura mínima do lastro como 30 cm na região sob o trilho.

Tensão no solo:

A tensão na base das camadas subsequentes pode ser determinada pela seguinte equação.

$$p = \frac{53,87 * ABP}{h^{1,25}}$$

onde:

ABP = Tensão no lastro

h = Altura total da camada a partir da base do dormente = 50cm

$$p = \frac{53,87 * ABP}{h^{1,25}} = \frac{53,87 * 3,53}{50^{1,25}} = \underline{1,43 \text{ kgf/cm}^2}$$

Trilho

O perfil do trilho é determinado pelo seu peso por metro, por meio da fórmula abaixo:

$$p_t = \frac{2 * p_{m\acute{a}x} * d}{k_v} = \frac{2 * 4,2 * 65}{15} = \underline{36,4 \text{ kg/m}} < 50 \text{ kg/m (trilho U50)}$$

onde:

p_t = peso do trilho

$p_{m\acute{a}x}$ = esforço cortante máximo no trilho = 12ton/eixo /2 /2 = 3*1,4 tf/roda = 4,2 tf/roda

d = espaçamento longitudinal das fixações = 65 cm

k_v = Coeficiente devido a velocidade = 15 (trens de média velocidade $v \leq 90$ km/h)

Portanto, a utilização do Trilho U50 é compatível com a carga por eixo de 12 ton e espaçamento entre fixações de 65 cm.

5.1.3 Geotecnia

Os Estudos Geotécnicos têm como base ensaios realizados em projetos precedentes, consistindo em:

- Projeto do Corredor de BRT do Eixo Oeste - 2013;
- Projeto da ESPM – Estrada Parque Polícia Militar - 2009;
- Projeto das Ciclovias no DF – 2008.

Os Estudos Geotécnicos consistiram de investigações de campo, com base no traçado definido em cada eixo dos projetos precedentes, consistindo em:

- Sondagens à trado a cada 200m, nos trechos de vias projetadas;
- Ensaios de Umidade Natural, Granulometria, Limites de Plasticidade e Liquidez das amostras a trado;
- Ensaios de ISC das amostras a trado.

A locação dos furos de pontos de coleta de ensaios geotécnicos para ensaios e caracterização, é apresentada, em duas pranchas na escala de 1:5.000, no **Caderno 4 – Estudos de Engenharia – Desenhos – Revisão 02**.

Em sequência são apresentadas as tabelas resumo dos estudos realizados, relativamente a cada local de coleta de material.

Tabela 5.1 - STS - Hípica

Furo	Wot (%)	Dmax (Kg/m ³)	ISC (%)	Exp (%)
1	27,9	1.318	9,7	0,41
2	29,6	1.366	7,5	0,41
3	24,8	1.476	13,5	0,23
4	23,2	1.564	19,0	0,14
5	27,1	1.472	13,0	0,36
6	21,8	1.580	14,1	0,27
7	27,8	1.400	8,0	0,35
8	26,8	1.342	9,0	0,42
9	24,8	1.265	4,5	2,01
10	29,8	1.343	8,2	0,35

Tabela 5.2 - STS – TAS

Furo	Wot (%)	Dmax (Kg/m ³)	ISC (%)	Exp (%)
ST-45	28,5	1405	9,0	0,29
ST-46	28,6	1284	8,5	0,41
ST-47	31,0	1333	8,2	0,47
ST-48	27,0	1278	7,5	0,77
ST-49	29,7	1341	8,4	0,56
ST-50	29,0	1327	8,1	0,33

Tabela 5.3 – Via W3

Furo	Wot (%)	Dmax (Kg/m ³)	ISC (%)	Exp (%)
20	35,5	1270	7,0	0,54
21	34,6	1281	6,8	0,60
22	31,0	1418	9,0	0,28
23	30,3	1383	8,5	0,32
24	31,8	1388	9,7	0,32
25	32,1	1340	8,5	0,28
26	31,8	1319	15,9	0,05
27	31,0	1356	18,2	0,09
28	30,1	1352	15,6	0,05
29	31,4	1360	10,8	0,02
30	32,1	1332	15,4	0,05
31	26,6	1447	18,6	0,02
32	26,1	1445	14,9	0,02
33	30,7	1360	15,2	0,06
34	28,5	1417	13,2	0,03
35	23,3	1565	17,3	0,03
36	24,8	1463	12,10	0,09
37	26,2	1465	12,6	0,04