



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT



GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO
SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

**ELABORAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA DA
FERROVIA TRANSNORDESTINA**

Ferrovia: TRANSNORDESTINA
Trecho: Parnamirim – Araripina (PE)
Extensão: 112,6 km
Lote: 3

PROJETO EXECUTIVO

**VOLUME 3F – Relatório Operacional
da Ferrovia**



OUTUBRO / 2007



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT



GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO
SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

**ELABORAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA DA
FERROVIA TRANSNORDESTINA**

Ferrovia: TRANSNORDESTINA
Trecho: Parnamirim – Araripina (PE)
Extensão: 112,6 km
Lote: 3

PROJETO EXECUTIVO

**VOLUME 3F – Relatório Operacional
da Ferrovia**

Elaboração: Ecoplan Engenharia Ltda.
Contrato: Nº 16/2005



OUTUBRO / 2007



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT



GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO
SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

Revisão	Data	Descrição	Por	Verif.	Aprov.	Autoriz.
02	22/10/07	Projeto Executivo	JB	NK	CM	CM
01	20/07/07	Correção da Minuta do Projeto Executivo	JB	NK	CM	CM
00	06/11/06	Emissão inicial	JB	NK	CM	CM

**ELABORAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA DA
FERROVIA TRANSNORDESTINA**

Volume 3F – Relatório Operacional da Ferrovia

Elaboração: Eng.º Jorge Maurício Basler	Verificação: Eng.º Sérvulo Norberto Klein	Revisão: 02	Data: OUTUBRO/2007				
Aprovado Ecoplan Eng.º Carlos Mees	Autorizado Ecoplan Eng.º Carlos Mees	Ref. Ecoplan: -					
Finalidade de Emissão	<input type="checkbox"/> 1 Para Informação	<input type="checkbox"/> 2 Para Comentários	<input checked="" type="checkbox"/> 3 Para Aprovação	<input type="checkbox"/> 4 Para Execução	<input type="checkbox"/> 5 Como Construído	<input type="checkbox"/> 6 Para Utilização	<input type="checkbox"/> 7 Para Providências



<http://www.ecoplan.com.br>
e-mail:estradas@ecoplan.com.br

Ecoplan Engenharia Ltda.
Rua Felicidade de Azevedo, 924
Porto Alegre/RS CEP 90.540-110
Fone (51) 3342-8990 Fax (51) 3342-3345



ÍNDICE



ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO.....	05
1.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO.....	06
1.2. RESUMO DO PROJETO.....	06
1.3. RELATÓRIOS DO PROJETO.....	09
2. MAPA DE SITUAÇÃO.....	12
3. INTRODUÇÃO.....	14
4. PREMISSAS UTILIZADAS.....	16
5. GEOMETRIA DA VIA.....	19
6. PÁTIOS DE CRUZAMENTO.....	21
7. LOCOMOTIVAS.....	23
8. VELOCIDADE DIRETRIZ.....	25
9. ESFORÇO TRATOR ÚTIL.....	27
10. PERCURSO DO TREM.....	36
11. CAPACIDADE DE VAZÃO DA VIA.....	39
12. CAPACIDADE DE TRANSPORTE.....	43
13. COMENTÁRIOS.....	45
14. CONCLUSÕES.....	50
15. ANEXOS.....	52
15.1. GRÁFICOS DE CIRCULAÇÃO – SATURADO.....	53
15.2. PROGRAMA HORÁRIO.....	58
15.3. GRÁFICO DE VELOCIDADES DO TREM.....	62
15.4. QUADRO DA CAPACIDADE DE TRANSPORTE.....	89
15.5. GEOMETRIA DA VIA PERMANENTE.....	91
15.6. ALTERNATIVA À FORMAÇÃO DO TREM CARACTERÍSTICO.....	109



1. APRESENTAÇÃO



1. APRESENTAÇÃO

1.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

A **Ecoplan Engenharia Ltda.**, apresenta à consideração da Companhia Estadual de Habitação e Obras – CEHAB, o **VOLUME 3F - RELATÓRIO OPERACIONAL DA FERROVIA**, referente a fase de Projetos da Elaboração do Projeto Executivo de Engenharia da Ferrovia Transnordestina, no trecho Parnamirim - Araripina, com extensão contratual de 112,60 km.

Os serviços foram executados em cumprimento ao contrato e determinações administrativas cujos dados de referência são:

Data da Concorrência: 22 de junho de 2005

Data da Assinatura: 21 de novembro de 2005

Nº do Edital: 0001/2005

Contrato Nº: 16/2005

Obra: Ferrovia Transnordestina

Trecho: Parnamirim – Araripina

Lote: Único

Extensão: 112,6 km

1.2. RESUMO DO PROJETO

1.2.1. Antecedentes

A implantação da Ferrovia Transnordestina, parte da Malha Ferroviária do Nordeste, nos trechos situados no Estado de Pernambuco, consiste na construção dos trechos: Petrolina (PE) – Parnamirim (PE), Parnamirim (PE) - Salgueiro (PE), e Araripina (PE) – Parnamirim (PE) (“Ramal do Gesso”), com o objetivo de garantir uma circulação rápida, segura e de baixo custo para os principais pólos econômicos da região e para os portos de Suape (PE) e Pacém (CE).

Estudos elaborados pelo Ministério dos Transportes e pelo GEIPOT em setembro de 1988 apontaram os benefícios e a viabilidade da construção do empreendimento.



Em decorrência desse cenário favorável, o GEIPOT contratou firmas especializadas para desenvolver o Projeto Final de Engenharia da Ligação Ferroviária Petrolina – Salgueiro – Missão Velha, que ficou concluído em setembro de 1989.

Posteriormente tomou-se a iniciativa de promover novos estudos e projetos contemplando uma nova alternativa de traçado de tal forma que a ferrovia se aproximasse de alguns pontos de interesse de cargas, tais como Parnamirim e o pólo gesso de Araripina, não previstos originalmente no projeto desenvolvido pelo GEIPOT.

Em 2002 o Governo do Estado de Pernambuco elaborou estudos e novos projetos básicos de engenharia desenvolvidos para o trecho Petrolina – Salgueiro adotando nova alternativa de traçado contemplando um ramal de acesso ao pólo gesso de Araripina que se constitui no Projeto Final de Engenharia ora concluído pela ECOPLAN Engenharia Ltda.

Atualmente, com o desenvolvimento da nova fronteira agrícola ao Sul dos estados do Piauí e Maranhão e, também a Oeste do Estado da Bahia, aventou-se a possibilidade de expansão do “Ramal do Gesso” até o Estado do Piauí, mais particularmente até a cidade de Elizeu Martins.

1.2.2. O Pólo Gesso do Araripe.

O Pólo Gesso do Araripe está localizado em Pernambuco na região fronteira com os Estados do Piauí e Ceará. Fazem parte do Pólo os municípios de Araripina, Bodocó, Ipubí, Ouricuri e Trindade. O Pólo Gesso possui reservas estimadas de 1,2 bilhões de toneladas. A gipsita ocorre no Pólo em grandes concentrações, apresenta teor de pureza próximo a 96 % e a mineração a céu aberto, é facilitada pela presença de pequena cobertura de material estéril e suas características naturais permitem uma comercialização do mineral com um mínimo de preparação e classificação. A gipsita é empregada na fabricação de gessos, cimento portland, placas de gesso acartonado, indústria de vidro plano, corretivo agrícola, etc.

O transporte tem sido um dos grandes gargalos na evolução do pólo gesso. O rodoviário é praticamente o único modal disponível. Apenas 5% da demanda empregam uma conjugação modal com a ferrovia, realizada em Juazeiro (BA) (gipsita para Minas Gerais).

O elevado teor de pureza do minério do Pólo Gesso o faz desejado pelos grandes fabricantes americanos de placas de gesso acartonado. Foram realizadas missões de prospecção àquele país e foram recebidas inúmeras consultas para exportar quantidades anuais acima de cinco milhões de toneladas. Os negócios são inviabilizados pela ineficiência das vias de transporte e do desaparecimento dos portos regionais.



1.2.3. O Ramal do Gesso

A estaca zero do projeto do Ramal do Gesso (Lote 3) tem início junto à rodovia PE-155, a cerca de 4 km ao sul da interseção com a rodovia BR-316, próximo à cidade de Parnamirim, no Estado de Pernambuco. Ver mapa de localização a seguir.

Nesse ponto foi projetado um triângulo de reversão que permite direcionar o fluxo ferroviário do Ramal do Gesso para o sul em direção à Petrolina ou na mesma diretriz em direção à Salgueiro e daí para o norte em direção ao porto de Pacém ou para o leste em direção ao porto de Suape.

Na seqüência o traçado inflete em direção à BR-316 atingindo o ponto mais próximo com a mesma a cerca do km 10 do ramal. Daí até o km 45, aproximadamente, matem-se paralela à rodovia á uma distância de 900m, aproximadamente.

Então volta a afastar-se da rodovia em direção sudoeste, de modo a cruzar a rodovia BR-122 a cerca de 6 km a sudoeste da cidade de Ouricuri e, após desenvolver um amplo arco contornando a região do açude Tamboril tem seu final novamente nas proximidades da BR-316, ao norte da cidade de Trindade.

O término da ferrovia é constituído por uma përa ferroviária destinada ao retorno, coleta e manuseio das cargas provenientes do pólo gesseiro.

As características geométricas do traçado são compatíveis com a velocidade de projeto de 80 km/h, raio mínimo das curvas horizontais de 400m, rampas máximas de 1,0 e 0,6% para os sentidos de importação e exportação, respectivamente.

Para minimizar os cruzamentos com a ferrovia foram projetados viadutos para passagem superior das rodovias federais (BR-122) e estaduais (PE-155) e 26 passagens inferiores para estradas vicinais. Para possibilitar a interligação das propriedades cortadas pela ferrovia foram previstas 33.540m de estradas laterais que conduzem às passagens inferiores.

Além dos viadutos e passagens inferiores, completam as obras de arte 4 pontes de concreto protendido com os seguintes vãos: uma de 25m duas de 75m e uma de 125m.

Ao longo da ferrovia foram projetados quatro pátios de cruzamento com extensão de 2500m entre marcos e 2645,63m entre agulhas. Dois deles terão a superestrutura construída junta mente com a



linha geral e dois outros somente a infra-estrutura ficando a conclusão da superestrutura para uma segunda etapa.

As principais premissas consideradas no projeto foram:

- Transporte inicial: 4MTPA chegando a 7MTPA com o passar dos anos;
- 430 trens por ano chegando a 700 com o passar dos anos;
- Trem tipo: 2 locomotivas e 110 vagões;
- Locomotivas EMD (GM) SD70 ou GE Dash 9, peso total 186t com 6eixos, com 4300HP ou 4400HP;
- Vagões com 100t líquidas e 30t de tara;
- Vagão crítico TCT – tanque manga “T”, comprimento de 20m de engate a engate;
- Dormentes de concreto monobloco;
- Fixações PANDROL; Trilhos UIC 60, soldados;
- Bitola mista: 1,60 e 1,00m;
- Gabarito de livre passagem: 8,00 x 5,60 (V x H).

1.3. RELATÓRIOS DO PROJETO

Fazem parte dos relatórios do Projeto Executivo de Engenharia os seguintes volumes:

VOLUME 1 - RELATÓRIO DO PROJETO E DOCUMENTOS PARA A LICITAÇÃO

O volume apresenta os resultados dos estudos e projetos das atividades que envolvem a construção da ferrovia. Constam também a documentação para licitação, as planilhas de quantidades e as especificações.

**VOLUME 2 - PROJETO DE EXECUÇÃO**

O volume apresenta quadros, desenhos e plantas resultantes dos estudos e projetos desenvolvidos.

VOLUME 2A - PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

O volume apresenta as plantas, desenhos e quadros das obras-de-arte especiais do trecho em questão.

VOLUME 3 - MEMÓRIA JUSTIFICATIVA

O volume apresenta as memórias de cálculos, de justificativas e textos com os métodos adotados para as soluções propostas.

VOLUME 3A – RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL

Apresenta o relatório de avaliação ambiental.

VOLUME 3B - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

O volume apresenta os boletins de sondagens e os resultados dos ensaios do subleito da via, das jazidas, dos areais, da pedra e das obras-de-arte especiais.

VOLUME 3C - MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ESTRUTURAS

O volume apresenta as metodologias e os resultados dos estudos e projetos das obras-de-arte especiais do trecho em questão.

VOLUME 3D - NOTAS DE SERVIÇOS E CÁLCULO DE VOLUMES

O volume refere-se às notas de serviço e as planilhas de cálculo de volumes para execução da terraplenagem da ferrovia.

VOLUME 3E - PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO

O volume apresenta os critérios adotados, o resumo geral da desapropriação e as plantas cadastrais das propriedades.

VOLUME 3F - RELATÓRIO OPERACIONAL DA FERROVIA

O volume apresenta o projeto de operação ferroviária.



VOLUME 4 - ORÇAMENTO E PLANO DE EXECUÇÃO DA OBRA

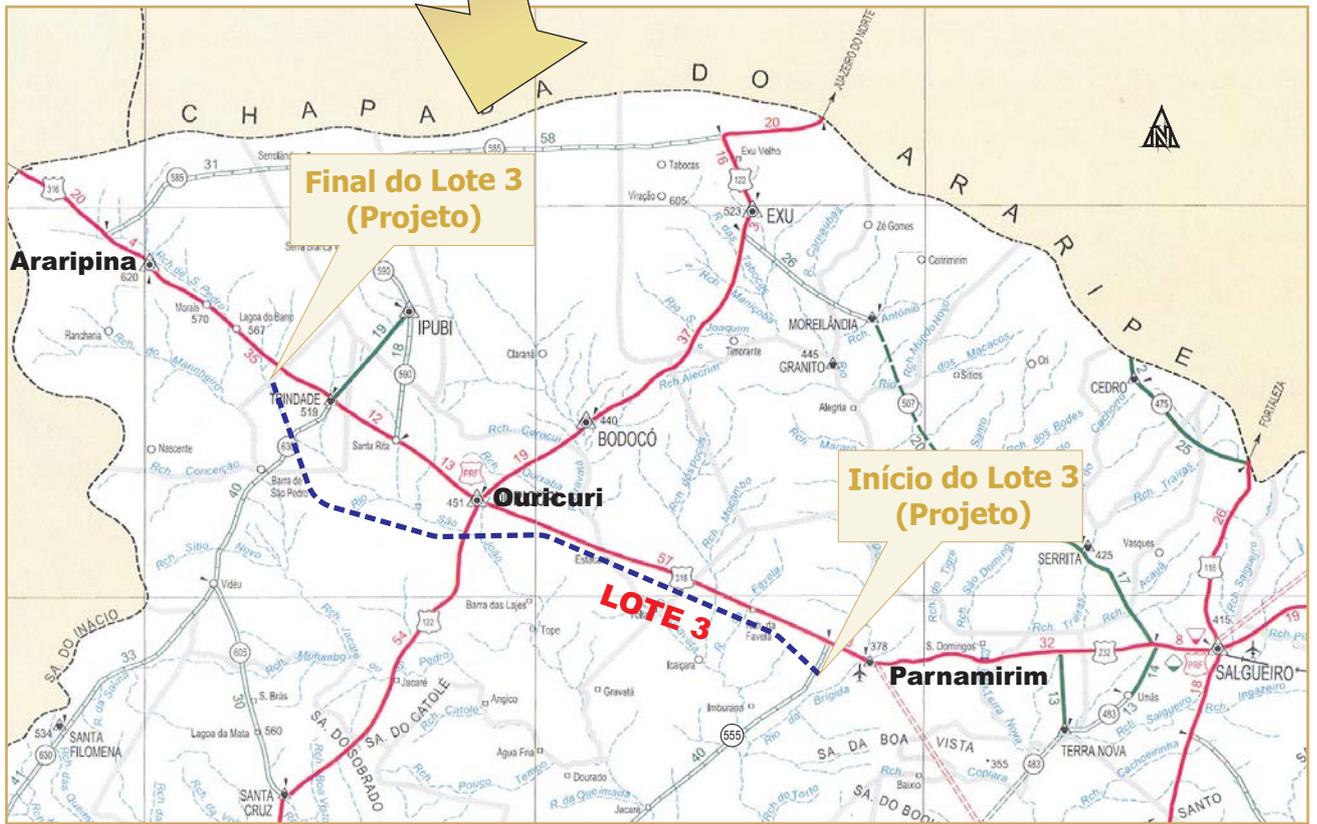
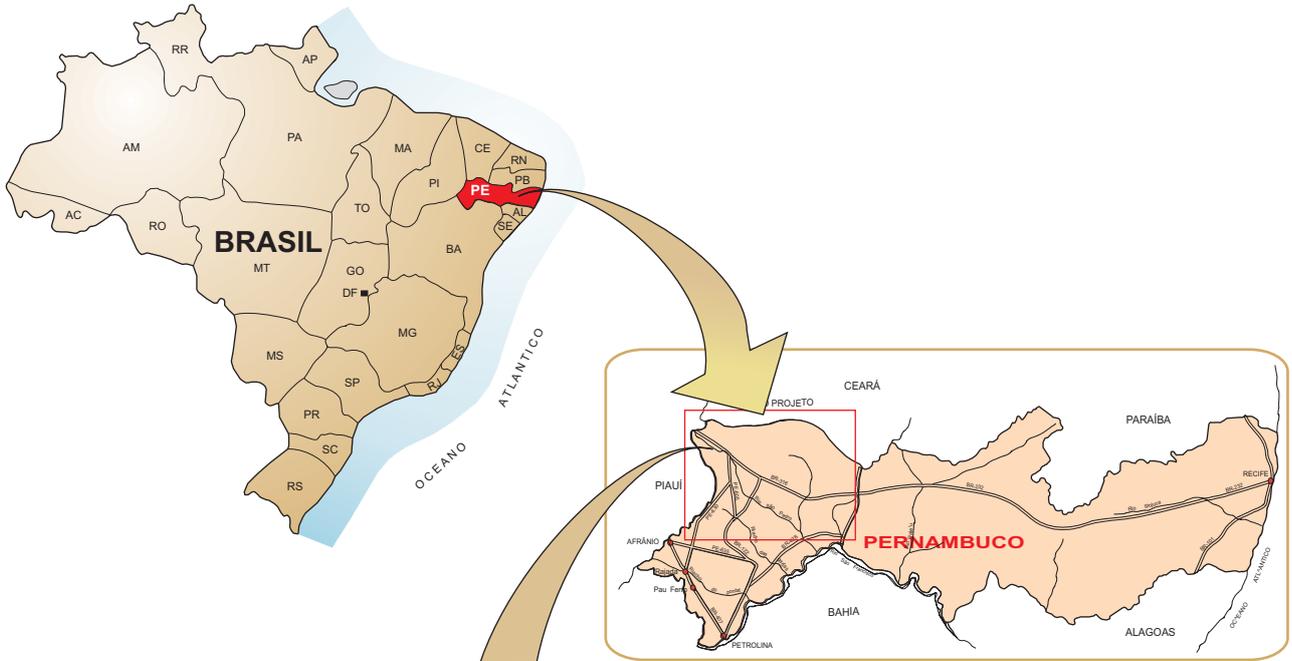
O volume apresenta o orçamento detalhado do projeto e o plano de execução da obra.

CADERNO DE RESPOSTAS À ANÁLISE DE PROJETO

Apresenta as respostas aos questionamentos de todos os itens referentes à análise de projeto.



2. MAPA DE SITUAÇÃO



Traçado da Ferrovia
 - - - - - Lote 3 Parnamirim - Araripina

2	Projeto Executivo	04/10/07	NK	<i>[Signature]</i>	CM
1	Projeto Preliminar	12/04/06	NK	<i>[Signature]</i>	CM
0	Emissão Inicial	19/01/06	NK	<i>[Signature]</i>	CM
Revisão	Descrição	Data	Aprov.	Aut.	

Aprovação	ECOPLAN	Autorização	ECOPLAN
	DNIT		DNIT
Elaboração:	Verificação:	Revisão	Referência Ecoplan:
Jorge M. Basler	Servulo Norberto Klein	2	-

M. T. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES **D.P.P.**

ESCALAS: Ferrovia: Transnordestina
 Trecho : Parnamirim - Araripina Parnamirim - Araripina (112,6 km)
 Lote : 3

DATA: Jan/06 **Mapa de Situação** FOLHA/TOTAL -





3. INTRODUÇÃO



3. INTRODUÇÃO

Em conformidade com os termos do contrato firmado junto a ECOPLAN está sendo apresentado o relatório final da consultoria de engenharia na área de transporte ferroviário destinada a elaboração do projeto de operação ferroviária do empreendimento denominado ferrovia transnordestina, no trecho compreendido entre os municípios de Parnamirim e Araripina no estado de Pernambuco (Km 0,940 ao Km 96,800).

O relatório apresenta o resultado do cálculo dos percursos e cruzamento dos trens característicos, expressos em minutos, o programa horário dos trens no trecho em estudo, utilizando-se a capacidade máxima de transporte calculada em função das características geométricas da via e do comboio ferroviário, capacidade de vazão da via e gráfico de circulação saturado.

Estão registrados também os gráficos (velocidade x distância) ilustrativos da simulação operacional dos trens em ambos os sentidos, a luz das premissas estabelecidas inicialmente pelo contratante.

Todas informações julgadas relevantes para o estabelecimento das variáveis envolvidas no estudo operacional foram obtidas através do termo de referência para elaboração do projeto executivo da ferrovia transnordestina e/ou junto a ECOPLAN.



4. PREMISSAS UTILIZADAS



4. PREMISSAS UTILIZADAS

O desenvolvimento deste trabalho pautou-se na literatura ferroviária disponível, e na experiência profissional acumulada ao longo de anos pelos técnicos envolvidos no mesmo.

Foram consideradas premissas básicas para fundamentar o desenvolvimento do raciocínio lógico e chegar ao produto final pretendido. Dentre estas foram relacionadas as seguintes:

- O trem característico estabelecido para o estudo é composto por locomotivas de 4.300 HP, do tipo SD70M-2 DC traction e vagões de uma frota composta por Hopper Fechado tipo HFT, por ser o vagão mais representativo, dentre os que serão utilizados no transporte, estando desta forma, para efeito de cálculos, a favor da segurança.
- A velocidade diretriz do trecho em estudo é de 80 km/h
- Os Aparelho de Mudança de Via (AMV) utilizados na linha principal possui abertura de 1:14 tipo UIC 60 permitindo a circulação de trens em sentido reverso com velocidade de até 80 km/h.
- A extensão dos pátios previstos para o cruzamento dos trens no trecho em estudo é de 2.500 metros úteis (distância entre marcos de entrelaço).
- Foi considerado que na primeira etapa da construção da via, do trecho em estudo (Parnamirim - Araripina), serão implementados dois pátios de cruzamento, dos quatro previstos até o final do projeto.
- O estudo operacional se restringe ao trecho em análise (Parnamirim - Araripina), em função do desconhecimento das informações pertinentes ao trecho subsequente
- No exercício de simulação para determinar os tempos de circulação dos trens característicos considerou-se que todos os vagões previstos no sentidos exportação estarão carregados.
- Adotou-se neste estudo que o trem no sentido de exportação, terá sempre prioridade na circulação e como tal, nos cruzamentos previstos, os trens no sentido de importação aguardarão a passagem do primeiro.



- No cálculo dos tempos de circulação dos trens foi atribuído valor mínimo de 7 min para o cruzamento dos trens, o que pressupõe um sistema de licenciamento moderno e eficiente.
- Considerando-se que, no âmbito deste trabalho, não se tem conhecimento da demanda existente com origens e destinos definidos, não foi feito qualquer cálculo para estabelecer a frota de vagões e locomotivas necessárias.
- O cálculo dos percursos dos trens a serem utilizados no trecho de ferrovia a ser construído, Parnamirim – Araripina, foi realizado levando-se em conta os dados do perfil geométrico disponibilizado, o tipo de locomotiva e dos vagões escolhidos.

De posse de todas os dados preliminares passou-se ao exercício da simulação operacional do sistema ferroviário objetivando dentre outros aspectos, conhecer a capacidade bruta (em tonelada) do trecho, o tempo de percurso dos trens, o comportamento das velocidades desenvolvidas nos diversos trechos pelo trem e conseqüentemente elaborar o programa horário para os mesmos, assim como identificar a capacidade máxima de trens em circulação por dia.



5. GEOMETRIA DA VIA



5. GEOMETRIA DA VIA

A via permanente, com todas as suas características técnicas, em um sistema ferroviário se apresenta como fator decisivo ao dimensionamento da frota de veículos ferroviários, velocidade operacional, percursos, quadro de lotação, localização dos pátios de cruzamento e eventualmente estações.

O projeto em análise prevê a construção de uma linha férrea singela no trecho compreendido entre os municípios de Parnamirim e Araripina localizados no estado de Pernambuco. Esta ferrovia que será construída deverá suportar velocidades de até 80 Km/h.

O projeto construtivo da via permanente estabeleceu rampa máxima compensada de 0,6% no sentido de exportação, enquanto que no sentido de importação o projeto estabelece rampa compensada de 1,03%

Com relação a planimetria da via o raio mínimo de curva indicada no projeto geométrico disponibilizado é de 1.500 metros.

Os dados geométricos dos trechos encontram-se representados de forma associada e de fácil visualização nos gráficos "Curvas e Rampas x Km da Linha" localizado nos anexos deste relatório.

De posse das diretrizes estabelecidas para a construção da via permanente, foram extraídos todos os parâmetros necessários, que são considerados no processo do cálculo iterativo utilizado para determinar, o tempo de viagem dos trens que circularão entre Parnamirim e Araripina.



6. PÁTIOS DE CRUZAMENTO



6. PÁTIOS DE CRUZAMENTO

O projeto da ferrovia transnordestina para o trecho compreendido entre os municípios de Parnamirim e Araripina, estado de Pernambuco, prevê a construção de 04 (quatro) pátios de cruzamento até o final do projeto.

Estes pontos possuirão plataforma em nível com extensão mínima de 2.645,6 metros, nos quais serão implantadas as linhas de cruzamento, com distâncias de marcos de entrevista de 2.500 metros.

Considerando-se que não foi disponibilizado o lay-out que será utilizado em tais pátios, fica aqui o registro da recomendação de ser construída uma linha de estacionamento de veículos ferroviários, além da que será utilizada para os cruzamentos de trens. Esta linha poderá ser construída com uma extensão de 300 metros e será utilizada para o estacionamento dos veículos da Via Permanente, assim como aqueles vagões ou locomotivas que por algum motivo não possam mais prosseguir no trem.

O quadro a seguir registra a localização destes pátios, os quais foram fornecidos pela ECOPLAN.

SENTIDO TRÁFEGO	ESTAÇÃO	Km Inicial	Km Final	Extensão (m)
Panamirim	P - 01	6.211,1	8.711,1	2.500
	P - 02	29.351,1	31.851,1	2.500
	P - 03	51.091,1	53.591,1	2.500
	P - -4	70.571,1	73.071,1	2.500
Araripina	Pera	94.179	96.650	-



7. LOCOMOTIVAS



7. LOCOMOTIVAS

Para o trabalho em questão ficou pré-estabelecido que a locomotiva a ser utilizada, será a SD70M-2 DC Traction de fabricação General Motors, cujas características encontram-se registradas a seguir:

ELEMENTOS	UNID.	VALORES
Distância entre Engates:	m	22,63
Largura:	m	3,07
Altura:	m	4,85
Peso Bruto:	kg	180.000
Nº. de Eixos:	ud	6
Peso Aderente:	kg	180.000
Área Frontal:	m ²	14,89
Velocidade Máxima de Operação:	km/h	112,85
Velocidade Mínima de Operação:	km/h	19,00
Esforço Trator de Partida:	kg	73.936,8
Esforço Trator Contínuo:	kg	51.302
Aderência:	%	28
Base Rígida:	m	4,06

Ressalta-se que o tipo de locomotiva, necessária ao deslocamento dos vagões, influencia diretamente na determinação da capacidade prática do sistema, pois delas dependem, o tamanho e velocidade do trem, os quais, por sua vez, afetam os percursos.



8. VELOCIDADE DIRETRIZ



8. VELOCIDADE DIRETRIZ

A velocidade diretriz é utilizada com o objetivo de desenvolver um projeto geométrico (traçado em planta e em perfil) que associado às características técnicas dos materiais a serem empregados na construção de um trecho ferroviário permita que os trens que vierem a trafegar no mesmo consigam praticar a velocidade estabelecida com segurança e eficiência.

A conservação das condições operacionais aos níveis em que foram projetadas será função direta do tipo, qualidade e programa de manutenção a ser empregada no trecho ferroviário.

Como é possível imaginar, a manutenção do trecho demandará a obtenção de faixas de trabalho na via, durante a qual não poderá trafegar trens. Desta forma fica claro que o planejamento da manutenção da via permanente terá uma parcela de influência no cálculo da capacidade de escoamento das cargas transportadas em uma ferrovia, devido a redução da quantidade de trens que circularão por dia.

Devido a falta de definição do plano de manutenção para a nova ferrovia foi estabelecido horários aproximados para realização de tais eventos. Nos anexos deste trabalho encontram-se os gráficos ilustrativos com as faixas de manutenção, as quais poderão ser alteradas, tanto em relação duração e início da faixa.

No presente estudo foi utilizada a premissa, constante no termo de referência, de que a velocidade diretriz para o tráfego de trens com absoluta segurança, ao longo da nova ferrovia será de 80km/h. Esta foi utilizada nos cálculos necessários para o conhecimento das resistências naturais ao movimento dos trens.



9. ESFORÇO TRATOR ÚTIL



9. ESFORÇO TRATOR ÚTIL

Na ferrovia são inúmeros os fatores que interagem com os equipamentos de transporte e como tal impõem determinadas resistências ao movimento do comboio ferroviário, estas resistências representam impactos significativos no dimensionamento do Esforço Trator Útil.

A literatura ferroviária elege como resistências mais significativas ao movimento dos trens, a resistência a inércia, a resistência normal, a resistência de curva e a resistência de rampa, as quais atuam no comboio ferroviário que trafega em um determinado trecho.

Durante o trajeto percorrido pelo trem ele atingirá velocidades variadas, estando, entretanto limitado à máxima do trecho e a mínima de operação do trem. Esta velocidade mínima com que o trem de carga deverá transpor um trecho crítico, caracterizado por rampas e curvas, é definida pelo fabricante, a qual corresponde ao esforço trator contínuo da locomotiva. No caso específico foi utilizada a SD70M-2, com a velocidade mínima de 19 Km/h.

A resistência *normal* se manifesta através do atrito nos rolamentos, atritos nos flanges, e resistência por oscilação ao ar atmosférico.

A resistência de *curva* representa a componente das resistências oferecidas pelas curvas ao movimento do material rodante por atrito nos flanges, choques e arrastamentos.

A outra componente de resistência conhecida como resistência de rampa é influenciada significativamente pelos aclives e declives existentes ao longo do trecho.

Conhecida a resistência total, composta pela resistência de inércia, resistência normal, resistência de curva e resistência de rampa para a locomotiva, o passo seguinte é determinar o esforço trator útil, pois a tonelagem possível de ser rebocada é determinada a partir do conhecimento do esforço trator útil nos engates das locomotivas.

Fica o registro de que a resistência total da locomotiva se altera com a variação das velocidades, das curvas e das rampas.

O esforço trator útil, portanto, é função do peso e resistência total da locomotiva.

A partir do cálculo do esforço trator útil, levando-se em consideração as curvas horizontais e verticais críticas do trecho e todas as variáveis envolvidas, foi calculada a capacidade máxima de tração em cada trecho da nova ferrovia.

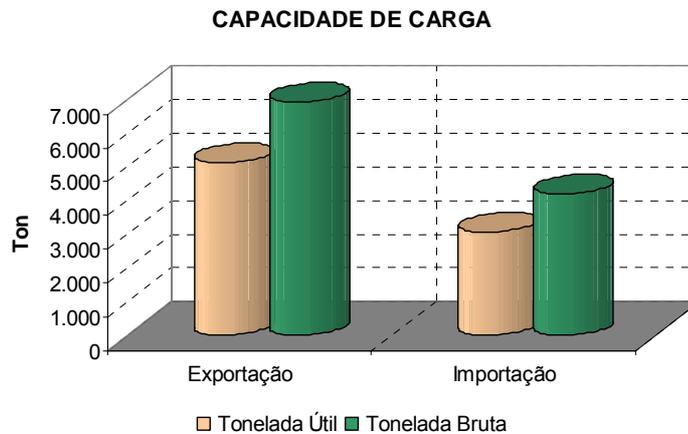


O trecho limitador da nova ferrovia, no sentido importação localiza-se nos segmentos que apresentam rampas compensadas equivalentes a 1%, limitando a capacidade do trem em 4.210 t por locomotiva.

No sentido de exportação, o trecho crítico está associado aos quilômetros com rampas compensadas de 0,6%, limitando-se a capacidade do trem a 6.940 t por locomotiva.

QUADRO DA CAPACIDADE DE CARGA

DESCRIÇÃO	Capacidade de Carga	
	Exportação	Importação
Tonelada Útil	5.148	3.069
Tonelada Bruta	6.940	4.210



Observa-se pelos dados apresentados que a capacidade de carga no trecho em estudo, no sentido importação é menor que no sentido oposto, tudo isto em decorrência das características da via permanente, no que se refere a rampas compensadas.

A seguir encontra-se apresentado o quadro de lotação do trem por trecho, considerando a configuração inicial com a construção de três pátios. (sendo dois de cruzamento).

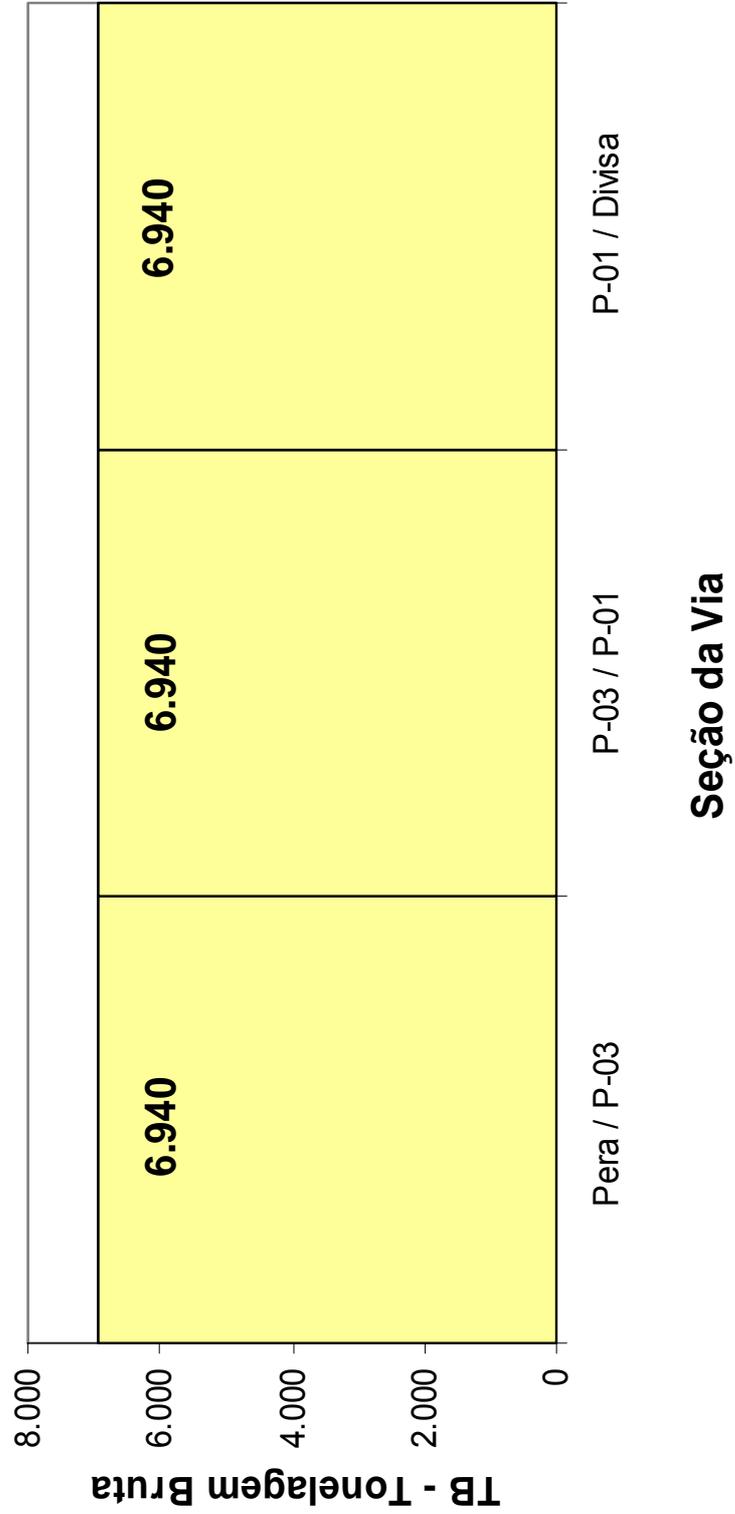


QUADRO DE LOTAÇÃO DO TREM

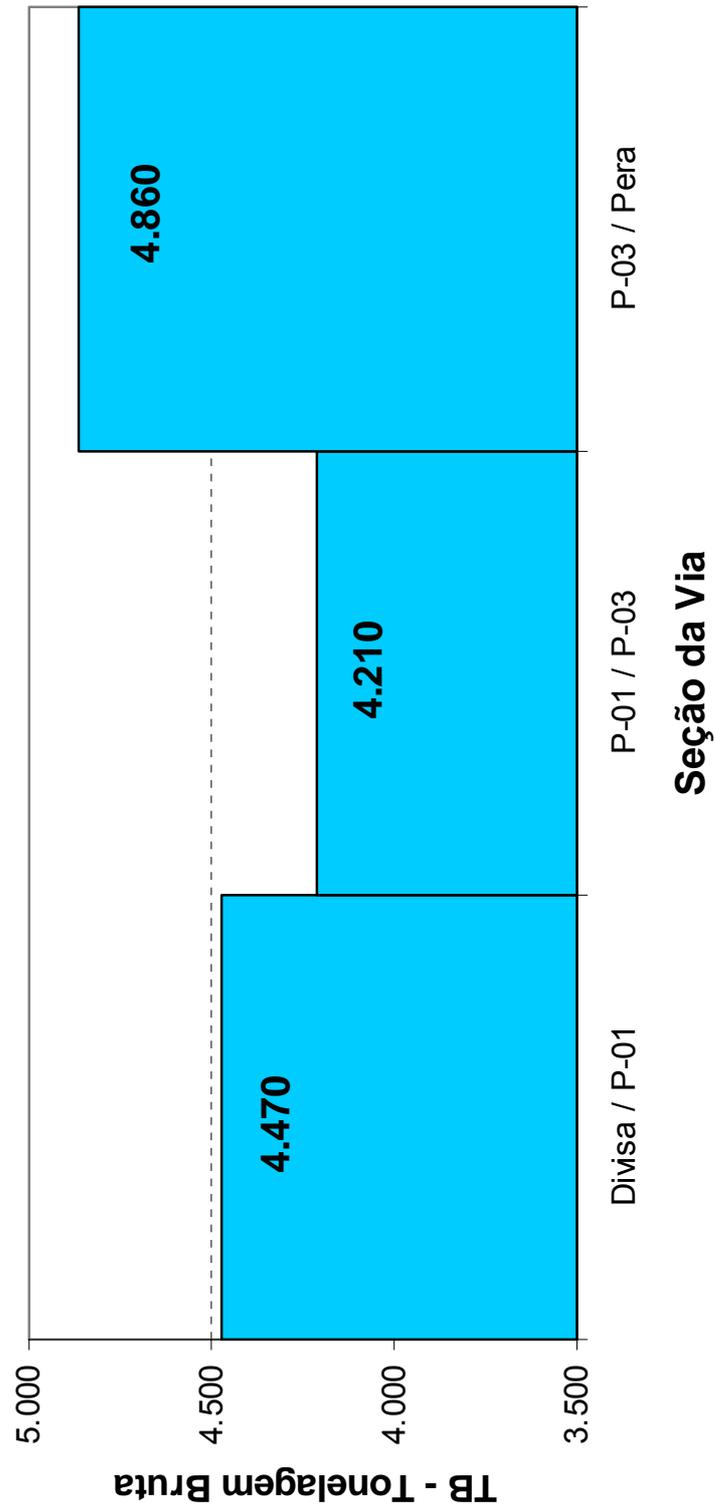
TRECHOS	EXPORTAÇÃO (TB)	IMPORTAÇÃO (TB)
Divisa / P-01	6.940	4.470
P-01 / P-03	6.940	4.210
P-03 / Pera	6.940	4.860



QUADRO DE LOTAÇÃO DO TREM POR TRECHO SENTIDO EXPORTAÇÃO - 1A ETAPA



**QUADRO DE LOTAÇÃO DO TREM POR TRECHO
SENTIDO IMPORTAÇÃO - 1A ETAPA**



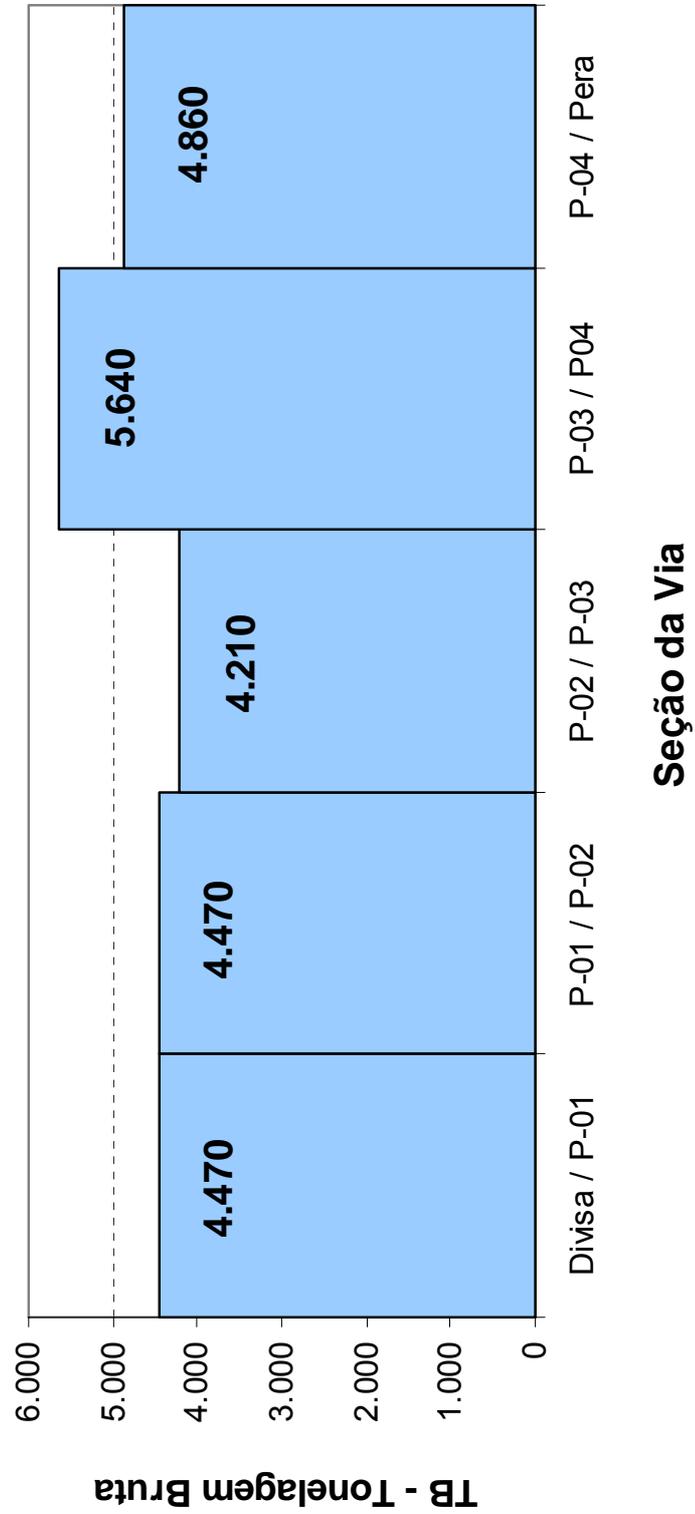


A seguir encontra-se apresentado o quadro de lotação do trem por trecho, considerando a configuração final com a construção de cinco pátios (sendo quatro de cruzamento).

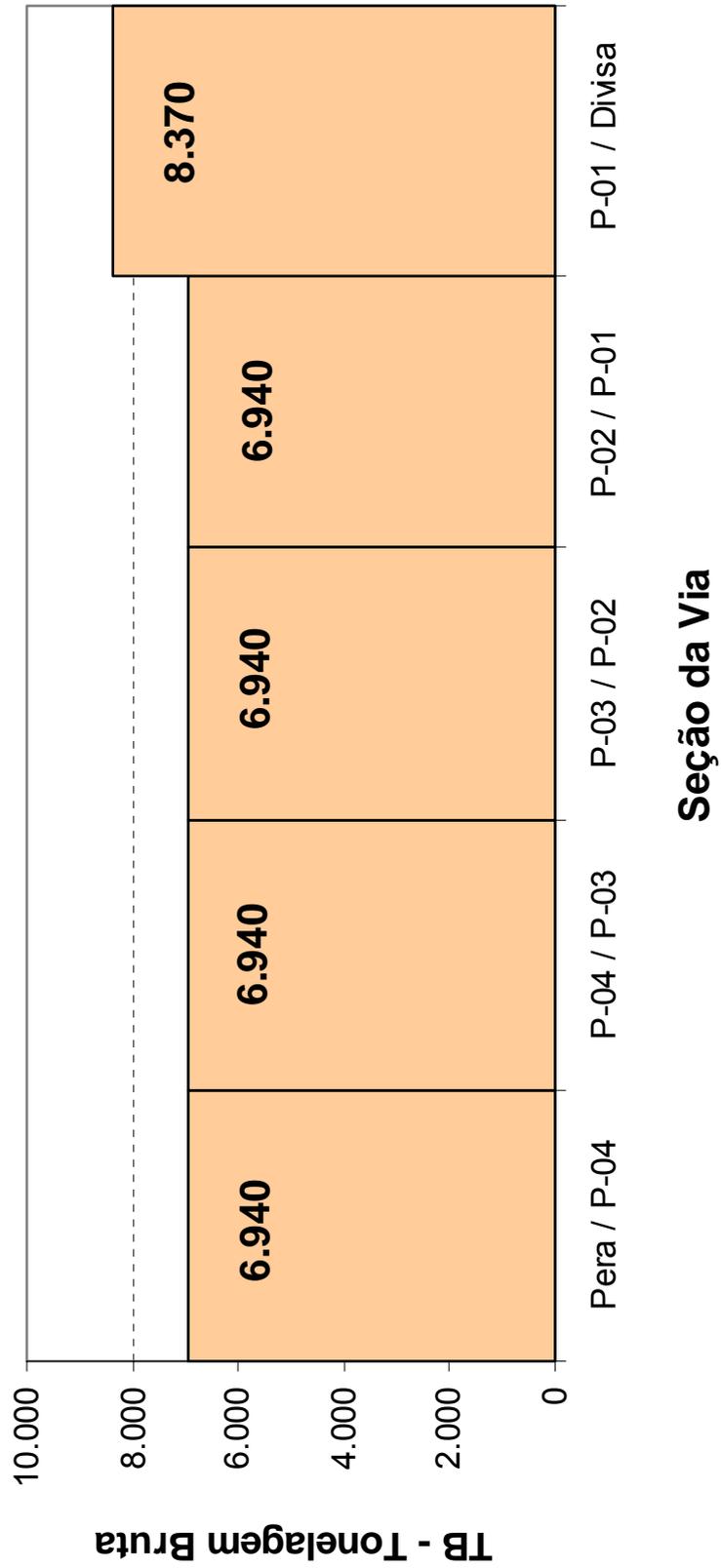
QUADRO DE LOTAÇÃO DO TREM

TRECHOS	EXPORTAÇÃO (TB)	IMPORTAÇÃO (TB)
Divisa / P-01	8.370	4.470
P-01 / P-02	6.940	4.470
P-02 / P-03	6.940	4.210
P-03 / P-04	6.940	5.640
P-04 / Pera	6.940	4.860

QUADRO DE LOTAÇÃO DO TREM POR TRECHO SENTIDO IMPORTAÇÃO - 2A ETAPA



QUADRO DE LOTAÇÃO DO TREM POR TRECHO SENTIDO EXPORTAÇÃO - 2A ETAPA





10. PERCURSO DO TREM



10. PERCURSO DO TREM

No cálculo dos percursos do trem em cada seção da nova ferrovia e sentido de tráfego (importação / exportação) foram considerados diversos parâmetros relacionados às características da via permanente, a exemplo de bitola, rampas, curvas, e os relativos ao trem composto por vagões e locomotivas.

De uma forma simplificada e genérica, a tarefa de obter o percurso do trem, representado por unidade de tempo, se resumiria ao cálculo matemático a partir do conhecimento da distância a ser percorrida e a velocidade teórica a ser empregada, entretanto é sabido que esta não se resume a tal prática.

Ocorre que os parâmetros da via permanente associados às características da locomotiva e dos vagões utilizados para o transporte de cargas impõem resistências naturais ao sistema, as quais variam a cada instante em decorrência das curvas e rampas existentes no trecho da ferrovia, e trazem conseqüências diretas a velocidade do trem. Ou seja, não é possível imaginar que em condições normais, o trem consiga uma velocidade constante em todo o trecho da ferrovia.

$$t = m \int_0^v dv / F_{ac} \quad (1)$$

onde:

t – tempo

m – massa total transportada

v – velocidade

F_{ac} – força aceleradora

O cálculo do percurso deveria ser feitos através da fórmula (1), entretanto, objetivando-se aproximar deste cálculo foram utilizadas, na prática, sucessivas variações de velocidade adaptadas ao trecho em referência, cujas variações podem ser verificadas nos gráficos “Velocidades do Trem” nos anexos deste relatório.

Todas as resistências naturais que atuam em relação ao movimento do trem, comparadas ao binômio Esforço Trator Útil x Peso Aderente da locomotiva a cada momento do percurso, identificam as velocidades possíveis de serem empregadas.

Para o cálculo do percurso, utilizou-se as características da locomotiva e a capacidade máxima que ela poderá tracionar, em função da geometria da via. Estes cálculos indicaram um trem característico composto



por uma locomotiva mais 52 vagões carregados (6.940 t), tipo HFT, carregados, no sentido exportação. Já no sentido de importação o trem característico será formado por uma locomotiva e tonelagem equivalente a 31 vagões carregados (4.210 t), tipo HFT.

Para o dimensionamento dos percursos dos trens a serem utilizados no trecho da ferrovia a ser construído, Parnamirim – Araripina, foi realizado levando-se em conta os dados do perfil geométrico disponibilizado, o tipo de locomotiva e dos vagões escolhidos.

Na seção de anexos são apresentados os gráficos de circulação para as duas fases do projeto.



11. CAPACIDADE DE VAZÃO DA VIA



11. CAPACIDADE DE VAZÃO DA VIA

As condições oferecidas pela ferrovia para a realização do transporte de carga são função de determinadas características físicas relacionadas ao sistema ferroviário. Entre estas características se destacam aquelas vinculadas; à frota, a via permanente e as instalações fixas.

Entende-se por capacidade de tráfego ou vazão de um trecho ferroviário o número de trens que poderão circular num determinado intervalo de tempo (geralmente 24 horas).

No caso de linhas singelas, em que existem cruzamentos de trens, utiliza-se, tradicionalmente, a fórmula de COLSON.

$$C_p = K \times \frac{(1440 - T_m)}{(T_i + T_v + T_c)}$$

Onde;

C_p - capacidade prática (pares de trens/dia)

K – coeficiente de irregularidade

T_i – tempo de ida (min)

T_v – tempo de volta (min)

T_c – tempo de cruzamento (min)

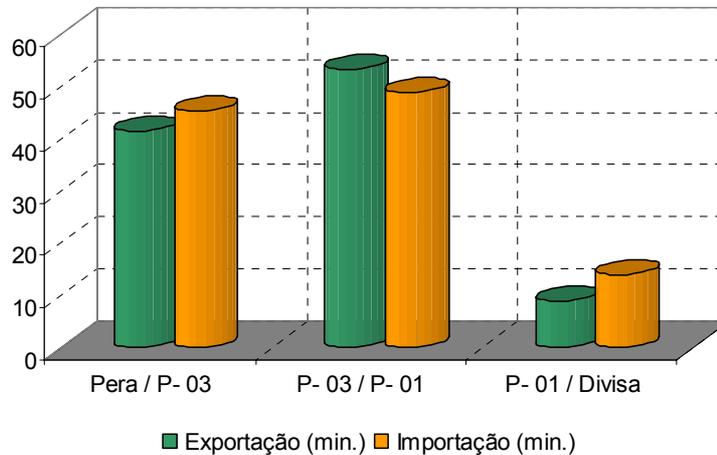
T_m – tempo de manutenção da via (min)

Conhecidos os percursos dos trens nos sentidos de exportação e importação, através do exercício de simulação realizado para os trens que circularão no trecho em estudo (primeira etapa - considerando-se dois pátios de cruzamento), observa-se que os tempos se equivalem, como pode ser visto no quadro a seguir e respectivo gráfico.

SEÇÃO	PERCURSO	
	Exportação (min.)	Importação (min.)
Pera / P- 03	41,56	45,36
P- 03 / P- 01	53,31	48,95
P- 01 / Divisa	8,88	13,90



PERCURSOS DO TREM



Estes tempos aplicados a fórmula de COLSON, permitem estimar que a capacidade de vazão da ferrovia com a configuração de três pátios e conseqüentemente dois pontos de cruzamento, será de 11 pares de trens / dia.

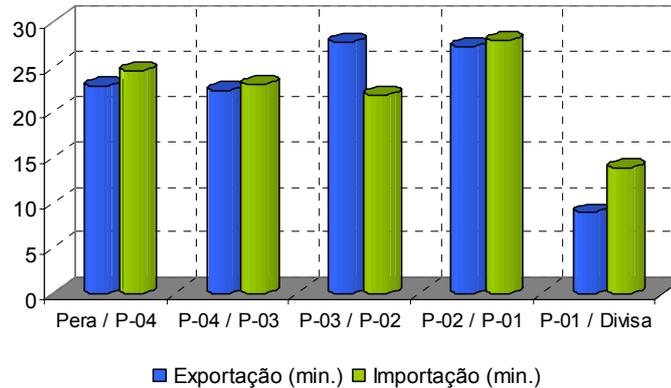
No futuro, com a construção da complementação dos pátios projetados, os percursos serão os indicados na tabela a seguir.

SEÇÃO	PERCURSO	
	Exportação (min.)	Importação (min.)
Pera / P - 04	22,85	24,47
P - 04 / P - 03	22,39	23,07
P - 03 / P - 02	27,72	21,93
P - 02 / P - 01	27,20	27,94
P - 01 / Divisa	8,90	13,90

Com esta configuração, quatro pontos de cruzamento, a capacidade de vazão do trecho calculada é de 19 pares de trem.



PERCURSOS DO TREM



OBS: Em função da falta de informação quanto a política de manutenção da via permanente, nos cálculos apresentados não foi levado em consideração o tempo necessário para tal finalidade. Ressalta-se, porém que para maior representatividade, foi adotada faixa de manutenção, em torno de 4 hs, com a suspensão da circulação de trens no gráfico saturado encontrado na seção de anexos.

Ressalta-se que o cálculo da capacidade de vazão de uma linha através de formulas, são aproximados e que o cálculo exato do número de trens que podem circular em um período de 24 hs, denominada de "capacidade de tráfego", só poderá ser obtida com maior precisão, "grafando-se" os trens no gráfico de circulação, mantendo-se uma periodicidade diária, permitindo com isto atender aos terminais de carga e descarga.

Nos Gráficos de Circulação foi adotado um acréscimo de 10% no percurso entre as estações em função da influência do fator humano no desempenho operacional do trem. Este aumento está refletido no tempo de cruzamento. O tempo de cruzamento está composto por 7 min entre a chegada do primeiro trem em relação ao segundo, visando garantir a segurança operacional, e no mínimo mais 5 minutos para a partida do trem que primeiro chegou ao ponto de cruzamento.



12. CAPACIDADE DE TRANSPORTE



12. CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Considerada como sendo a quantidade de unidades de carga que pode ser transportada, entre dois pontos de um sistema ferroviário, sob determinadas condições de serviço, em uma unidade de tempo.

No quadro “Capacidade de Transporte” na seção de anexos, para melhor visualizar os quantitativos que poderão ser transportados, são apresentados a TU por dia, por mês e por ano.

Observa-se no referido quadro que os volumes de TU possíveis de serem transportados são bastante significativos.

Quando da definição do trem típico, a luz dos estudos de demanda, deverá se ter o cuidado de calcular a tonelada ajustada do trem em função da diversificação dos tipos de vagões, denominada Carro Fator.

No caso de um único tipo de vagão na composição do trem, como o adotado no estudo operacional realizado, não se faz necessário o cálculo do Carro Fator, pois este equivalerá a unidade.

Em que pese não se disponha do estudo da demanda, pode-se afirmar que as toneladas calculadas a serem transportadas, de carga geral, são bastante representativas para o modelo ferroviário nacional atual.

Verifica-se ainda que alterando-se a composição do trem característico para 02 locomotivas e 104 vagões carregados, o volume a ser transportado duplicará.

Apesar dos volumes de TU calculados, estes valores poderão sofrer alterações em virtude do trecho estudado terminar antes da estação recompositora (Salgueiro), fato que poderá comprometer as avaliações efetuadas. O conhecimento do estudo operacional do trecho Parnamirim – Salgueiro é de fundamental importância para a validação dos cálculos efetuados.



13. COMENTÁRIOS



13. COMENTÁRIOS

O projeto operacional é importante para atender a expectativa de horizonte da demanda a ser transportada, pois através deste são definidas as localizações das estações, os tipos de equipamentos, vagões, locomotivas, etc, além de proporcionar meios para projetar as diversas fases de crescimento dos volumes de cargas, ou seja, o aumento da capacidade de vazão poderá ser modulado até atingir o horizonte do projeto. Este tipo de abordagem permitirá definir a localização das estações em função dos percursos ao invés das distâncias pré-estabelecidas, proporcionando desta forma maior eficiência do sistema.

Um trabalho com tais características não pode prescindir de uma avaliação econômica visando identificar a época adequada para cada etapa do projeto bem como estabelecer estratégias de implementação.

Considerando-se tal necessidade, são apresentados comentários sobre o projeto, a luz de uma visão econômica/estratégica, em que pese não se ter feito aprofundamentos em análises econômicas.

A) CARACTERÍSTICAS DE UM PROJETO OPERACIONAL FERROVIÁRIO

Como citado acima, o desenvolvimento de um projeto operacional para qualquer ferrovia é de suma importância, para validar as premissas imaginadas na elaboração do projeto ferroviário em si. Portanto durante o desenvolvimento destes projetos torna-se imprescindível a interação entre as equipes responsáveis pelo projeto geométrico e pelo projeto operacional.

B) CAPACIDADE DE TRAÇÃO x VELOCIDADE COMPENSADA

Todo o desenvolvimento do projeto leva em consideração o aspecto da capacidade de tração e velocidades, desta forma fica garantido que na eventualidade do Trem, por algum motivo indesejado (avarias, ocorrências imprevistas, etc), venha a interromper a circulação em qualquer ponto da Via, este, após o restabelecimento da ocorrência, tem condições de prosseguir sua trajetória sem a necessidade de auxílios ou corte da composição. Acrescenta-se, ainda que os exercícios de simulação efetuados apontam para um acréscimo superior a 10% de carga caso a operação seja efetuada excluindo a possibilidade de ocorrências indesejáveis. Deverá portanto ficar ao critério da empresa operadora esta decisão de incorrer em maior ou menor risco operacional. O nível de treinamento do pessoal da



operação bem como uma manutenção apurada dos equipamentos e da Via são elementos fundamentais para a tomada de decisão.

C) FORMAÇÃO DO TREM CARACTERÍSTICO

Em virtude da falta dos dados da demanda de carga não é possível determinar o provável trem típico a ser utilizado, entretanto, objetivando proporcionar avaliação mais próxima da realidade, elaborou-se, a luz do mercado regional, predominantemente formado de carga geral, um modelo de trem característico que poderá circular no segmento estudado. Esta análise visa avaliar com maior precisão os dados de transporte e comprimento dos desvios.

Foi adotada para simulação uma alternativa, com base nas considerações apresentadas, de trem característico com a seguinte formação:

1 Locomotiva + 49 vagões carregados + 13 vagões vazios, no sentido exportação
1 Locomotiva + 21 vagões carregados + 41 vagões vazios no sentido importação

Ressalta-se que na composição apresentada acima está prevista, no trem de importação, o reaproveitamento de oito vagões que seguirão carregados no sentido exportação

Abaixo é apresentado o quadro com o volume de toneladas possível de ser transportadas com esta configuração. É apresentado também o quadro com a utilização de duas locomotivas:

CAPACIDADE DE TRANSPORTE

01 locomotiva

Cenários Utilizados	Pares de Trens		Tonelagem Útil / ano (t)	
	S/ Manut	C/ Manut	S/ Manut	C/ Manut
1 ^A Etapa	12	10	29.937.600	24.948.000
2 ^A Etapa	21	17	52.390.800	42.411.600

02 locomotivas

Cenários Utilizados	Pares de Trens		Tonelagem Útil / ano (t)	
	S/ Manut	C/ Manut	S/ Manut	C/ Manut
1 ^A Etapa	12	10	59.875.200	49.896.000
2 ^A Etapa	21	17	104.781.600	84.823.200



D) DIMENSIONAMENTO DA FROTA PROVÁVEL

Em virtude de não se ter o conhecimento do perfil do trecho subsequente até o pátio de formação ou destino, fica prejudicada qualquer tipo de inferência a respeito do dimensionamento da frota necessária.

E) LOCOMOTIVA DC x AC

Por tratar-se de um novo projeto a ser implantado onde os equipamentos para operação ainda estão sendo avaliados para aquisição, não poderíamos deixar de ressaltar a existência da tecnologia AC (corrente alternada) das novas locomotivas.

As locomotivas AC nunca foram utilizadas pelas ferrovias de carga brasileiras, por isso deverá ser analisado cuidadosamente as vantagens, em relação custo/benefício. As máquinas AC são mais caras, mas em compensação consomem menos combustível. As locomotivas com motores com corrente alternada (AC) apresentam maior aderência e os estudos iniciais apresentam ganhos de 30% na capacidade de carga em relação as de corrente contínua (DC).

O uso de motores de tração de corrente alternada em locomotivas é uma tecnologia da década de 90, hoje amplamente utilizada pelas ferrovias norte-americanas Classe I. O motor de corrente alternada possibilita um controle de tração muito mais fino do que o motor de corrente contínua, evitando que as rodas patinem por esforço excessivo, e por isso podem ser fabricadas com potência acima de 4000 Hp. Assim, um número menor de locomotivas AC substitui um número maior de locomotivas DC (corrente contínua). Embora inédita no segmento de carga no Brasil, a tecnologia AC já é utilizada em veículos ferroviários de passageiros, como os TUEs em operação na Linha 5 do Metrô de São Paulo.

F) CONVENIÊNCIA DE UMA AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Diante das possibilidades levantadas, tais como;

- utilização de mais ou menos trens para o escoamento das cargas;
- possibilidades de programar a construção dos pátios de cruzamento por etapas;
- possibilidades de adequar a operação dos trens permitindo a utilização de mais vagões;



- possibilidade de se optar pelas locomotivas AC, por se tratar de frota a ser adquirida, com ganhos na capacidade de transporte;

Fica reforçada a conveniência de levar em consideração uma avaliação técnica econômica para cada item citado, permitindo a adequação do projeto com ganhos econômicos.



14. CONCLUSÕES



14. CONCLUSÕES

- A infra-estrutura da via nos pontos de cruzamento prevê pátios com 2.500 metros de comprimento útil. Recomenda-se a inclusão de linha auxiliar com extensão de 300 metros úteis.
- O percurso do trem apresenta tempos compatíveis ao modal ferroviário em ambos os sentidos de tráfego.
- Na construção de uma ferrovia, o estudo operacional associado ao projeto construtivo trará subsídios para sua concepção, com ganhos importantes em relação ao custo/benefício do empreendimento.
- Os cálculos realizados através das simulações realizadas, demonstram que será possível escoar diversos patamares de carga e que os mesmos apresentam resultados representativos ao modal ferroviário no que se refere ao transporte de carga geral.
- É necessário que se realize estudo de avaliação econômica, para a definição da estratégia de implantação da nova ferrovia, em função do futuro estudo da demanda.



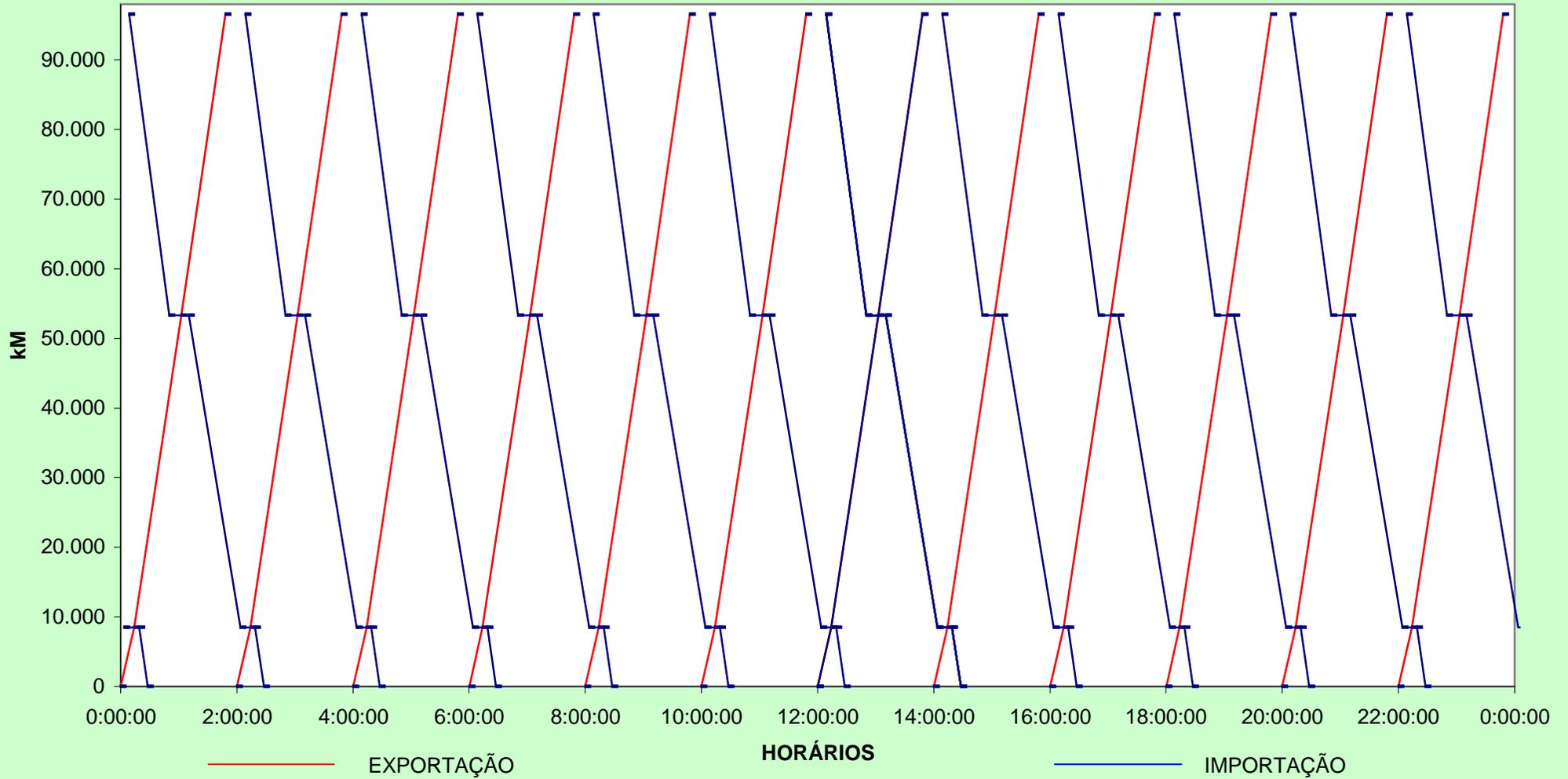
15. ANEXOS



15.1. GRÁFICOS DE CIRCULAÇÃO - SATURADO

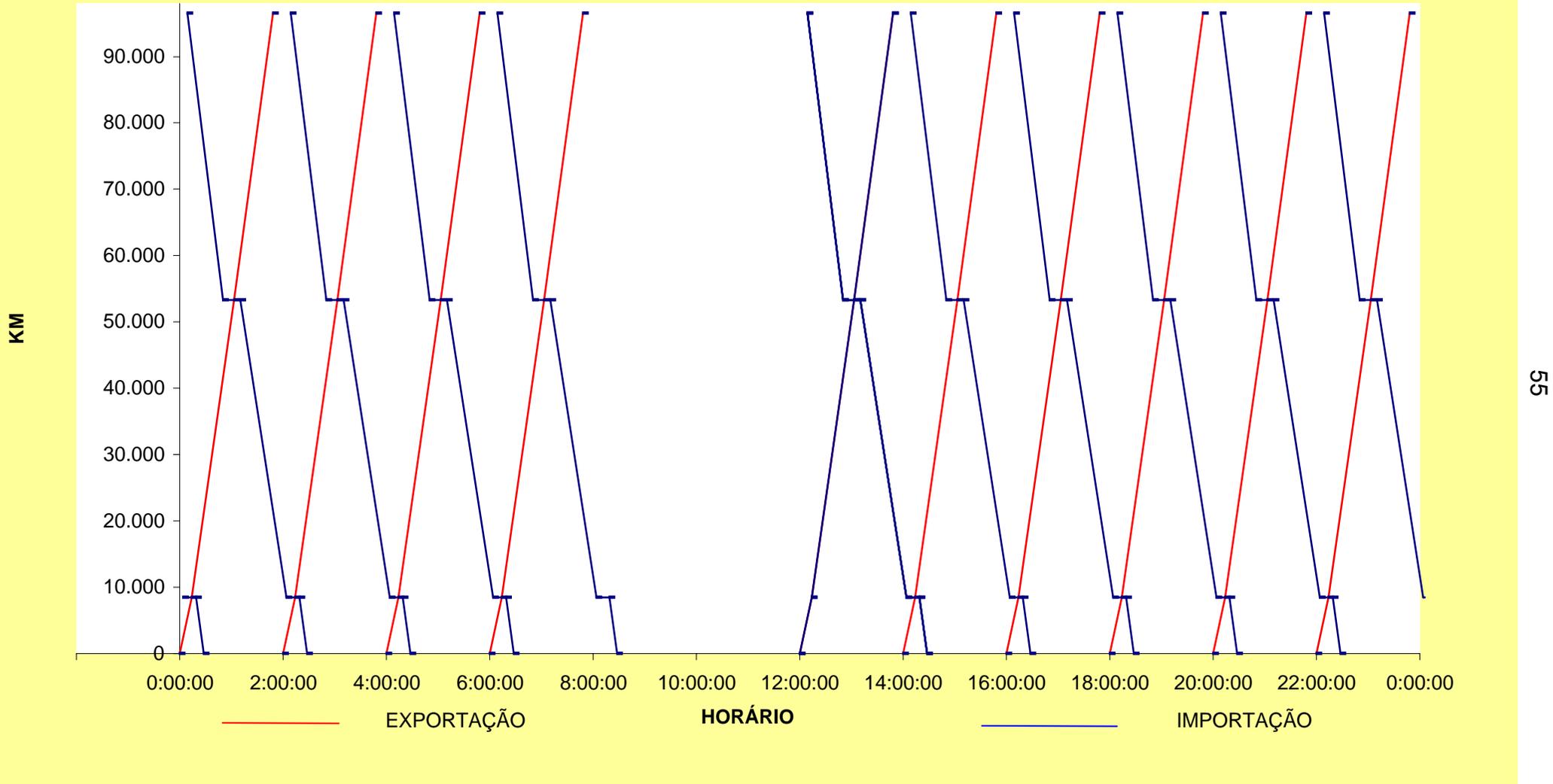
FERROVIA TRANSNORDESTINA

**GRÁFICO DE CIRCULAÇÃO - SATURADO
ALTERNATIVA 1A ETAPA - 12 Pares de Trens**



FERROVIA TRANSNORDESTINA

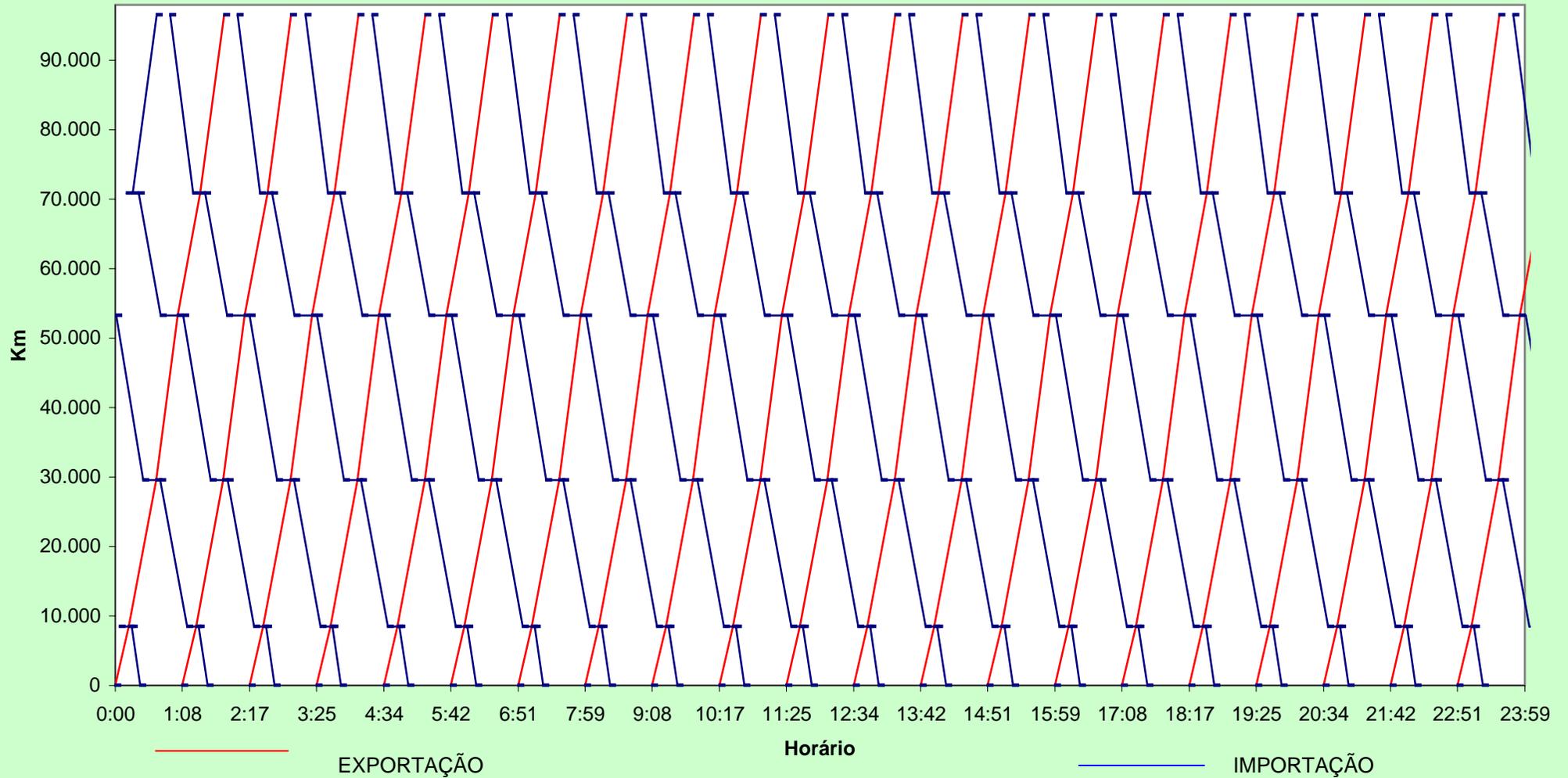
**GRÁFICO DE CIRCULAÇÃO - FAIXA DE MANUTENÇÃO
ALTERNATIVA 1A ETAPA - 10 Pares de Trems**



TRECHO: Parnamirim - Araripina

FERROVIA TRANSNORDESTINA

**GRÁFICO DE CIRCULAÇÃO - SATURADO
ALTERNATIVA 2A ETAPA - 21 Pares de trens**

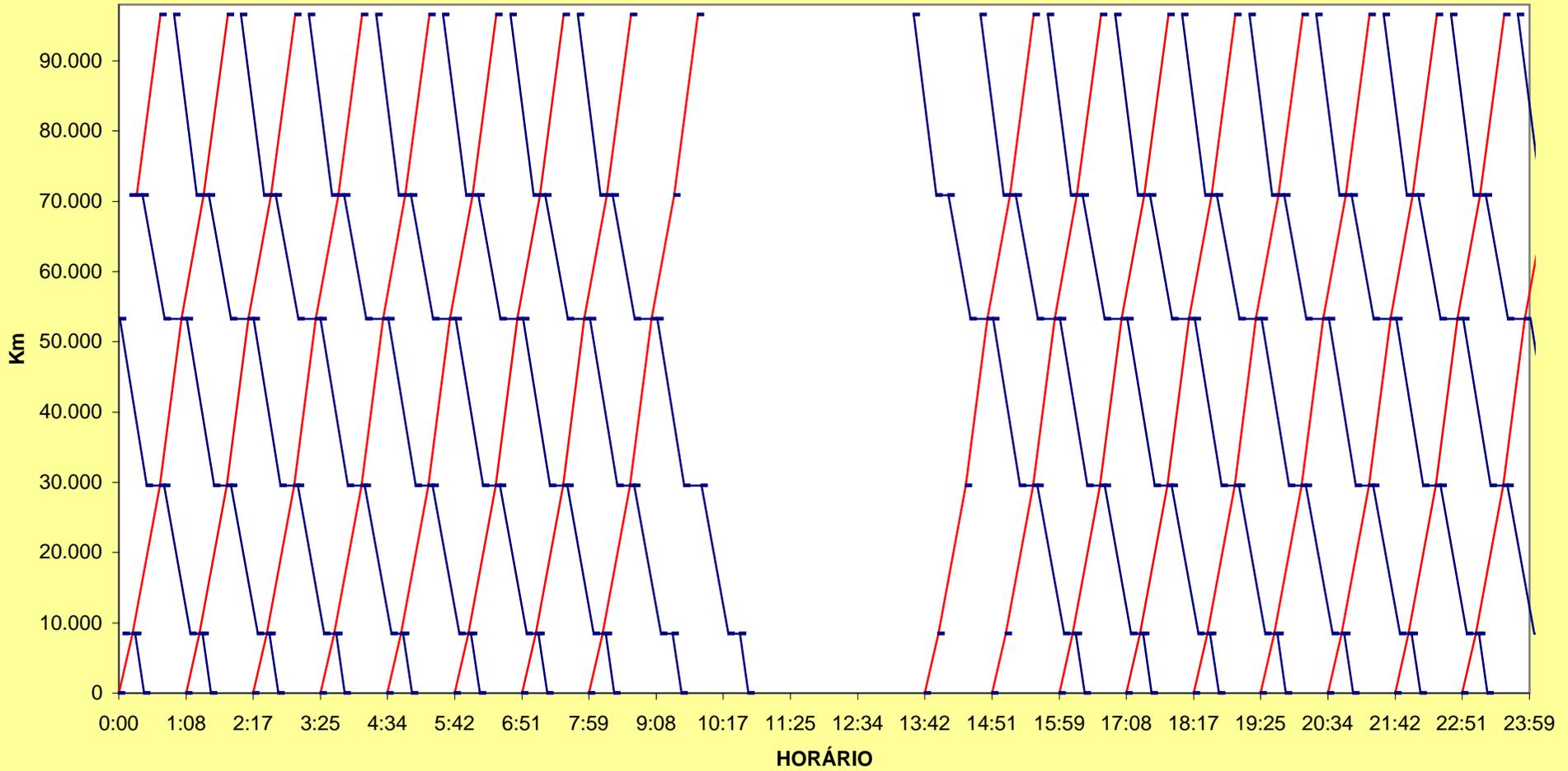


56

TRECHO: Parnamirim - Araripina

FERROVIA TRANSNORDESTINA

**GRÁFICO DE CIRCULAÇÃO - FAIXA DE MANUTENÇÃO
ALTERNATIVA 2A ETAPA - 17 Pares de Trems**



EXPORTAÇÃO

IMPORTAÇÃO

TRECHO: Parnamirim - Araripina



15.2 PROGRAMA HORÁRIO

FERROVIA TRANSNORDESTINA

TABELA DE PROGRAMA HORÁRIO DOS TRENS

SENTIDO: Importação

Estações	Percurso	Km	TREM 1	TREM 2	TREM 3	TREM 4	TREM 5	TREM 6	TREM 7	TREM 8	TREM 9	TREM 10	TREM 11	TREM 12
M.M		0	0:00:00	2:00:00	4:00:00	6:00:00	8:00:00	10:00:00	12:00:00	14:00:00	16:00:00	18:00:00	20:00:00	22:00:00
P1	0:13:54	8.462	0:13:54	2:13:54	4:13:54	6:13:54	8:13:54	10:13:54	12:13:54	14:13:54	16:13:54	18:13:54	20:13:54	22:13:54
P3	0:48:57	53.292	1:02:51	3:02:51	5:02:51	7:02:51	9:02:51	11:02:51	13:02:51	15:02:51	17:02:51	19:02:51	21:02:51	23:02:51
PERA	0:45:22	96.554	1:48:13	3:48:13	5:48:13	7:48:13	9:48:13	11:48:13	13:48:13	15:48:13	17:48:13	19:48:13	21:48:13	23:48:13

SENTIDO: Exportação

Estações	Percurso	Km	TREM 1	TREM 2	TREM 3	TREM 4	TREM 5	TREM 6	TREM 7	TREM 8	TREM 9	TREM 10	TREM 11	TREM 12
PERA		96.554	0:08:45	2:08:45	4:08:45	6:08:45	8:08:45	10:08:45	12:08:45	14:08:45	16:08:45	18:08:45	20:08:45	22:08:45
P3	0:41:35	53.292	0:50:20	2:50:20	4:50:20	6:50:20	8:50:20	10:50:20	12:50:20	14:50:20	16:50:20	18:50:20	20:50:20	22:50:20
P3	0:20:01	53.292	1:10:21	3:10:21	5:10:21	7:10:21	9:10:21	11:10:21	13:10:21	15:10:21	17:10:21	19:10:21	21:10:21	23:10:21
P1	0:53:31	8.462	2:03:52	4:03:52	6:03:52	8:03:52	10:03:52	12:03:52	14:03:52	16:03:52	18:03:52	20:03:52	22:03:52	0:03:52
P1	0:15:02	8.462	2:18:54	4:18:54	6:18:54	8:18:54	10:18:54	12:18:54	14:18:54	16:18:54	18:18:54	20:18:54	22:18:54	0:18:54
M.M	0:08:54	0	2:27:48	4:27:48	6:27:48	8:27:48	10:27:48	12:27:48	14:27:48	16:27:48	18:27:48	20:27:48	22:27:48	0:27:48

FERROVIA TRANSNORDESTINA

TABELA DE PROGRAMA HORÁRIO DOS TRENS

SENTIDO: Importação

Estações	Percurso	Km	TREM 1	TREM 2	TREM 3	TREM 4	TREM 5	TREM 6	TREM 7	TREM 8	TREM 9	TREM 10	TREM 11
M.M		0	0:00:00	1:08:34	2:17:08	3:25:42	4:34:16	5:42:50	6:51:24	7:59:58	9:08:32	10:17:06	11:25:40
P1	0:13:54	8.462	0:13:54	1:22:28	2:31:02	3:39:36	4:48:10	5:56:44	7:05:18	8:13:52	9:22:26	10:31:00	11:39:34
P2	0:27:56	29.546	0:41:50	1:50:24	2:58:58	4:07:32	5:16:06	6:24:40	7:33:14	8:41:48	9:50:22	10:58:56	12:07:30
P3	0:21:56	53.292	1:03:46	2:12:20	3:20:54	4:29:28	5:38:02	6:46:36	7:55:10	9:03:44	10:12:18	11:20:52	12:29:26
P4	0:23:00	70.865	1:26:46	2:35:20	3:43:54	4:52:28	6:01:02	7:09:36	8:18:10	9:26:44	10:35:18	11:43:52	12:52:26
PERA	0:24:28	96.554	1:51:14	2:59:48	4:08:22	5:16:56	6:25:30	7:34:04	8:42:38	9:51:12	10:59:46	12:08:20	13:16:54

SENTIDO: Exportação

Estações	Percurso	Km	TREM 1	TREM 2	TREM 3	TREM 4	TREM 5	TREM 6	TREM 7	TREM 8	TREM 9	TREM 10	TREM 11
PERA		96.554	0:56:09	2:04:43	3:13:17	4:21:51	5:30:25	6:38:59	7:47:33	8:56:07	10:04:41	11:13:15	12:21:49
P4	0:23:25	70.865	1:19:34	2:28:08	3:36:42	4:45:16	5:53:50	7:02:24	8:10:58	9:19:32	10:28:06	11:36:40	12:45:14
P4	0:12:12	70.865	1:31:46	2:40:20	3:48:54	4:57:28	6:06:02	7:14:36	8:23:10	9:31:44	10:40:18	11:48:52	12:57:26
P3	0:22:39	53.292	1:54:25	3:02:59	4:11:33	5:20:07	6:28:41	7:37:15	8:45:49	9:54:23	11:02:57	12:11:31	13:20:05
P3	0:22:55	53.292	2:17:20	3:25:54	4:34:28	5:43:02	6:51:36	8:00:10	9:08:44	10:17:18	11:25:52	12:34:26	13:43:00
P2	0:27:43	29.546	2:45:03	3:53:37	5:02:11	6:10:45	7:19:19	8:27:53	9:36:27	10:45:01	11:53:35	13:02:09	14:10:43
P2	0:17:29	29.546	3:02:32	4:11:06	5:19:40	6:28:14	7:36:48	8:45:22	9:53:56	11:02:30	12:11:04	13:19:38	14:28:12
P1	0:27:12	8.462	3:29:44	4:38:18	5:46:52	6:55:26	8:04:00	9:12:34	10:21:08	11:29:42	12:38:16	13:46:50	14:55:24
P1	0:12:00	8.462	3:41:44	4:50:18	5:58:52	7:07:26	8:16:00	9:24:34	10:33:08	11:41:42	12:50:16	13:58:50	15:07:24
M.M	0:08:54	0	3:50:38	4:59:12	6:07:46	7:16:20	8:24:54	9:33:28	10:42:02	11:50:36	12:59:10	14:07:44	15:16:18

FERROVIA TRANSNORDESTINA

TABELA DE PROGRAMA HORÁRIO DOS TRENS

SENTIDO: Importação

Estações	Percurso	Km	TREM 12	TREM 13	TREM 14	TREM 15	TREM 16	TREM 17	TREM 18	TREM 19	TREM 20	TREM 21
M.M		0	12:34:14	13:42:48	14:51:22	15:59:56	17:08:30	18:17:04	19:25:38	20:34:12	21:42:46	22:51:20
P1	0:13:54	8.462	12:48:08	13:56:42	15:05:16	16:13:50	17:22:24	18:30:58	19:39:32	20:48:06	21:56:40	23:05:14
P2	0:27:56	29.546	13:16:04	14:24:38	15:33:12	16:41:46	17:50:20	18:58:54	20:07:28	21:16:02	22:24:36	23:33:10
P3	0:21:56	53.292	13:38:00	14:46:34	15:55:08	17:03:42	18:12:16	19:20:50	20:29:24	21:37:58	22:46:32	23:55:06
P4	0:23:00	70.865	14:01:00	15:09:34	16:18:08	17:26:42	18:35:16	19:43:50	20:52:24	22:00:58	23:09:32	0:18:06
PERA	0:24:28	96.554	14:25:28	15:34:02	16:42:36	17:51:10	18:59:44	20:08:18	21:16:52	22:25:26	23:34:00	0:42:34

SENTIDO: Exportação

Estações	Percurso	Km	TREM 12	TREM 13	TREM 14	TREM 15	TREM 16	TREM 17	TREM 18	TREM 19	TREM 20	TREM 21
PERA		96.554	13:30:23	14:38:57	15:47:31	16:56:05	18:04:39	19:13:13	20:21:47	21:30:21	22:38:55	23:47:29
P4	0:23:25	70.865	13:53:48	15:02:22	16:10:56	17:19:30	18:28:04	19:36:38	20:45:12	21:53:46	23:02:20	0:10:54
P4	0:12:12	70.865	14:06:00	15:14:34	16:23:08	17:31:42	18:40:16	19:48:50	20:57:24	22:05:58	23:14:32	0:23:06
P3	0:22:39	53.292	14:28:39	15:37:13	16:45:47	17:54:21	19:02:55	20:11:29	21:20:03	22:28:37	23:37:11	0:45:45
P3	0:22:55	53.292	14:51:34	16:00:08	17:08:42	18:17:16	19:25:50	20:34:24	21:42:58	22:51:32	0:00:06	1:08:40
P2	0:27:43	29.546	15:19:17	16:27:51	17:36:25	18:44:59	19:53:33	21:02:07	22:10:41	23:19:15	0:27:49	1:36:23
P2	0:17:29	29.546	15:36:46	16:45:20	17:53:54	19:02:28	20:11:02	21:19:36	22:28:10	23:36:44	0:45:18	1:53:52
P1	0:27:12	8.462	16:03:58	17:12:32	18:21:06	19:29:40	20:38:14	21:46:48	22:55:22	0:03:56	1:12:30	2:21:04
P1	0:12:00	8.462	16:15:58	17:24:32	18:33:06	19:41:40	20:50:14	21:58:48	23:07:22	0:15:56	1:24:30	2:33:04
M.M	0:08:54	0	16:24:52	17:33:26	18:42:00	19:50:34	20:59:08	22:07:42	23:16:16	0:24:50	1:33:24	2:41:58



15.3 GRÁFICOS DE VELOCIDADES DO TREM



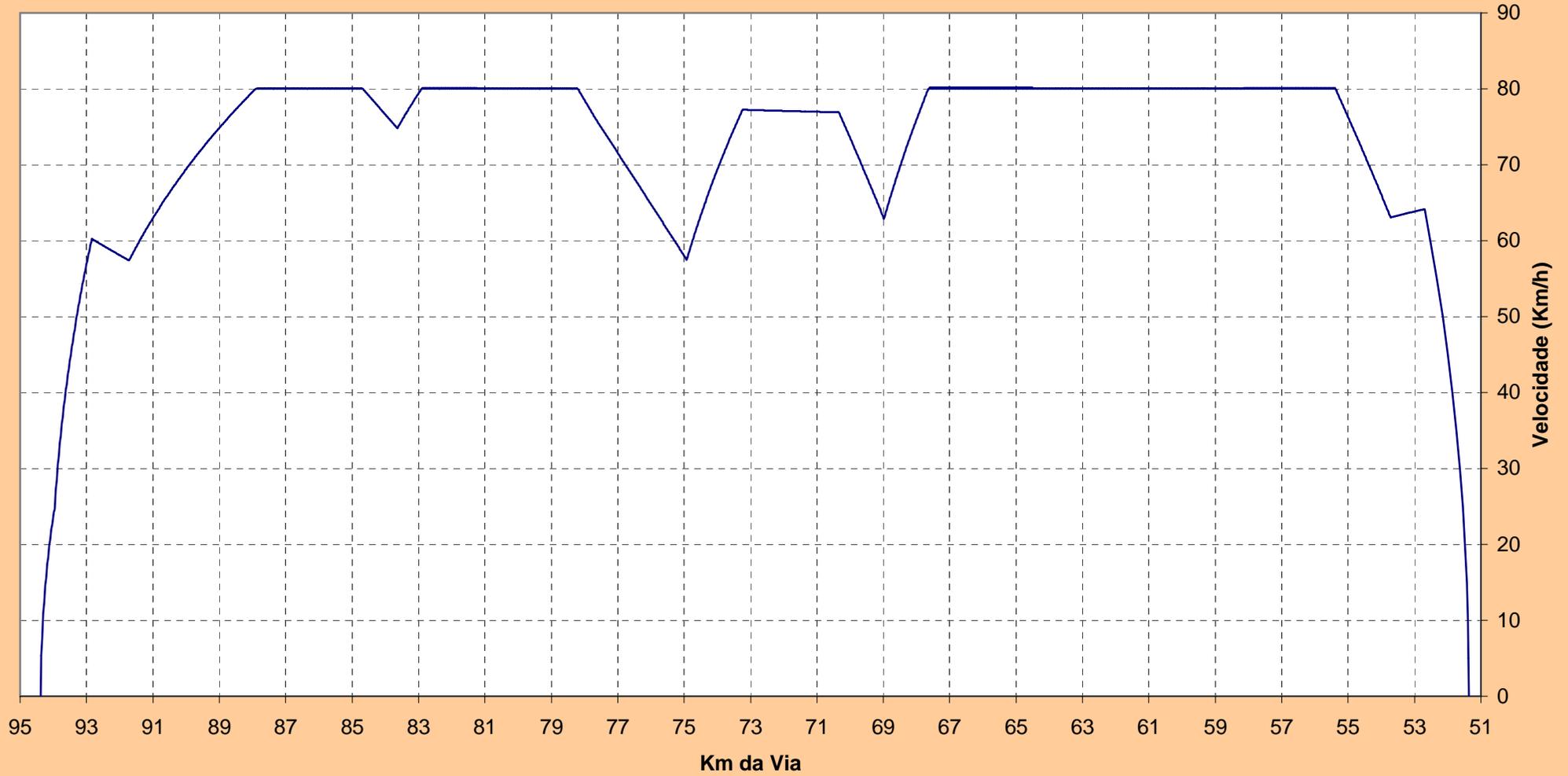
1ª ETAPA DO PROJETO (DOIS PÁTIOS DE CRUZAMENTO)



TRECHO 01 – KM 94 AO KM 53

FERROVIA TRANSNORDESTINA

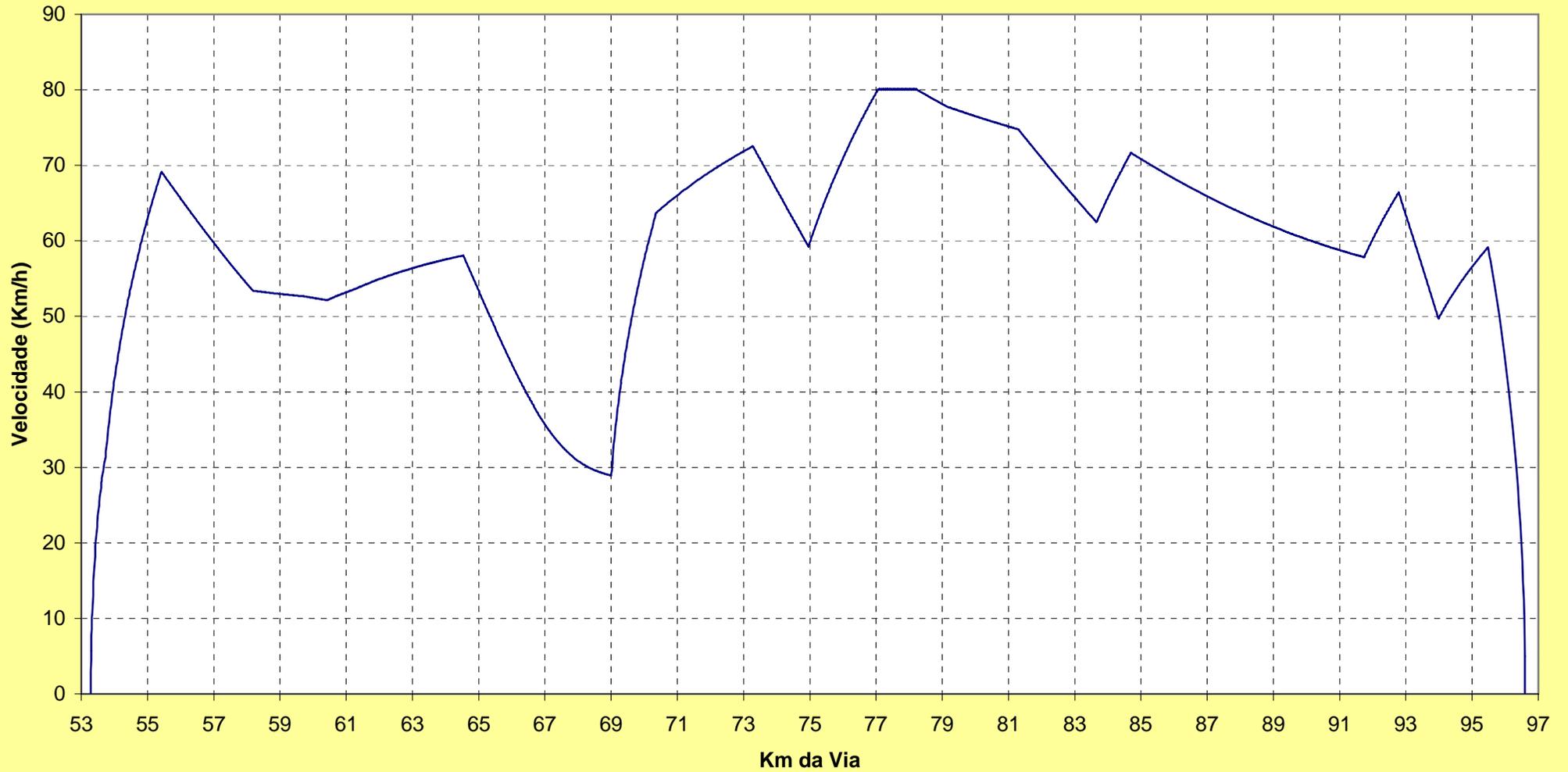
VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 01 (1A ETAPA)
Sentido Exportação - TB 6.940 / Loco



65

TRECHO: Araripina - Parnamirim

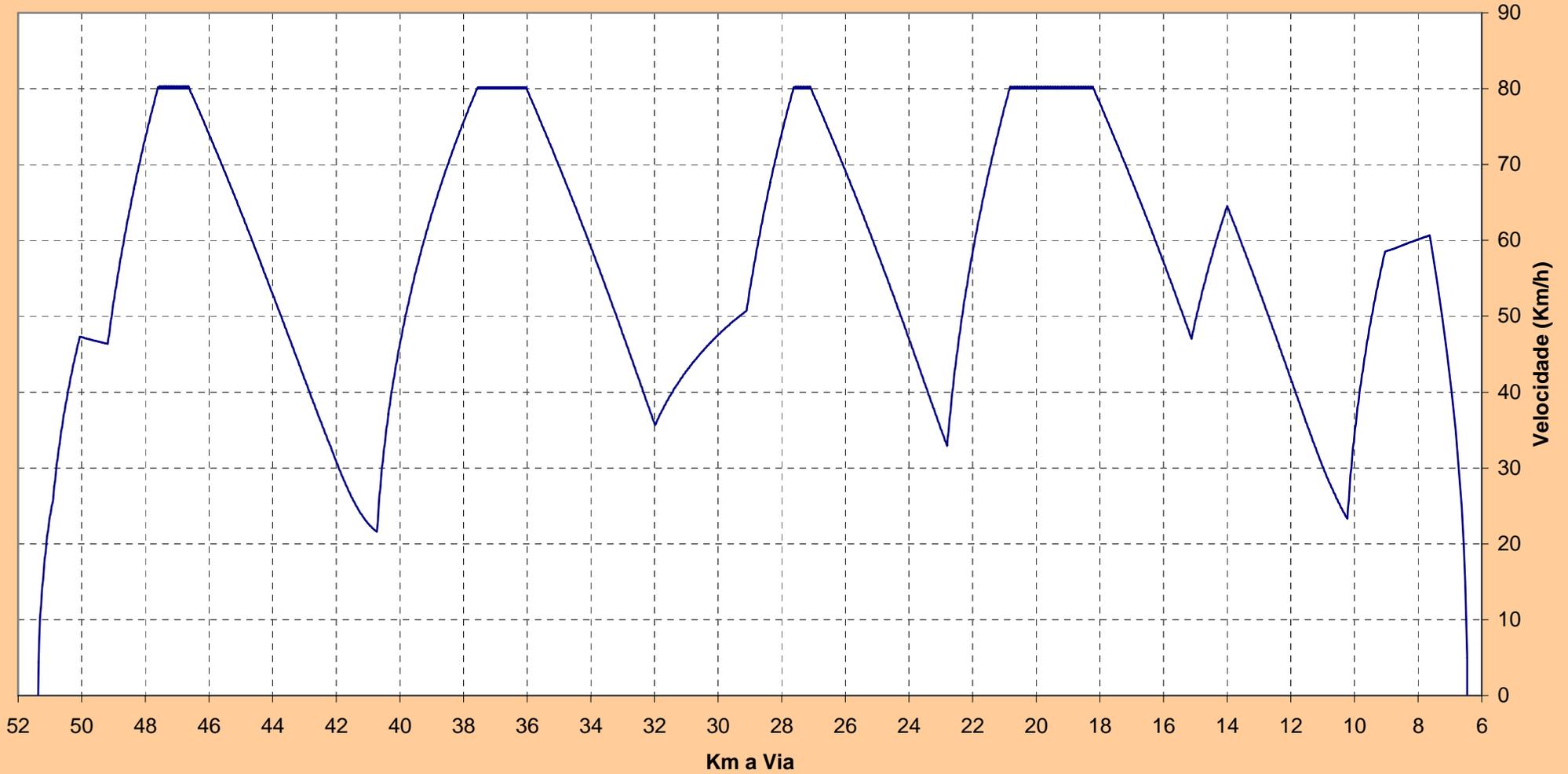
VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 01 (1A ETAPA)
Sentido Importação - TB 4.210 / Loco



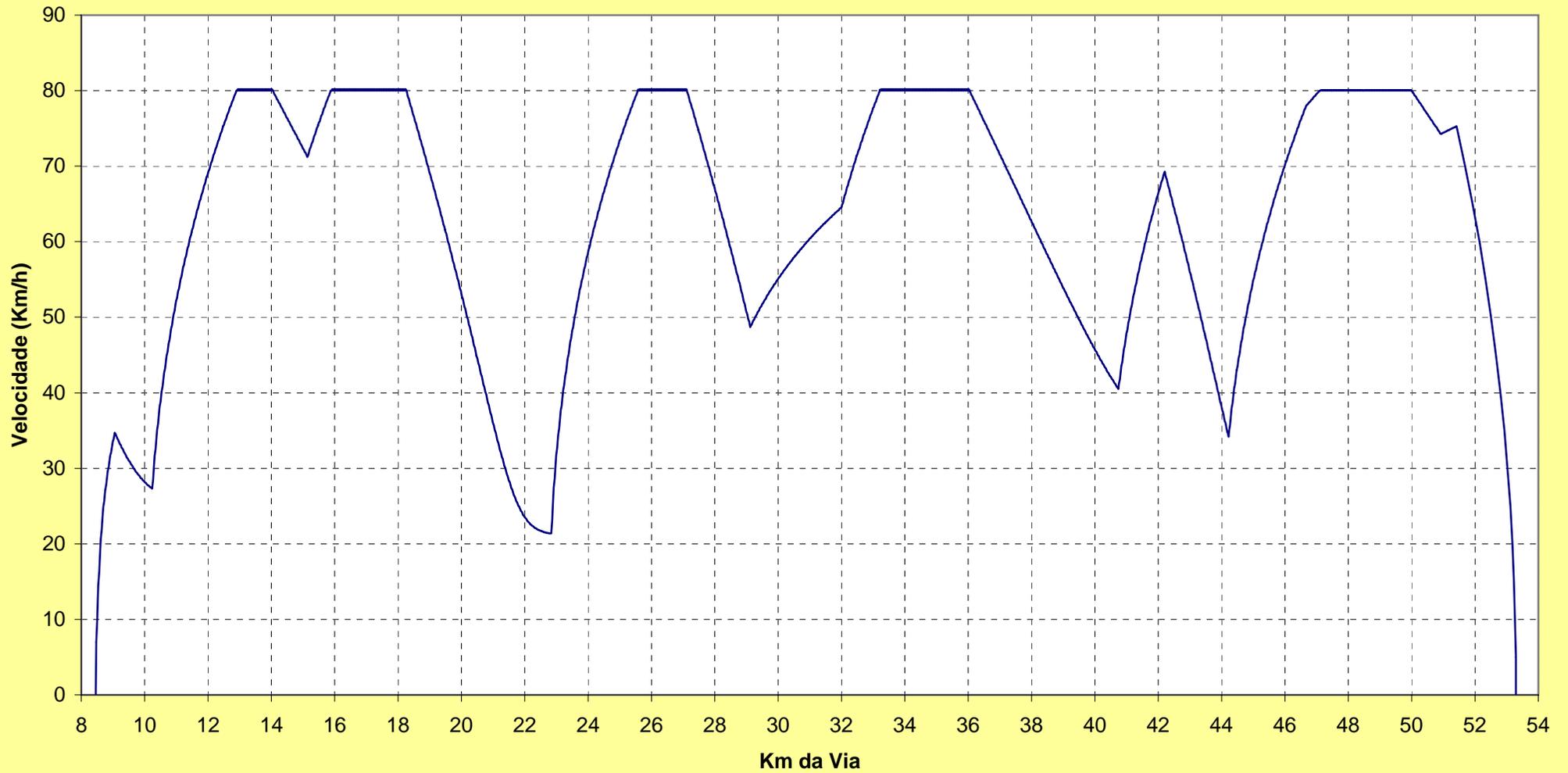


TRECHO 02 – KM 51 AO KM 08

VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 02 (1A ETAPA)
Sentido Exportação - TB 6.940 / Loco



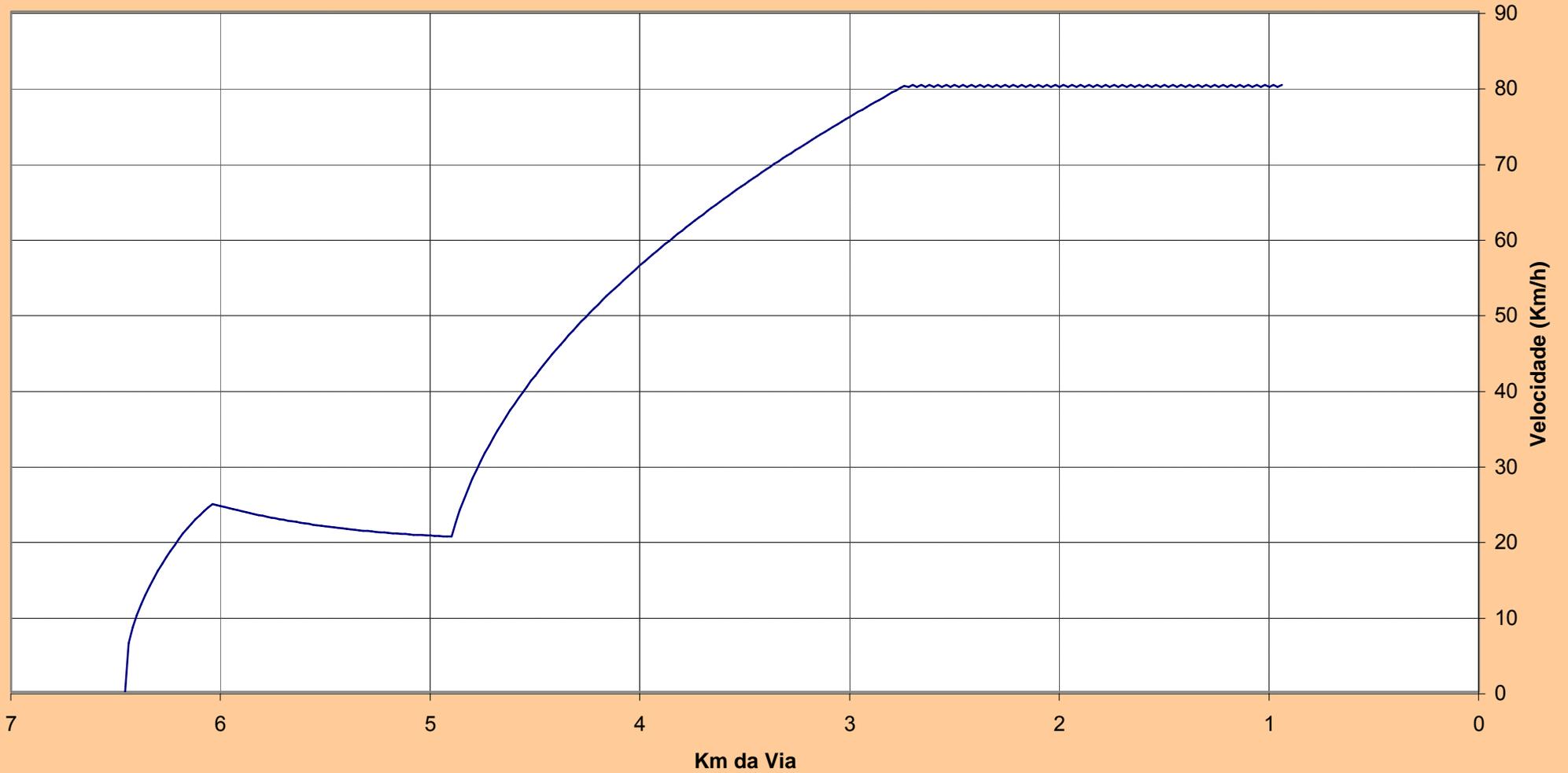
VELOCIDADES DO TREM - TECHO 02 (1A ETAPA)
Sentido Importação - TB 4.210 / Loco



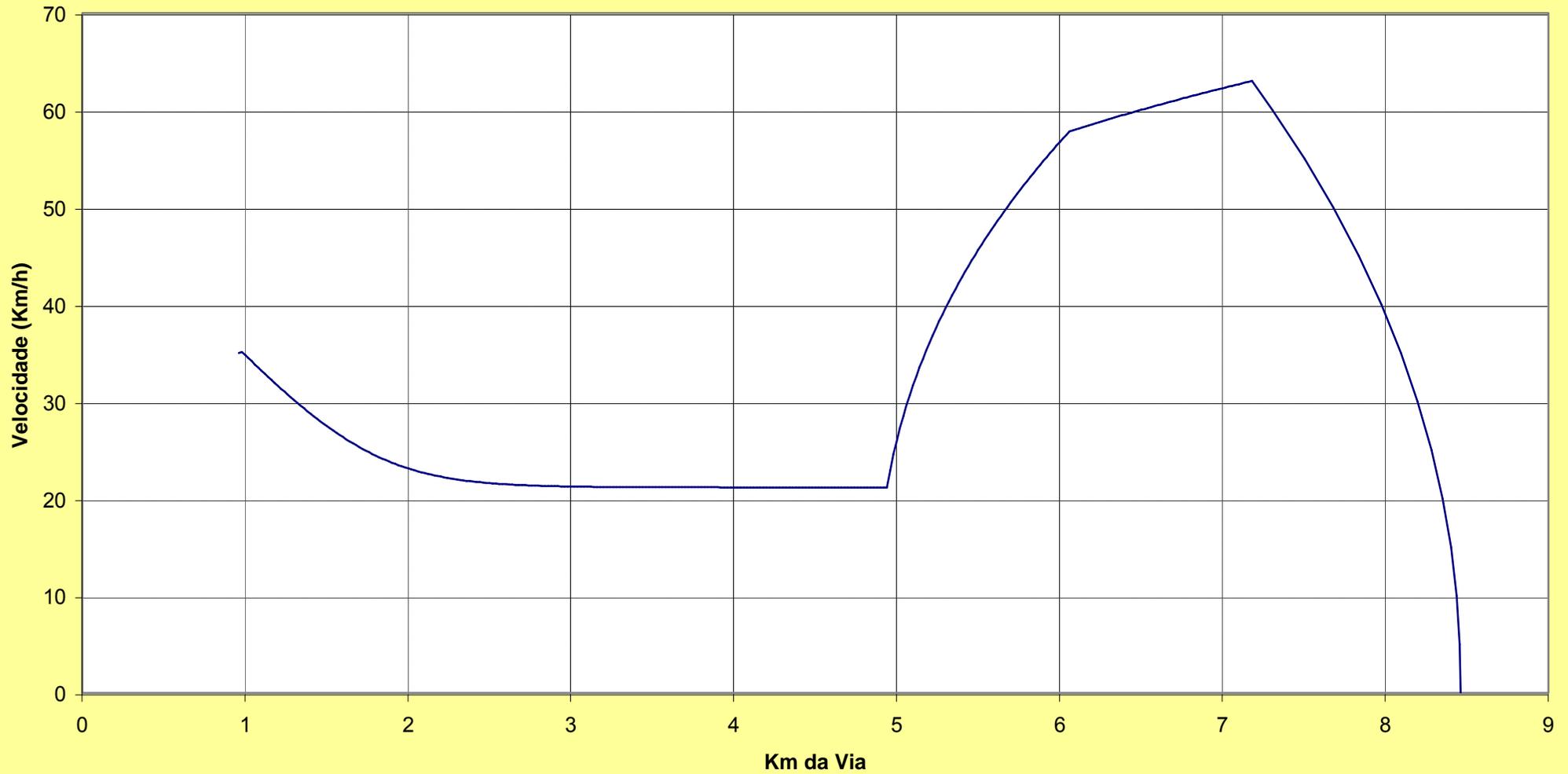


TRECHO 03 – KM 06 AO KM 01

VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 03 (1A ETAPA)
Sentido Exportação - TB 6.940 / Loco



VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 03 (1A ETAPA)
Sentido Importação - TB 4.210 / Loco



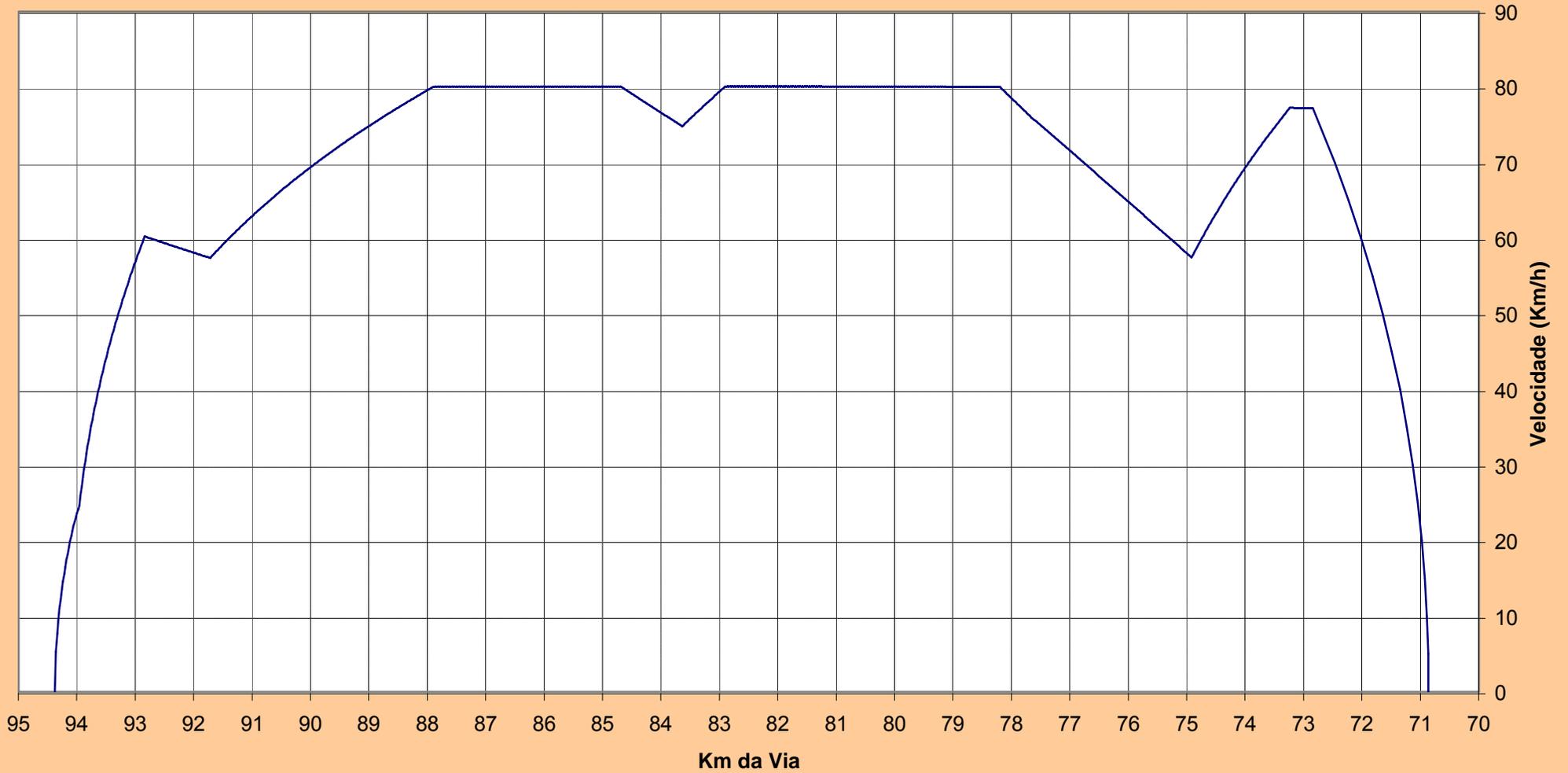


2ª ETAPA DO PROJETO (QUATRO PÁTIOS DE CRUZAMENTO)

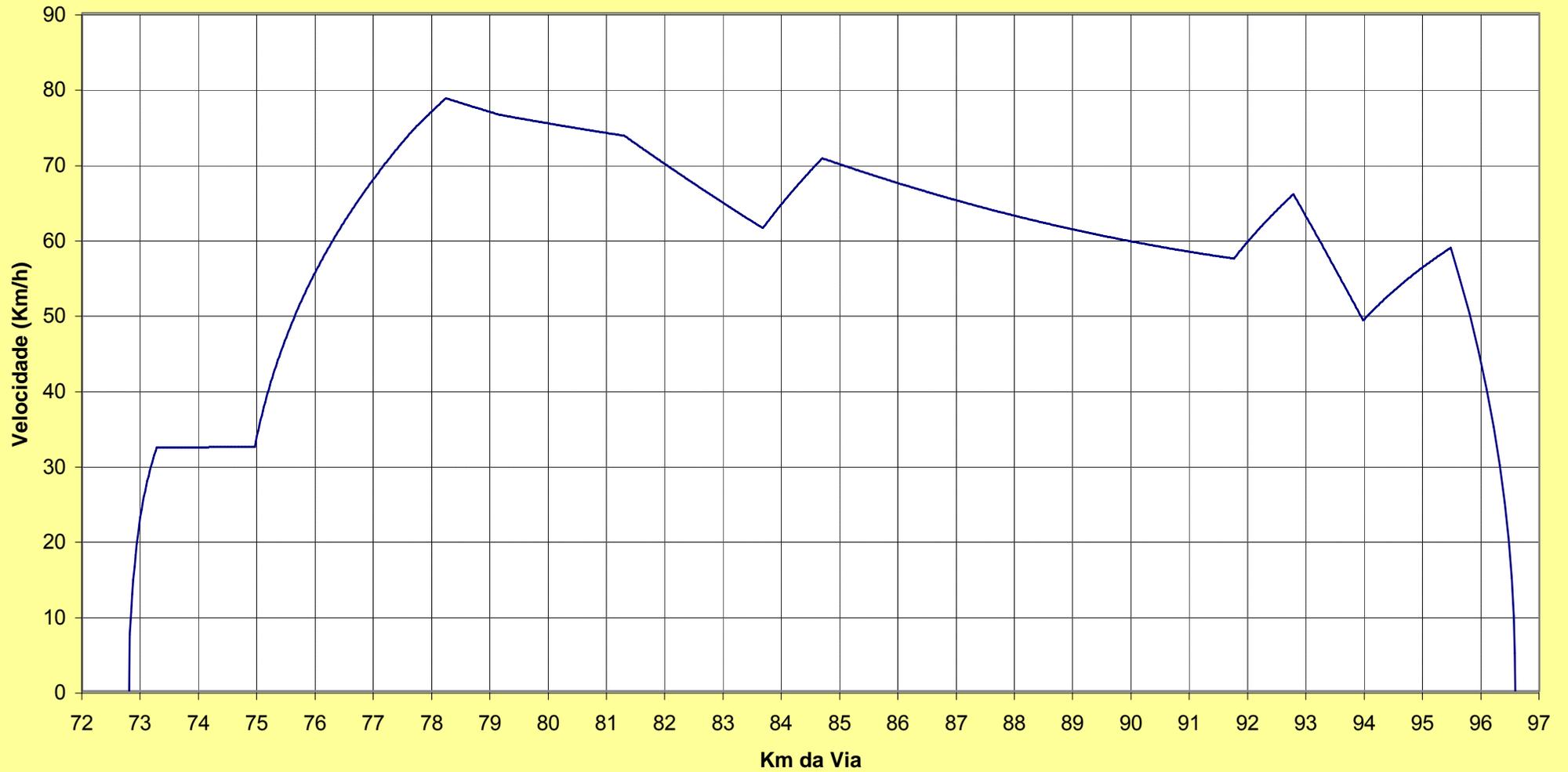


TRECHO 1.1 – KM 94 AO KM 72

VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 1.1 (2A ETAPA)
Sentido Exportação - TB 6.940 / LOCO



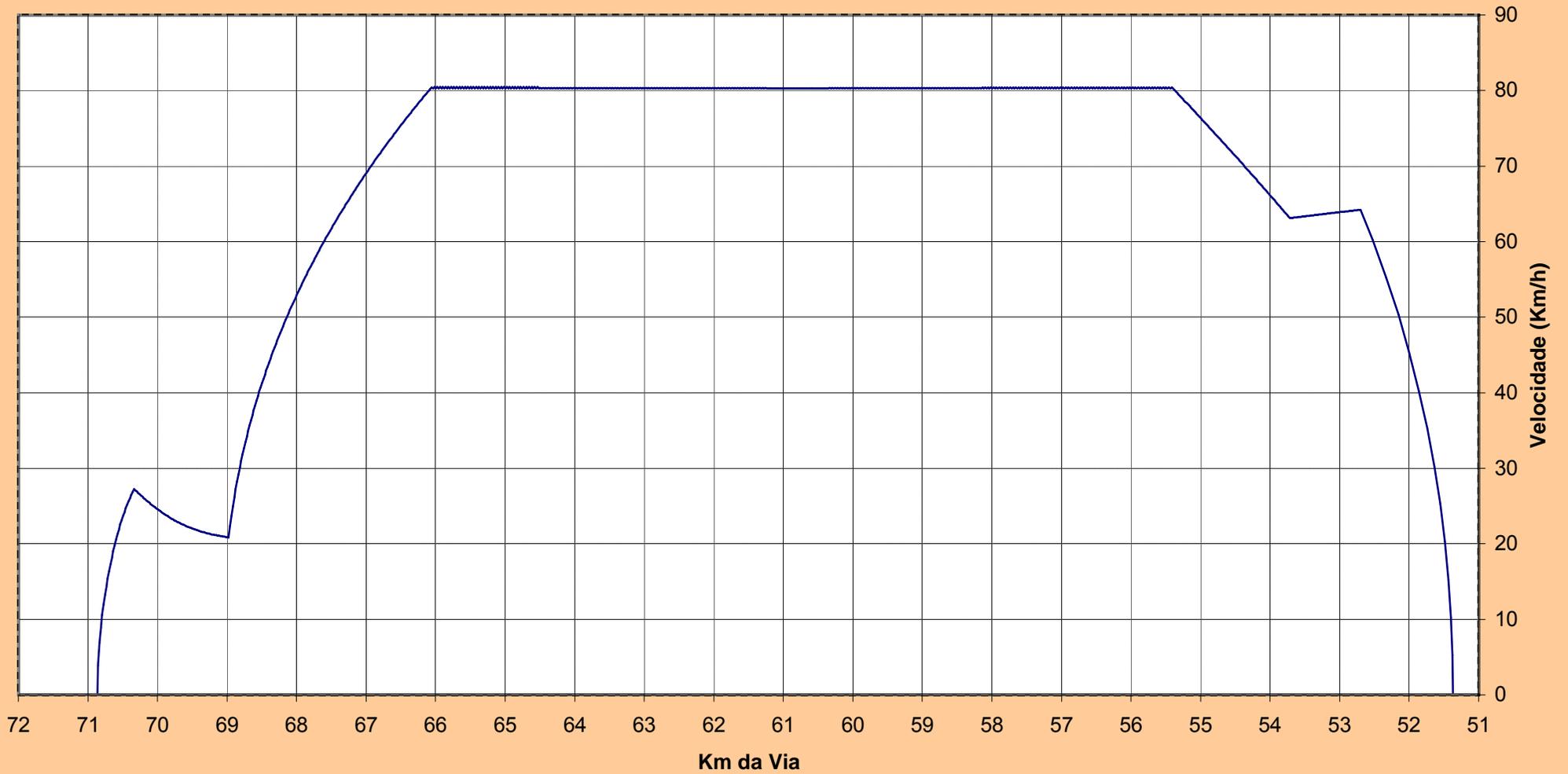
VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 1.1 (2A ETAPA)
Sentido Importação - TB 4.210 / Loco



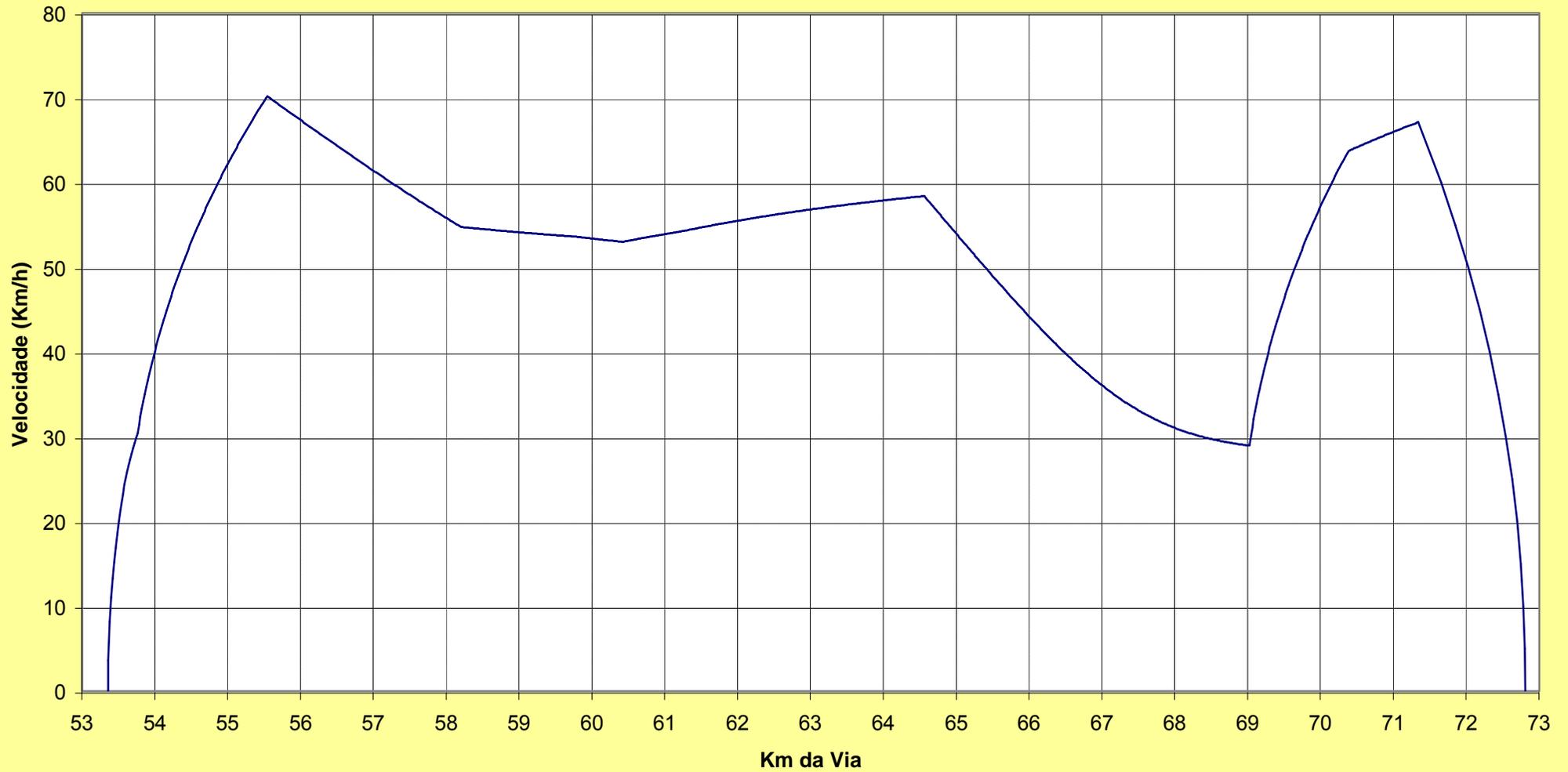


TRECHO 1.2 – KM 70 AO KM 53

VELOCIDADES DO TREM - TRACHO 1.2 (2A ETAPA)
Sentido Exportação - TB 6.940 / Loco



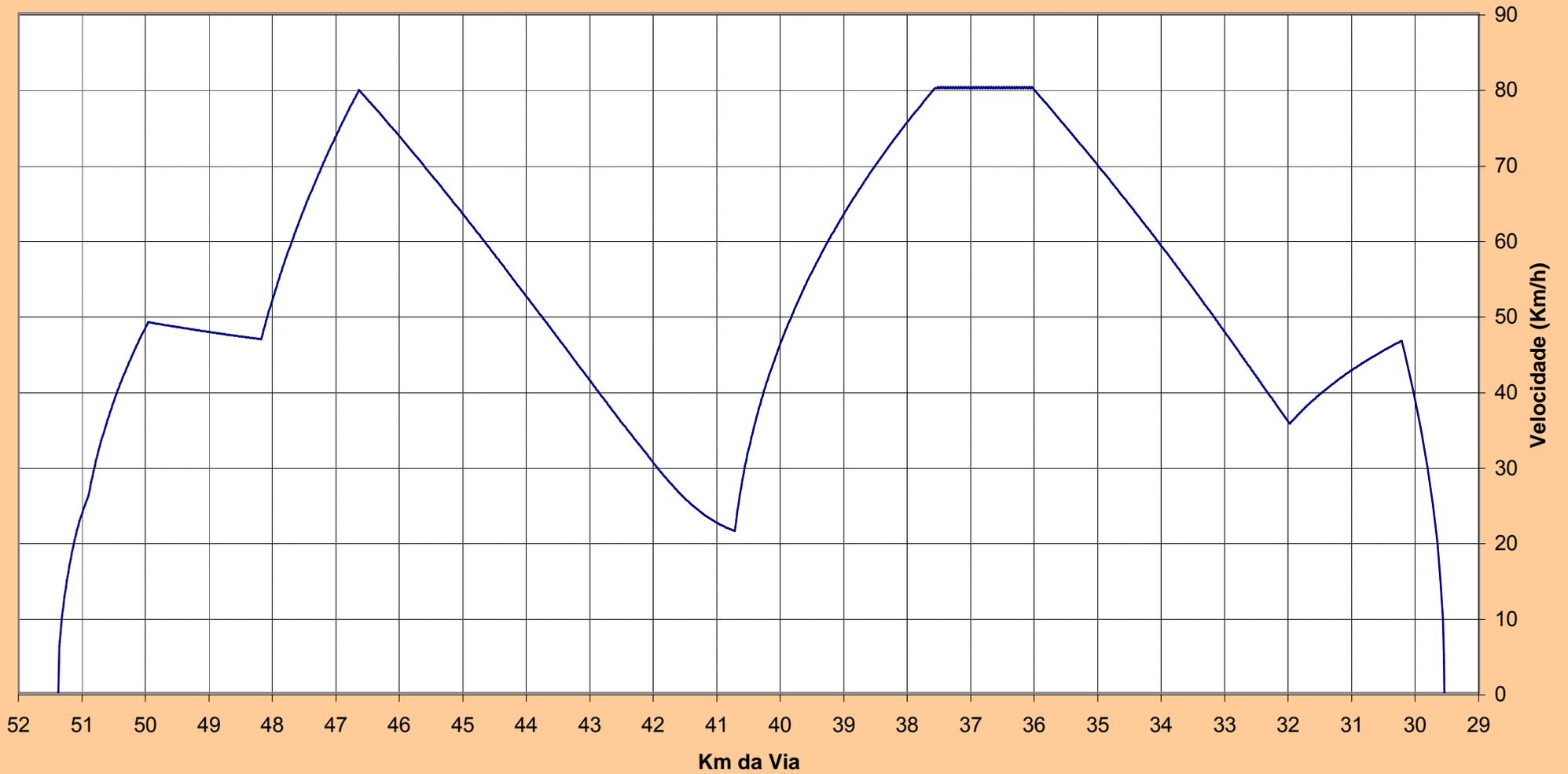
VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 1.2 (2A ETAPA)
Sentido Importação - TB 4.210 / Loco



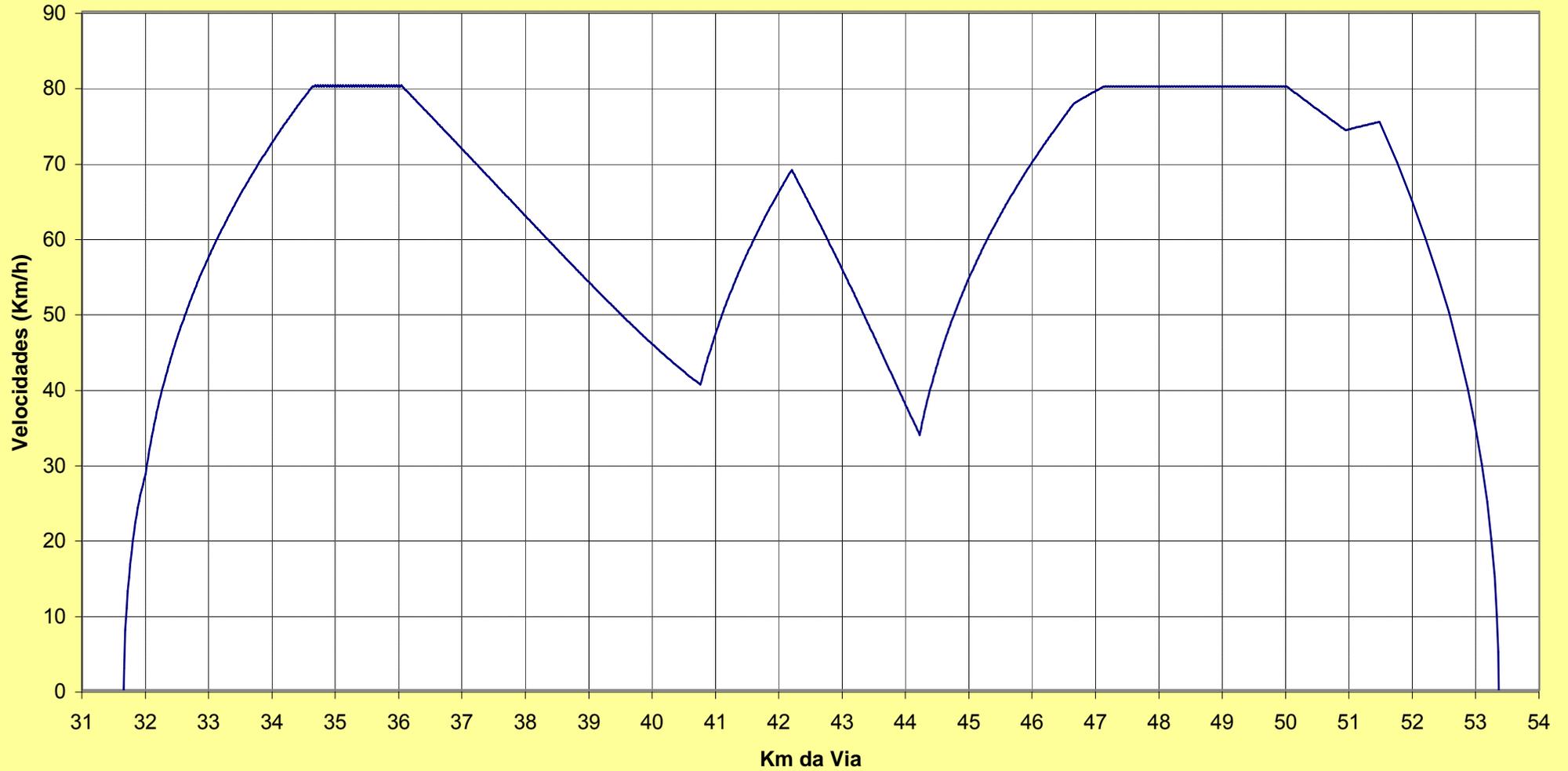


TRECHO 2.1 – KM 51 AO KM 31

VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 2.1 - (2A ETAPA)
Sentido Exportação - TB 6.940 / Loco



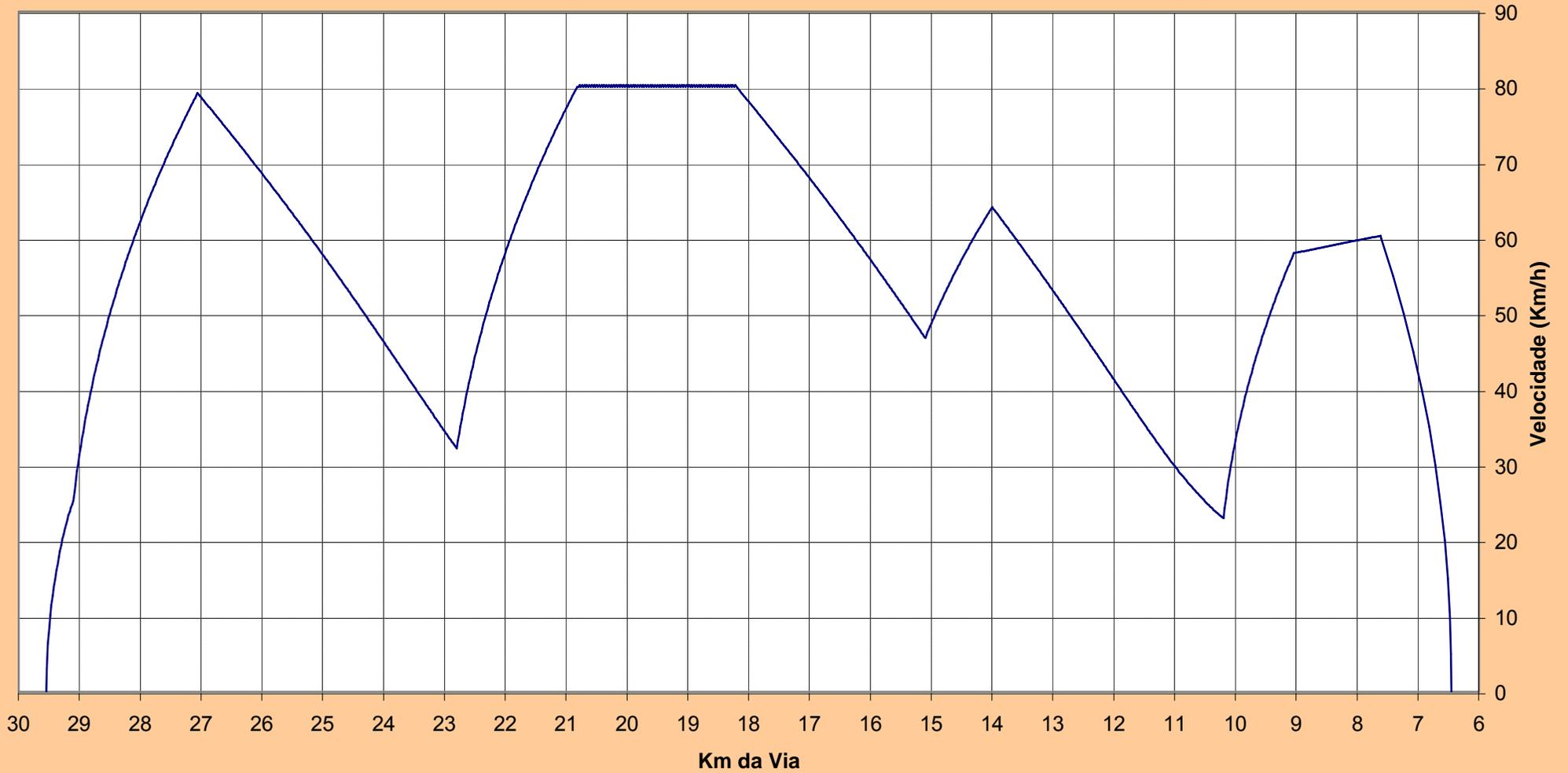
VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 2.1 (2A ETAPA)
Sentido Importação - TB 4.210 / Loco



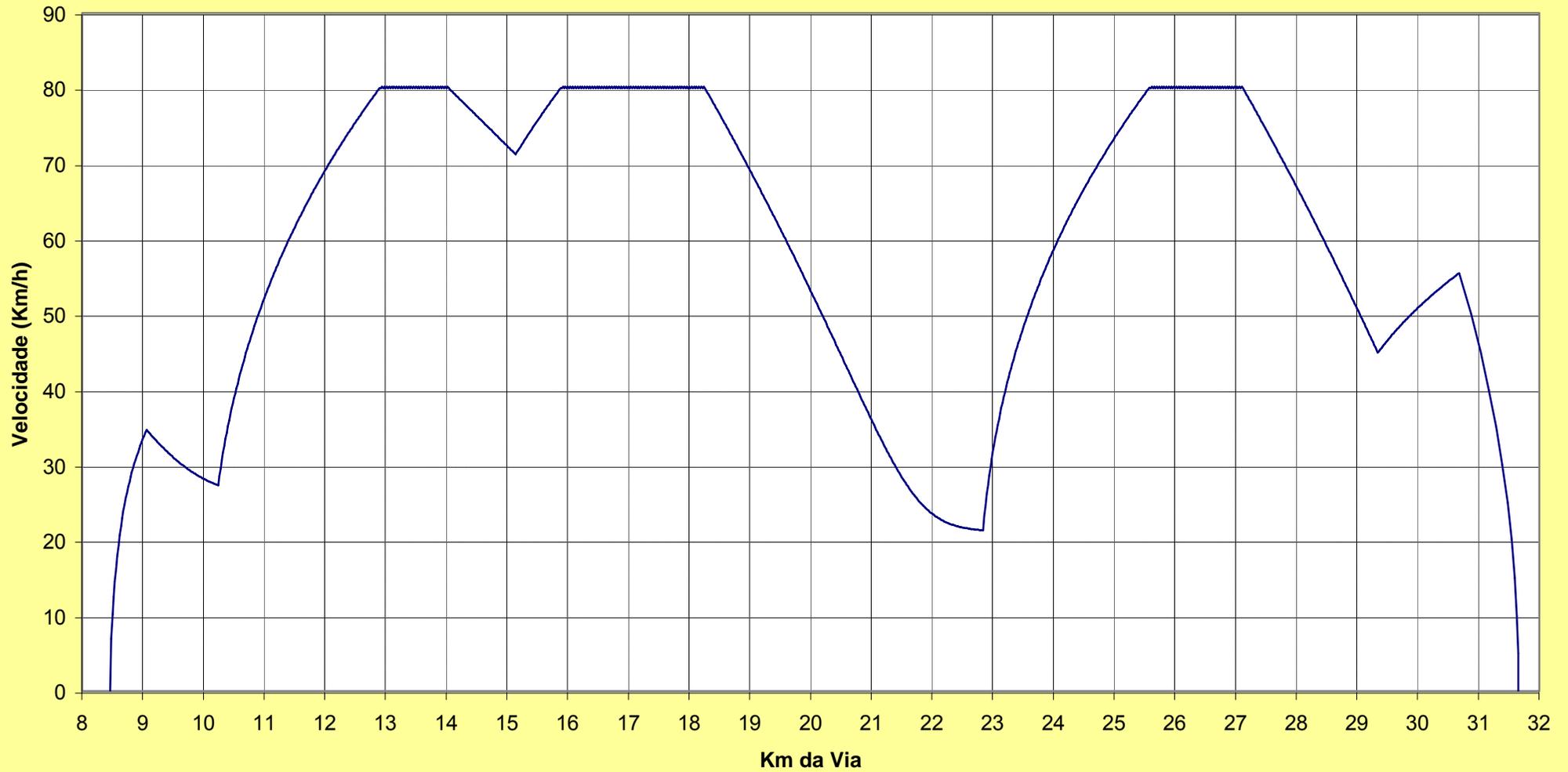


TRECHO 2.2 – KM 29 AO KM 08

VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 2.2 (2A ETAPA)
Sentido Exportação - TB 6.940 / Loco



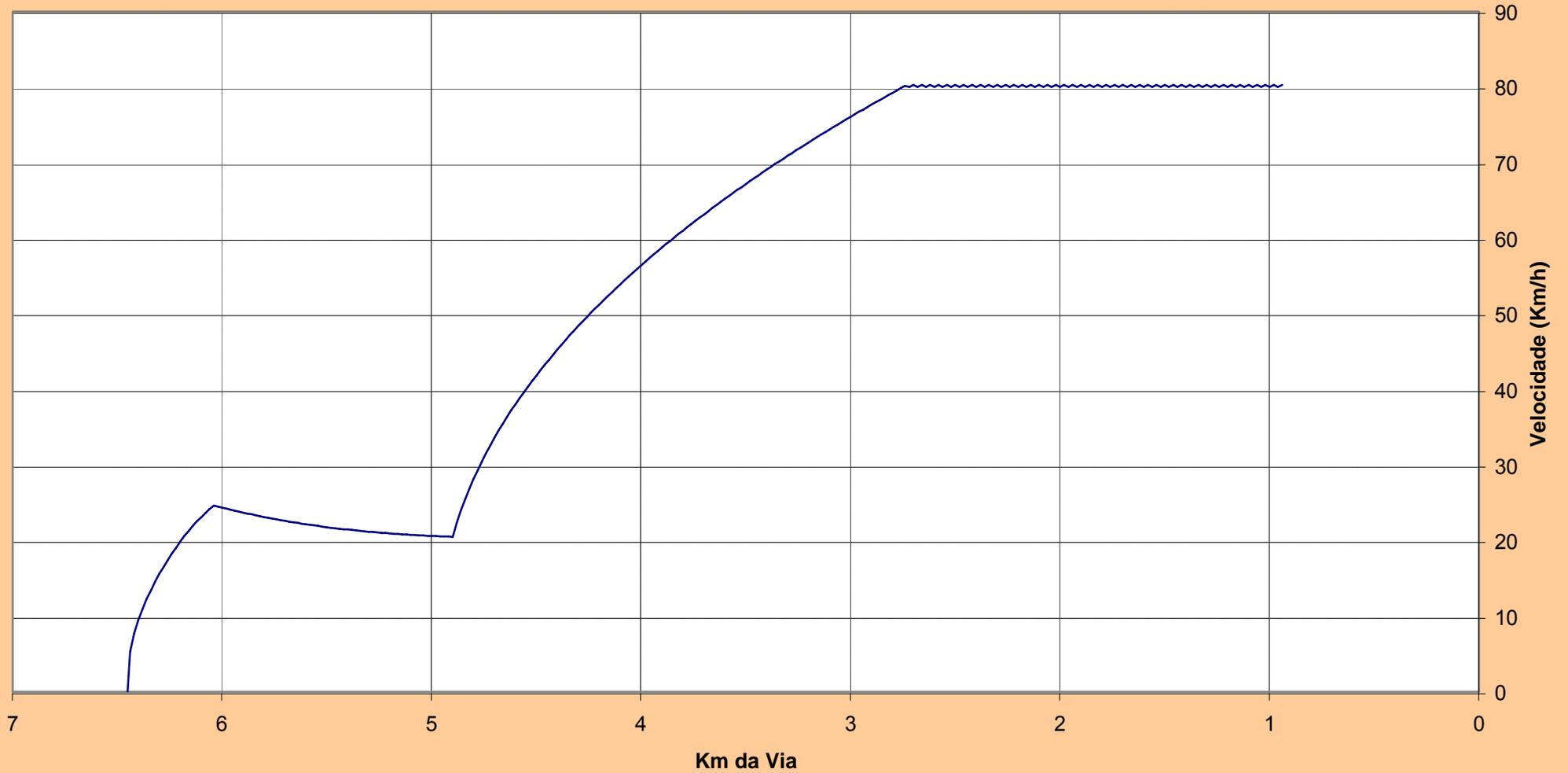
VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 2.2 (2A ETAPA)
Sentido Importação - TB 4.210 / Loco



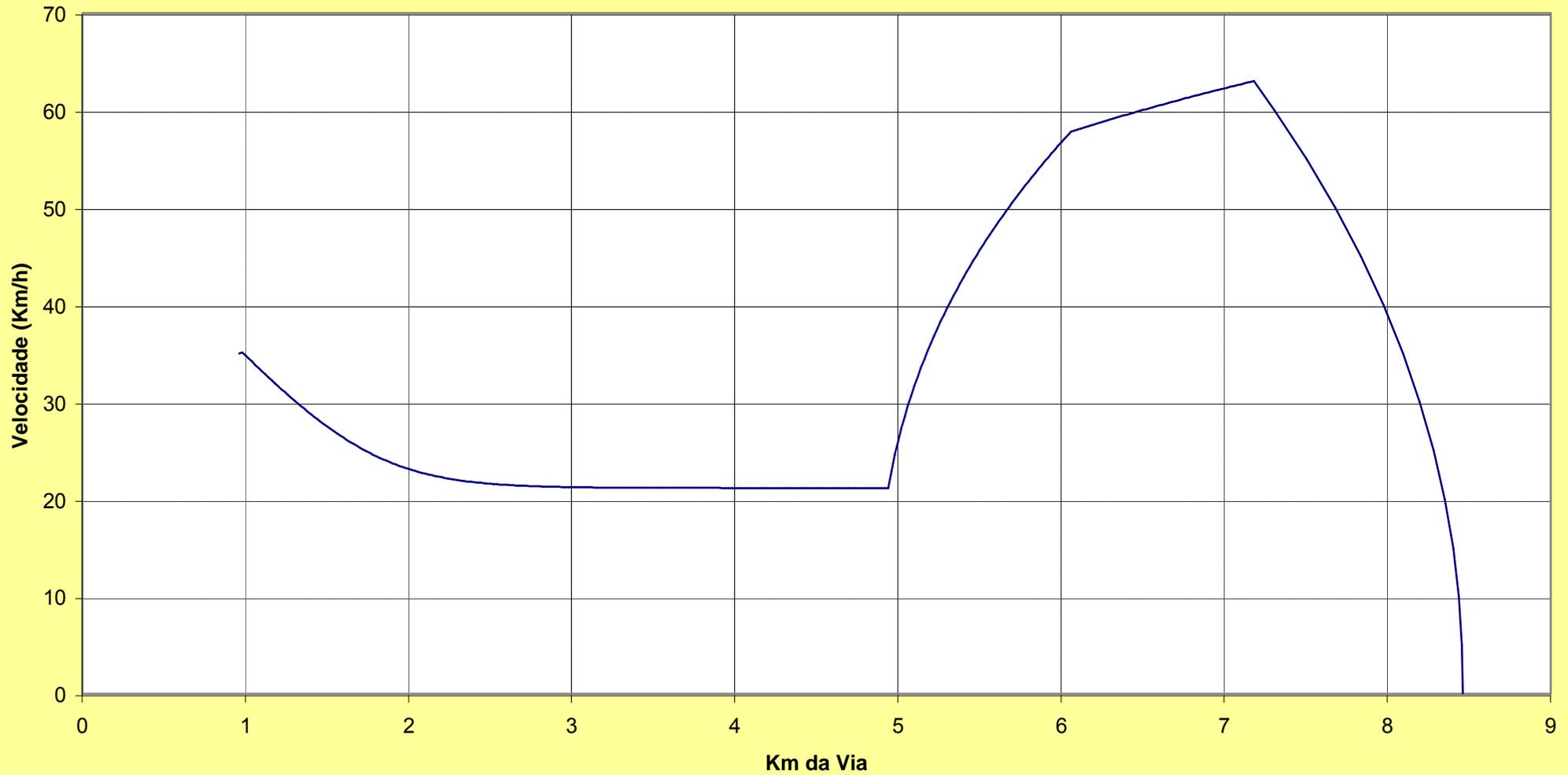


TRECHO 3.1 – KM 06 AO KM 01

VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 3.1 (2A ETAPA)
Sentido Exportação - TB 6.940 / Loco



VELOCIDADES DO TREM - TRECHO 3.1 (2A ETAPA)
Sentido Importação - TB 4.210 / Loco





15.4 QUADRO DA CAPACIDADE DE TRANSPORTE

FERROVIA TRANSNORDESTINA

QUADRO - CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Comprim. Loco =	22,62					
Comprim. Vagão =	19,16					
Peso Locomotiva =	180					
Peso Vagão =	130					
Tara do Vagão =	31					
Peso Útil do Vagão =	99	Vg. Vazio	Vg. Carreg.	Sentido	Relação de carga (%) vg	
Quant. Vagões =	52	0	52	Exportação	Vazio	Carregado
		52	0	Importação	0,0%	100,0%
					100,0%	0,0%

Quant. de Locomotivas =	1
Tonelagem Bruta =	6.940

Comprimento do Trem (m) = 1.018,94

Cenários Utilizados	Pares de Trem		Tonelagem exportação S/manutenção (t)			Tonelagem exportação C/manutenção (t)		
	S/ Manut	C/ Manut	dia	mês	ano	dia	mês	ano
1ª ETAPA	12	10	61.776	1.853.280	22.239.360	51.480	1.544.400	18.532.800
2ª ETAPA	21	17	108.108	3.243.240	38.918.880	87.516	2.625.480	31.505.760

Obs.: Na divisa entre os trechos da Ecoplan e Maia Melo foi considerado tempo de 15 minutos entre chega e partida do trem

Quant. de Locomotivas =	2
Tonelagem Bruta =	13.880

Comprimento do Trem (m) = 2.037,88

Cenários Utilizados	Pares de Trem		Tonelagem exportação S/manutenção (t)			Tonelagem exportação C/manutenção (t)		
	S/ Manut	C/ Manut	dia	mês	ano	dia	mês	ano
1ª ETAPA	12	10	123.552	3.706.560	44.478.720	102.960	3.088.800	37.065.600
2ª ETAPA	21	17	216.216	6.486.480	77.837.760	175.032	5.250.960	63.011.520

Obs 1.: Na divisa entre os trechos da Ecoplan e Maia Melo foi considerado tempo de 15 minutos entre chega e partida do trem



15.5. GEOMETRIA DA VIA PERMANENTE

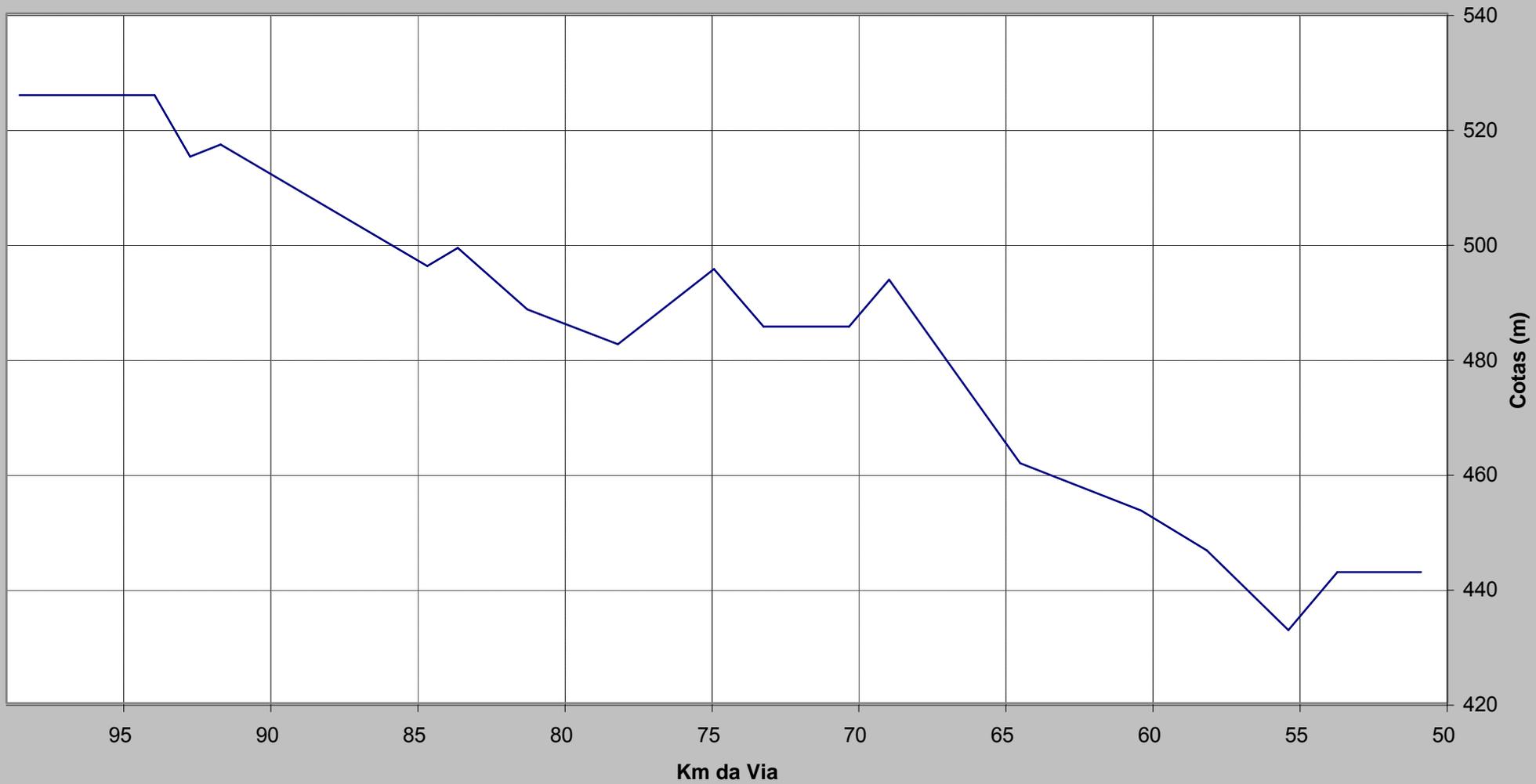


15.5.1 GRÁFICO DO PERFIL DA VIA



TRECHO 01 – KM 94 AO KM 53

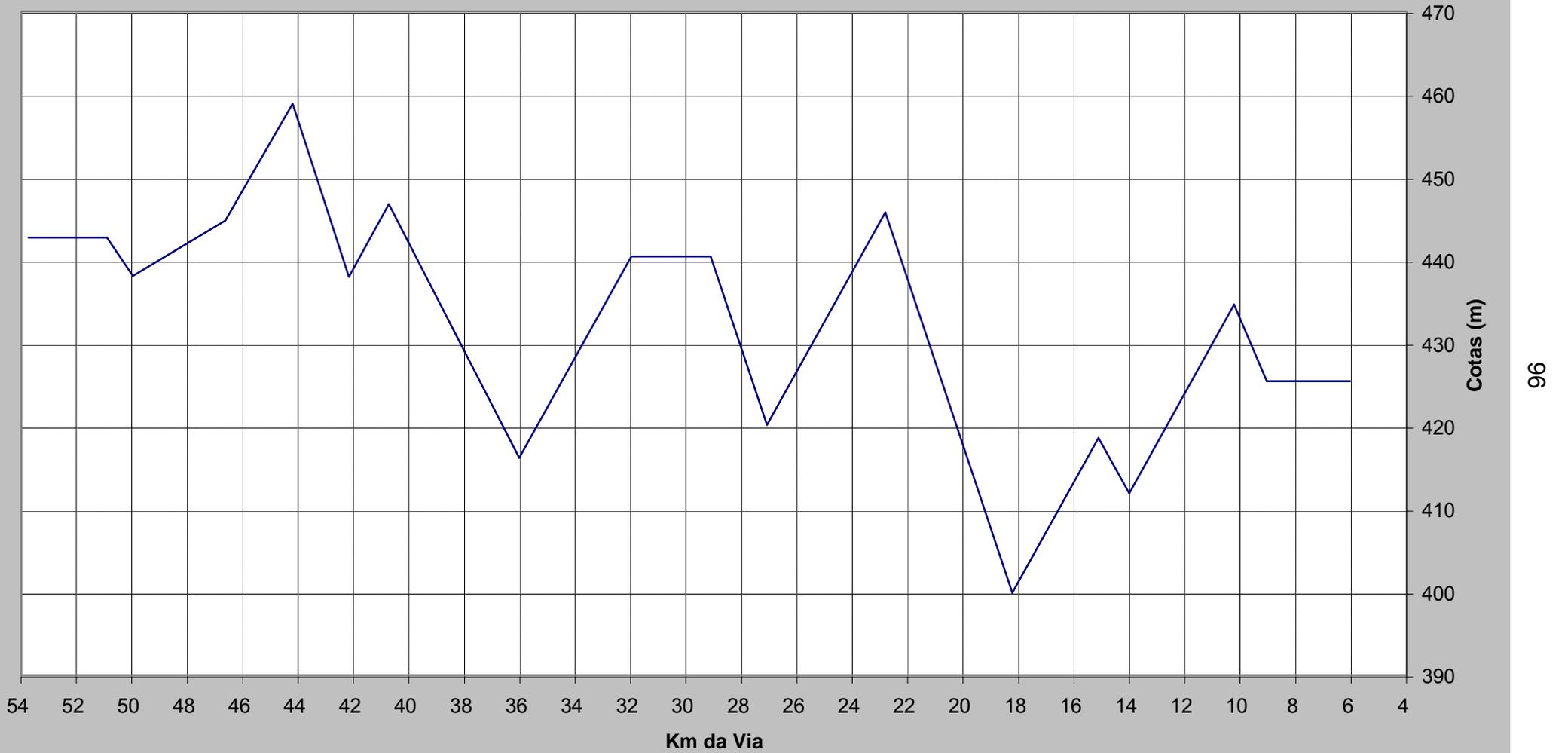
PERFIL DO TRECHO 01





TRECHO 02 – KM 51 AO KM 08

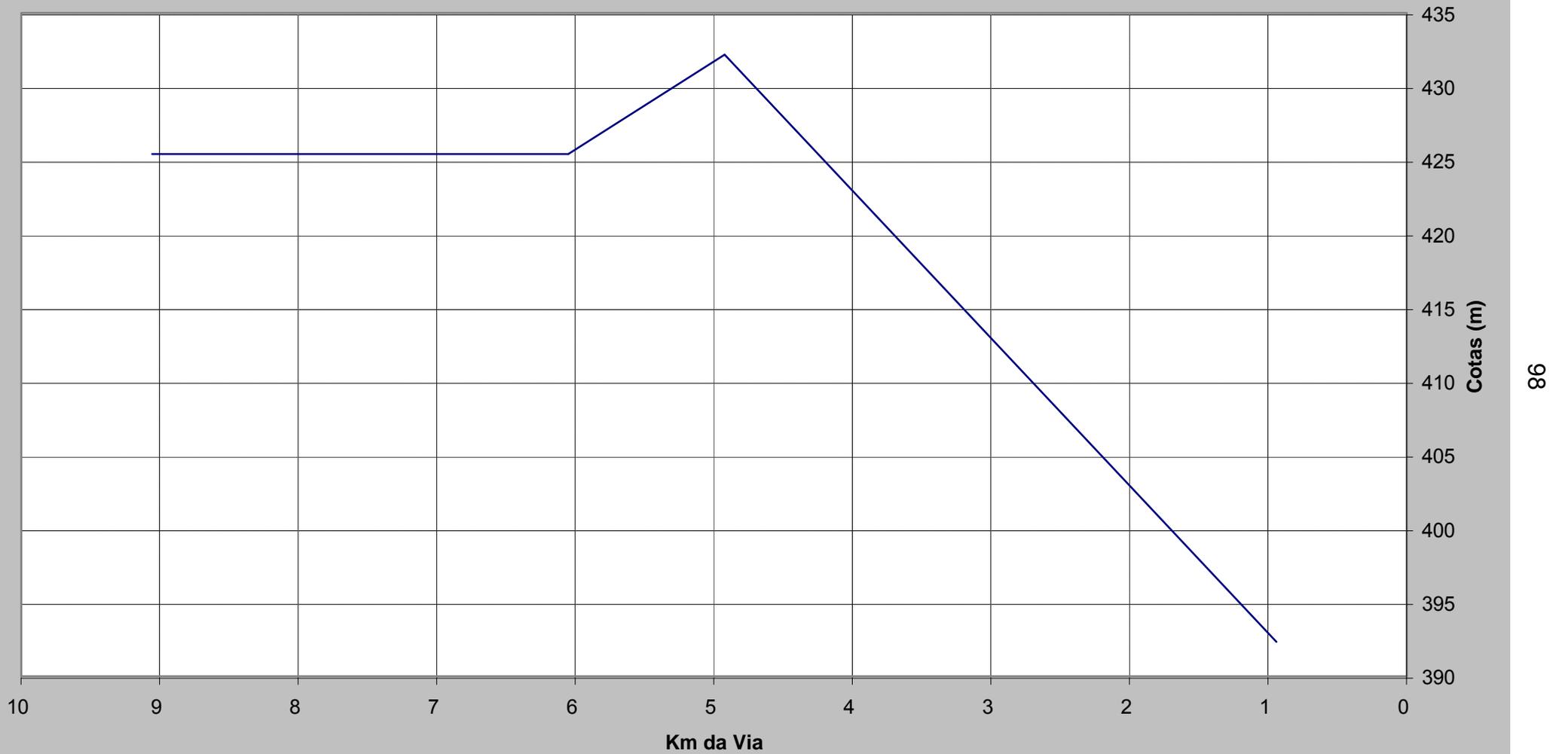
PERFIL DO TRECHO 02





TRECHO 03 – KM 06 AO KM 01

PERFIL DO TRECHO 03



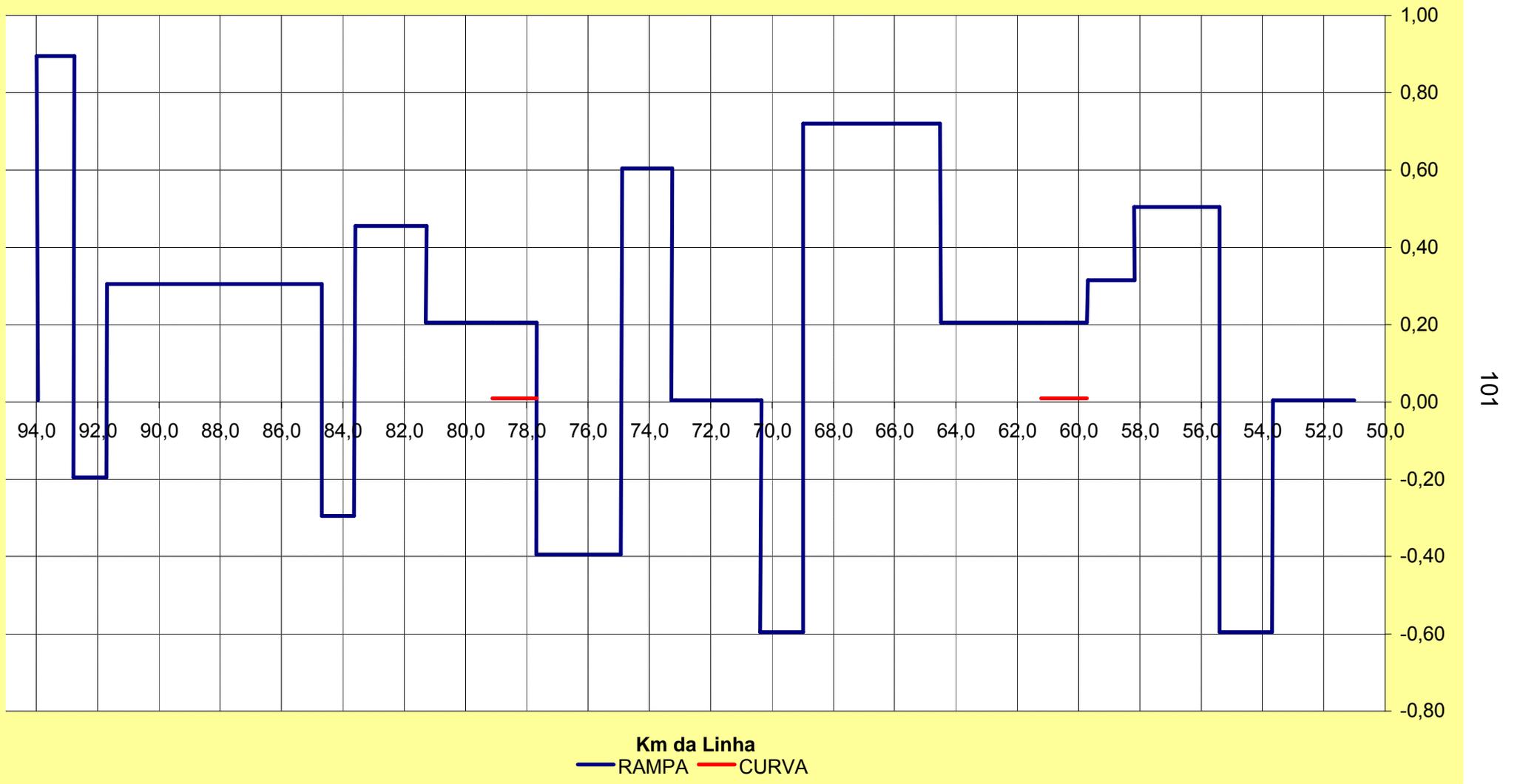


15.5.2 GRÁFICO DE CURVAS E RAMPAS x KM DA LINHA



TRECHO 01 – KM 94 AO KM 53

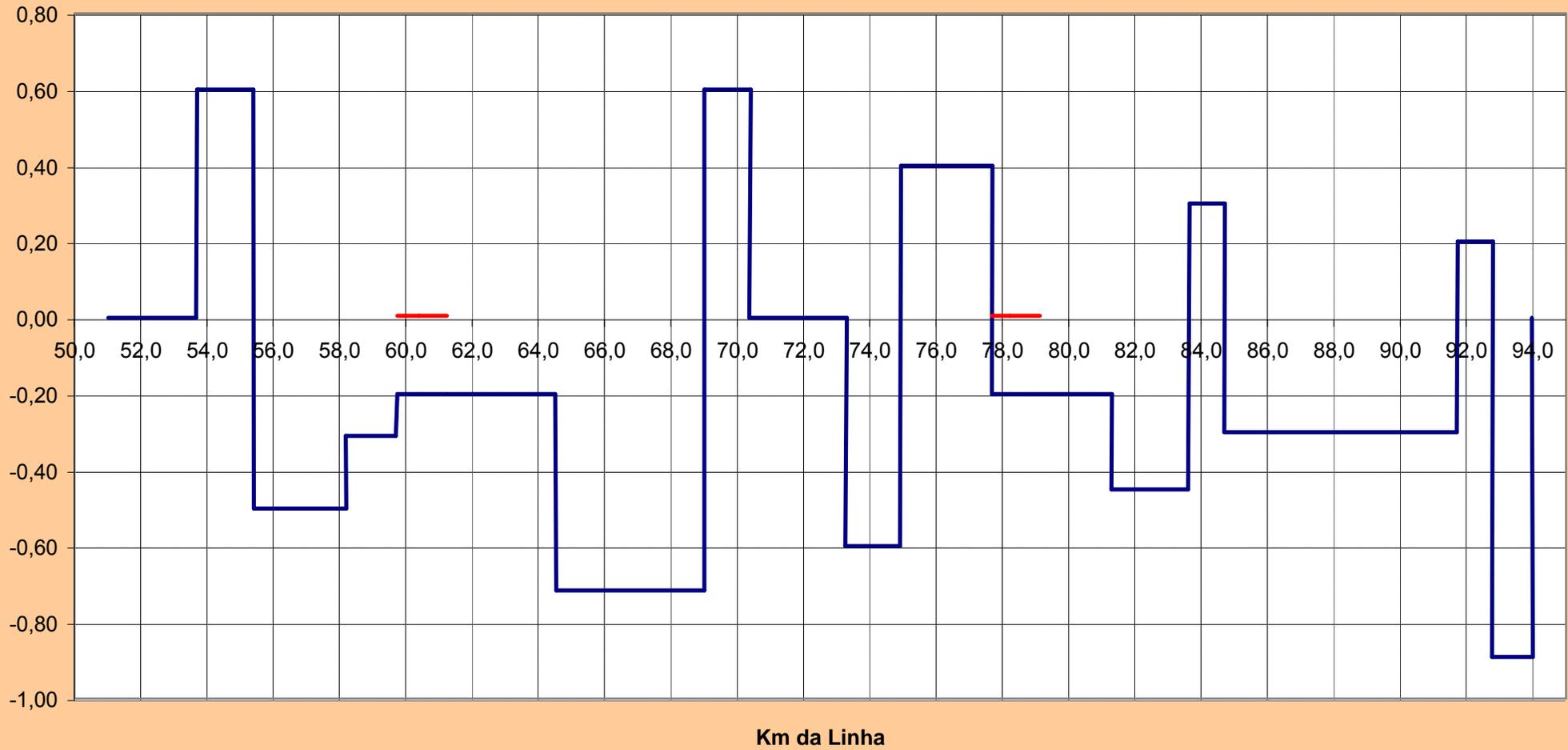
Curvas e Rampas x Km da Linha
TRECHO 01 EXPORTAÇÃO



101

FERROVIA TRANSNORDESTINA

**Curvas e Rampas x Km da Linha
TRECHO 01 - IMPORTAÇÃO**

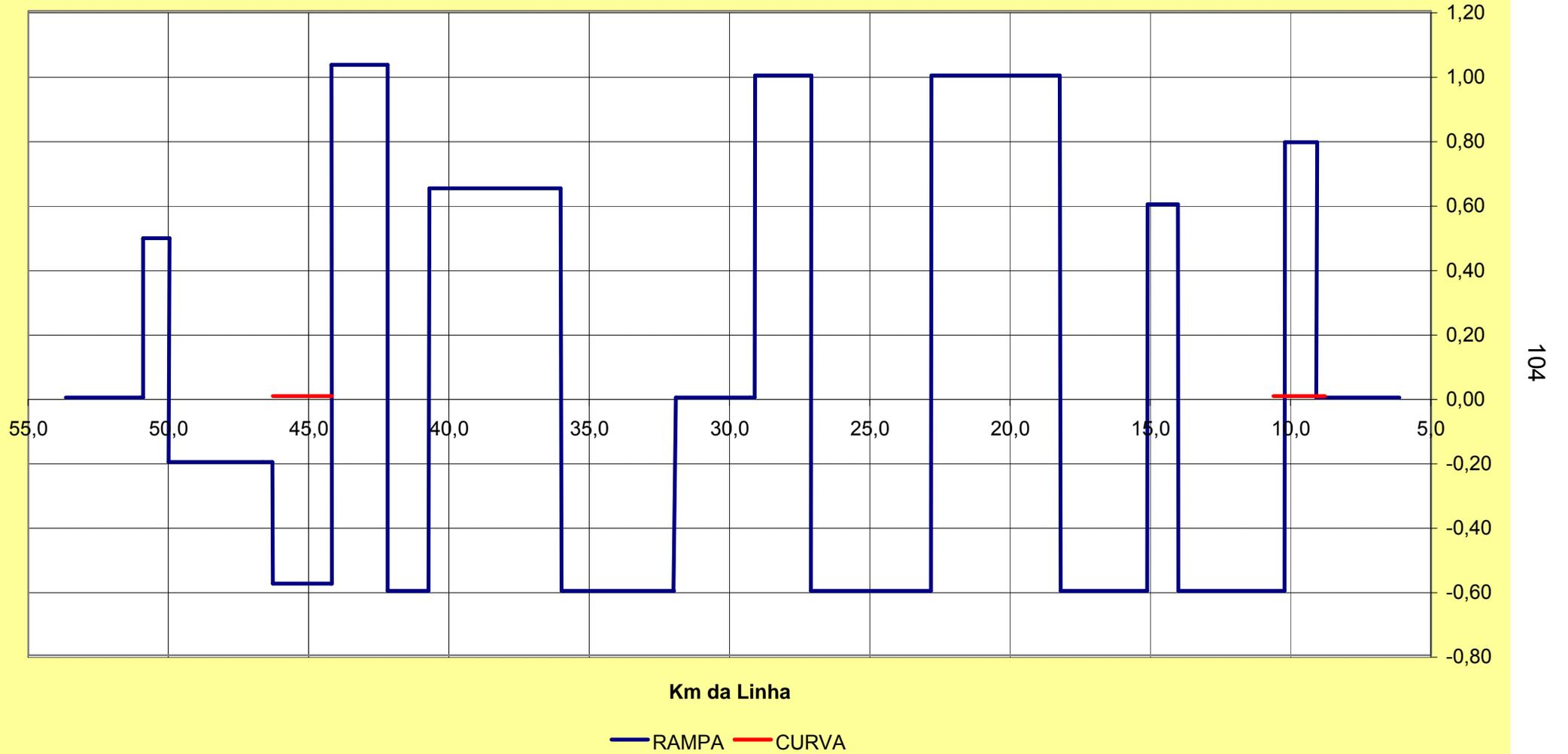


— RAMPA — CURVA

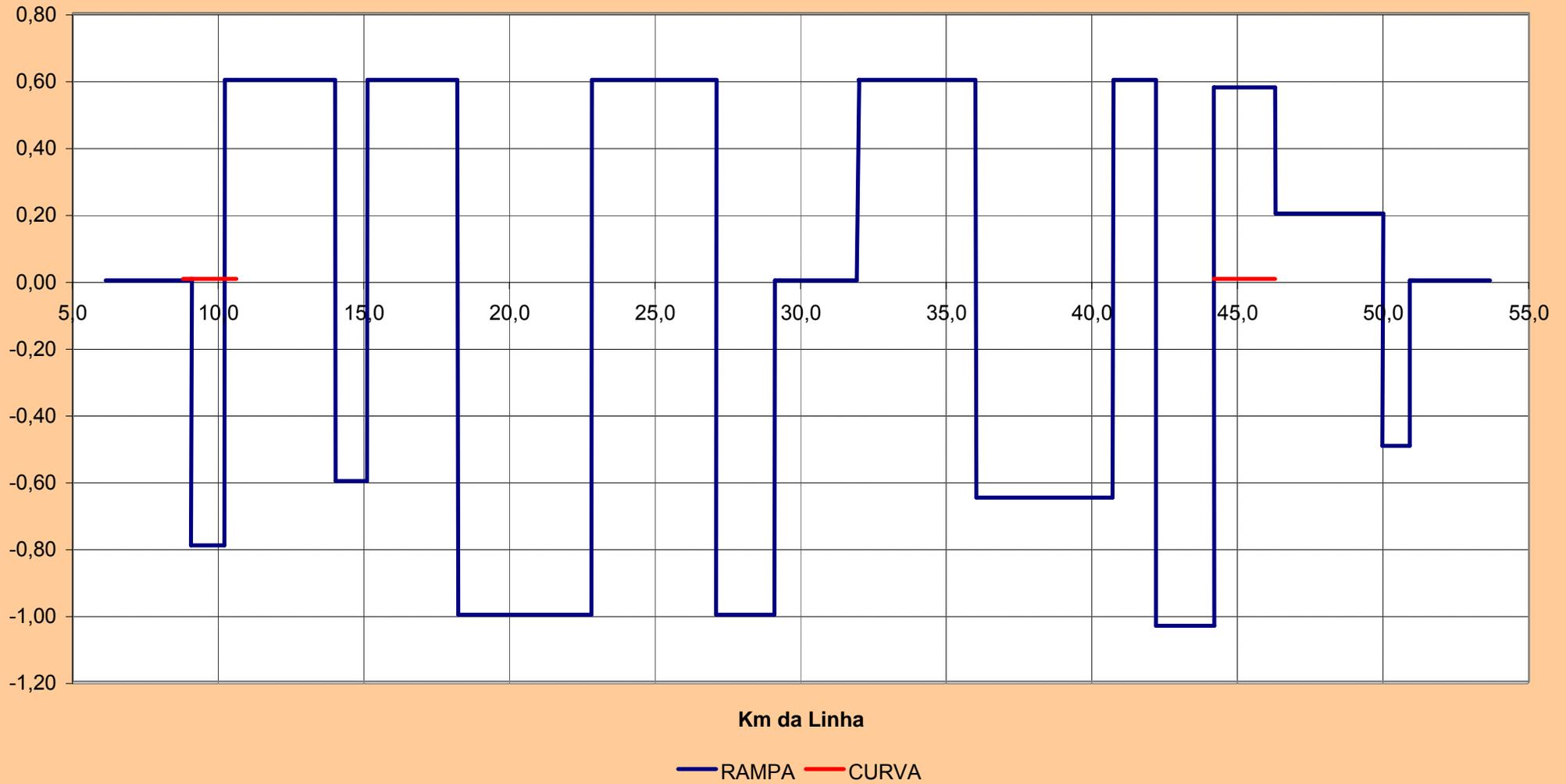


TRECHO 02 – KM 51 AO KM 08

Curvas e Rampas x Km da Via
TRECHO 02 - EXPORTAÇÃO



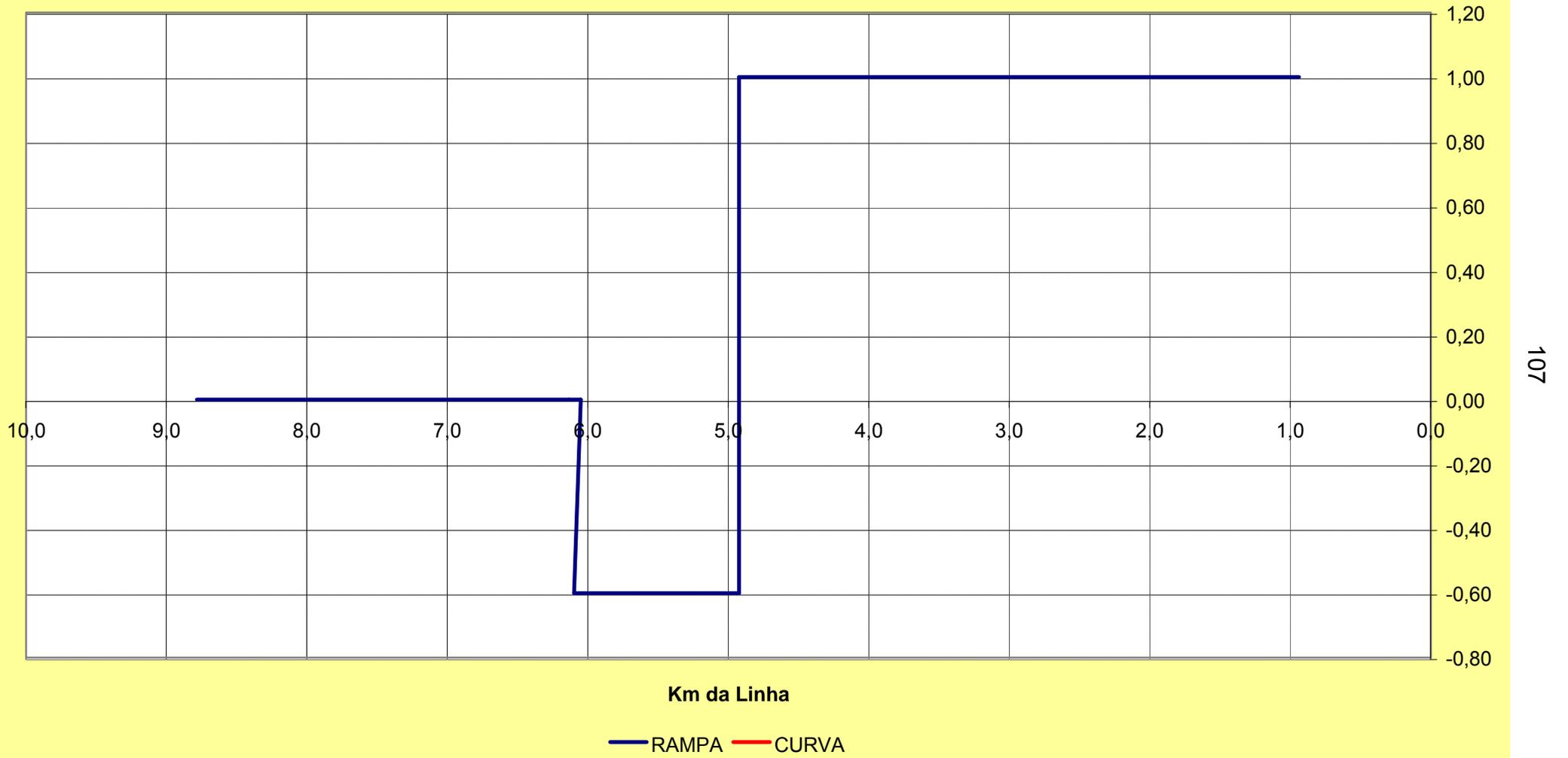
Curvas e Rampas x Km da Linha
TRECHO 02 - IMPORTAÇÃO



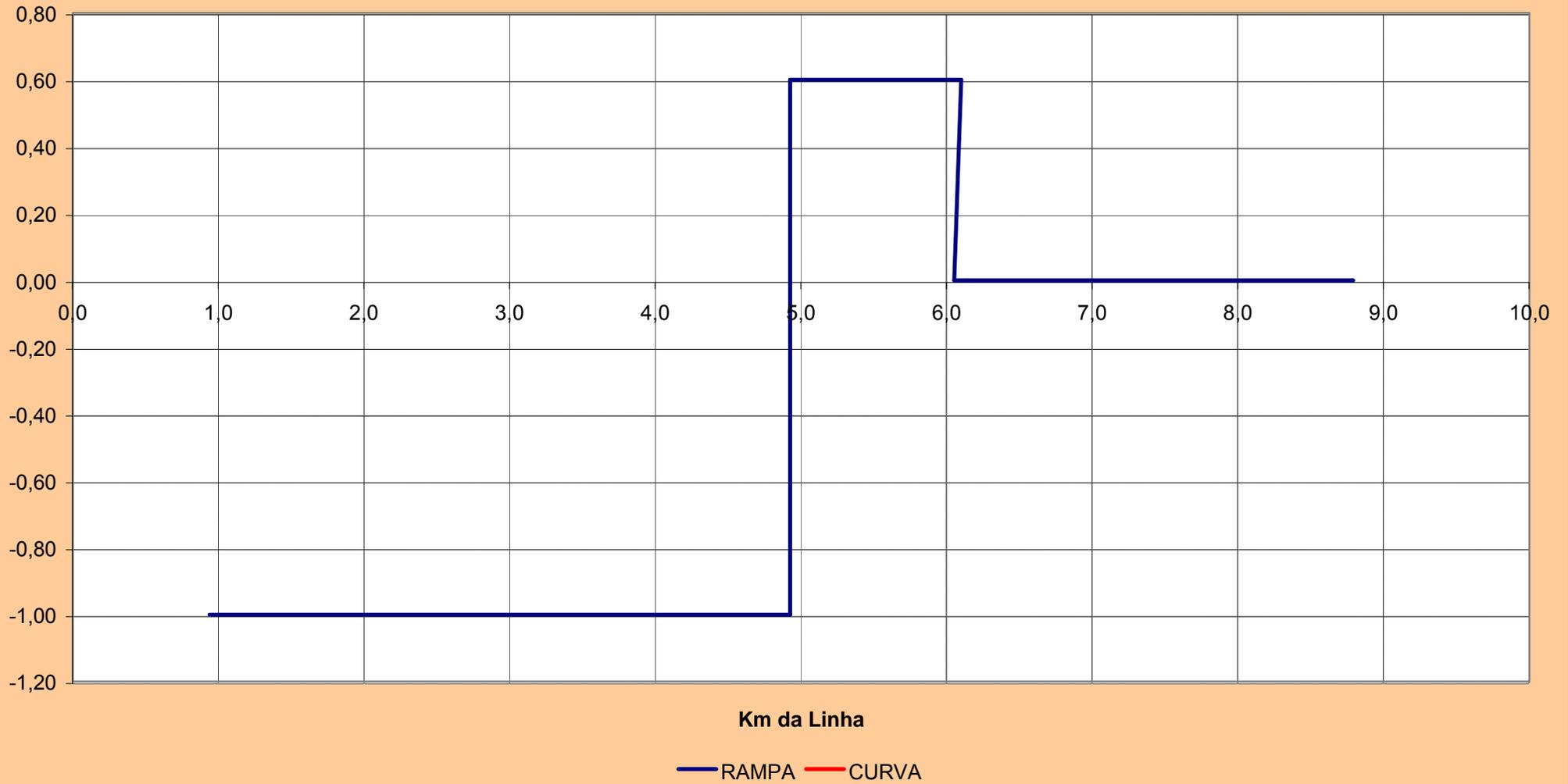


TRECHO 03 – KM 06 AO KM 01

Curvas e Rampas x Km da Linha
TRECHO 03 - EXPORTAÇÃO



Curvas e Rampas x Km da Linha
TRECHO 03 - IMPORTAÇÃO





15.6 ALTERNATIVA À FORMAÇÃO DO TREM CARACTERÍSTICO QUADRO – CAPACIDADE DE TRANSPORTE

FERROVIA TRANSNORDESTINA

QUADRO - CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Comprim. Loco =	22,62				
Comprim. Vagão =	19,16				
Peso Locomotiva =	180				
Peso Vagão =	130				
Tara do Vagão =	31				
Peso Útil do Vagão =	99	Vg. Vazio	Vg. Carreg.	Sentido	Relação de carga (%) vg
Quant. Vagões =	62	13	49	Exportação	Vazio Carregado
		41	21	Importação	21,0% 79,0%
					66,1% 33,9%

Quant. de Locomotivas =	1
Tonelagem Bruta =	6.953

Comprimento do Trem (m) = 1.210,54

Cenários Utilizados	Pares de Trem		Tonelagem exportação S/manutenção (t)			Tonelagem 2 sentidos C/manutenção (t)		
	S/ Manut	C/ Manut	dia	mês	ano	dia	mês	ano
1ª ETAPA	12	10	83.160	2.494.800	29.937.600	69.300	2.079.000	24.948.000
2ª ETAPA	21	17	145.530	4.365.900	52.390.800	117.810	3.534.300	42.411.600

Obs.: Na divisa entre os trechos da Ecoplan e Maia Melo foi considerado tempo de 15 minutos entre chega e partida do trem

Quant. de Locomotivas =	2
Tonelagem Bruta =	13.906

Comprimento do Trem (m) = 2.421,08

Cenários Utilizados	Pares de Trem		Tonelagem exportação S/manutenção (t)			Tonelagem exportação C/manutenção (t)		
	S/ Manut	C/ Manut	dia	mês	ano	dia	mês	ano
1ª ETAPA	12	10	166.320	4.989.600	59.875.200	138.600	4.158.000	49.896.000
2ª ETAPA	21	17	291.060	8.731.800	104.781.600	235.620	7.068.600	84.823.200

Obs 1.: Na divisa entre os trechos da Ecoplan e Maia Melo foi considerado tempo de 15 minutos entre chega e partida do trem