Celane Néry de Oliveira Batista

**Contribuição à análise da capacidade de
processamento de trens cargueiros em
linhas ferroviárias singelas no Brasil**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes.

ORIENTADOR: Prof. Dr. João Alexandre Widmer

São Carlos
2006

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **CELANE NÉRY DE OLIVEIRA BATISTA**

Dissertação defendida e julgada em 26-06-2006 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Titular **JOÃO ALEXANDRE WIDMER (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

aprovada

Prof. Associado **JOSE EUGÊNIO LEAL**
(Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro/PUC-RJ)

aprovado

Prof. Associado **ORLANDO FONTES LIMA JUNIOR**
(Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP)

APROVADA

Prof. Assoc. **EJI KAWAMOTO**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes

Profa. Titular **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe, Cleonice,
exemplo de força e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. João Alexandre Widmer pela confiança depositada, orientação, amizade, conselhos de vida e ser principal incentivador no desenvolvimento do trabalho.

Aos meus pais, minhas irmãs, Ceane, Cibele, Cíntia e meu sobrinho Marcos Henrique por apoiarem minhas decisões e serem o principal estímulo em tudo que faço.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

Ao engenheiro João Artur de Melo Ferraz da Brasil Ferrovias pelo suporte na obtenção de dados e explicações sobre a operação ferroviária.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Transportes pelo auxílio oferecido durante este tempo.

Aos “irmãos” Karênina, Leandro, Ricardo (Xaxá), Serginho, Vitor e Waldemiro pela convivência e por tentar tranquilizar-me nos momentos difíceis. Ao Cassiano Isler e Isabel Brufau pela contribuição direta no trabalho.

Ao “quarteto fantástico” André, Andréa Julia, Camilla e Vivianne, pelo companheirismo e amizade. Aos novos amigos, Elaine, Henrique (Carneiro) e Idalíria.

À Jeanette e Cacá por me acolherem em São Carlos, incentivo e momentos de descontração.

Às Conventinas por serem sempre presentes em minha vida e toda força que me passam.

A todos os colegas do departamento de Transportes e amigos. Não caberiam aqui os nomes dos que de alguma forma me ajudaram.

E a Deus, por tudo!

"As dificuldades fizeram-se para serem vencidas"

Irineu Evangelista de Sousa - Barão de Mauá

RESUMO

Batista, C. N. O (2006). *Contribuição à Análise da Capacidade de Processamento de Trens Cargueiros em Linhas Ferroviárias Singelas no Brasil*. São Carlos, 2006. 157p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

O expressivo crescimento do setor ferroviário com o processo de privatizações das operações a partir de 1996, fez com que a modalidade aumentasse sua participação na matriz de transportes brasileira. Porém, essa expansão, obtida essencialmente com a substituição e aumento de locomotivas e vagões, juntamente com a modernização do sistema de controle de tráfego, deverá em breve encontrar limites impostos pela geometria e superestrutura da malha ferroviária. O objetivo da dissertação é analisar como esses fatores afetam a capacidade de processamento de trens através de uma linha ferroviária singela. Para alcançar este objetivo desenvolveu-se um modelo capaz de identificar as características da via que restringem as velocidades e o *headway* das composições ferroviárias. O modelo proposto permite, através da análise de desempenho em cada um dos arcos de um trecho de linha ferroviária, obter uma medida de desempenho global no trecho e identificar os gargalos. O método adotado para determinar a capacidade do trecho para cenários operacionais alternativos é o da utilização de diagramas espaço-tempo. Os diagramas espaço-tempo são elaborados através de um algoritmo em MatLab que soluciona os conflitos nos cruzamentos para um determinado tempo de cruzamento nas estações e efetua a contagem de pares de trens. O desempenho dos trens em cada um dos arcos, dado de entrada do algoritmo, é adquirido através de um modelo de simulação de desempenho de trens elaborado pela *Association of American Railroads* (AAR). Como aplicação prática apresenta-se uma análise de capacidade para um dos principais corredores de exportação, um trecho da Brasil Ferrovias S.A. entre as cidades de Santa Fé do Sul e Araraquara no Estado de São Paulo. A análise dos resultados mostra que o principal fator limitante da velocidade média no espaço dos trens é a atual condição da superestrutura ferroviária e que, uma vez eliminada esta restrição, a supressão de passagens de nível e a relocação de estações de cruzamento, produzem ganhos expressivos.

Palavras-chave: transporte ferroviário, capacidade de tráfego, ferrovia singela, desempenho do trem, simulação

ABSTRACT

Batista, C. N. O (2006). *Contribution to analysis of process capacity of cargo trains on single track railroad line in Brazil*. São Carlos, 2006. 157p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The expressive growth of the railway sector due to the privatization of the operations since 1996, is increasing the participation of this mode in the brazilian transport matrix. However, this growth is obtained mainly from the replacement and increase of the rolling stock and the modernization of the traffic control system, and will soon reach some important limits imposed by the railway geometry and superstructure. The thesis objective is to analyze how these factors affect the capacity to process trains through a single track railroad line. To reach this objective, a model that identifies the restrictions that impose limits to the speed and headways of the trains was developed. Through the performance analysis on each arc of a railway segment, the model obtains a global performance measure for the whole segment and identifies the bottlenecks. Time-space graphs are developed to determine the capacity of the segment for different operating scenarios. To build the space-time graphs, solve the conflicts at the crossings for a given time to cross and count the trains per day, an algorithm using the MathLab software was developed. The train performance on each arc is obtained through a simulation model developed by the Association of American Railroads (AAR). As a practical application, a capacity analysis of one of the most important export corridors is presented, a segment of the Brasil Ferrovias S.A. network between the cities of Santa Fé do Sul and Araraquara in the state of São Paulo. The analysis of the results shows that the present railway superstructure condition is the main train average space speed limiting factor and, once this restriction is eliminated, the supression of at grade crossings and the relocation of the crossing stations produce expressive gains.

Key words: rail transport, traffic capacity, single track railway, train performance, simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Crescimento das ferrovias privatizadas	02
Figura 1.2: Investimentos efetuados nas ferrovias.....	05
Figura 1.3: Corredores ferroviários de exportação	06
Figura 3.1: Etapas do modelo de capacidade.....	15
Figura 3.2: Estrutura de um processo produtivo.....	16
Figura 3.3: Representação dos componentes de um sub-trecho ferroviário.....	17
Figura 3.4: Diagrama espaço-tempo entre dois nós.....	21
Figura 3.5: Diagrama espaço-tempo de um sub-trecho	23
Figura 3.6: Solução do conflito em um sub-trecho	24
Figura 3.7: Análise da capacidade no diagrama espaço-tempo.....	26
Figura 4.1: Trecho ferroviário de aplicação do modelo.....	30
Figura 4.2: Projeção do transporte ferroviário – bitola larga.....	31
Figura 4.3: União de arcos no trecho	33
Figura 4.4: Locomotiva Dash 9	35
Figura 4.5: Vagão Hopper.....	36
Figura 4.6: Diagrama espaço-tempo para o sub-trecho ZRU-ZUC.....	49
Figura 4.7: Gráfico de capacidade do trecho.....	50
Figura 5.1: Comparação entre os Cenários 1.1 e 1.2	52
Figura 5.2: Aumento da capacidade com a retirada dos limites de velocidade	53
Figura 5.3: Variação da capacidade em função dos tempos mínimos de parada (10 a 20 minutos)..	54
Figura 5.4: Variação da capacidade em função dos tempos mínimos de parada (15 a 30 minutos)..	55
Figura 5.5: Variação da capacidade em função das estações utilizadas	56

Figura 5.6: Comparação entre o Cenário 1.1 e o Cenário 3.3.....	57
Figura 5.7: Comparação entre o Cenário 1.1, 3.3 e o Cenário 3.4.....	57
Figura 5.8: Aumento da capacidade com a retirada das PN	58
Figura 5.9: Comparação entre os resultados dos Cenários 1.2, 4.2 e 4.3.....	59
Figura 5.10: Cenário 5.1	60
Figura 5.11: Comparação entre o Cenário 5.1 e 6.1.....	61
Figura 5.12: Comparação entre o Cenário 5.1 e 6.2	61
Figura 5.13: Comparação entre os cenários	62
Figura 5.14: Desempenho do trem de Santa Fé do Sul a Araraquara – Cenário real.....	63
Figura 5.15: Características geométricas da via	63
Figura 5.16: Desempenho do trem de Santa fé do Sul a Araraquara – VMA 70 km/h	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Comprimento dos arcos do trecho da Brasil Ferrovias.....	32
Tabela 4.2: Comprimento das estações do trecho.....	33
Tabela 4.3: Descrição da locomotiva Dash 9.....	34
Tabela 4.4: Descrição do vagão hopper.....	35
Tabela 4.5: Descrição da unidade padrão.....	37
Tabela 4.6: Resumo do Cenário 1.....	39
Tabela 4.7: Resumo do Cenário 2.....	40
Tabela 4.8: Resumo do Cenário 3.....	41
Tabela 4.9: Resumo do Cenário 4.....	42
Tabela 4.10: Resumo do Cenário 5.....	42
Tabela 4.11: Resumo do cenário 6.....	43
Tabela 4.12: Posição das estações no arquivo de via.....	44
Tabela 4.13: Resultados da simulação do arco ZRU-ZSP.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAR – *Association of American Railroads*.

ALL – América Latina Logística.

AMV – Aparelho de mudança de via.

ANTF – Associação Nacional do Transporte Ferroviário.

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres.

Brasil Ferrovias – *Holding* resultante de uma *joint venture* entre Ferronorte, Ferrobán, Novoeste e Portofer.

CAGR – *Compound Annual Growth Rate*.

CEL – Centro de estudos em Logística.

Coppead – Centro de Ensino e estudos em avançados em Gerência de Negócios da Universidade federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

CVRD – Companhia Vale do Rio Doce.

E. U. A. – Estados Unidos da América.

EESC – Escola de Engenharia de São Carlos.

EFC – Estrada de Ferro Carajás.

FCA – Ferrovia Centro-Atlântica.

FEPASA – Ferrovia Paulista S. A.

FERROBAN – Ferrovia Bandeirantes S. A.

Ferronorte – Ferrovias Norte Brasil.

GE – General Electric.

MatLab – Linguagem de Programação.

MRS – MRS Logística S.A.

OUT– Arquivo de saída do TEM 2.5.

Novoeste – Ferrovia Novoeste S. A.

NTC – Associação Nacional do Transporte de Carga e Logística.

PBT – Peso Bruto Total.

PBTC – Peso Bruto Total Combinado.

RFFSA – Rede Ferroviária Federal S. A.

RPT– Relatório de Simulação.

SDT– Simulador de Desempenho do Trem.

TEM 2.5 – Train Energy Model version 2.5.

TPC – *Train Performance Calculator*.

TU – Tonelada Útil.

USP – Universidade de São Paulo.

VMA – Velocidade máxima autorizada.

ZEB – Estação Engenheiro Balduino.

ZED – Estação Estrela Dóeste.

ZFN – Estação Fernandópolis.

ZFS – Estação Santa Fé do Sul.

ZJA – Estação Jales.

ZKY – Estação Comosrama.

ZRU – Estação Rio Preto Paulista.

ZSP – Estação São José do Rio Preto.

ZTF – Estação Três Fronteiras.

ZUC – Estação Uchoa.

ZUR – Estação Urânia.

SUMÁRIO

RESUMO	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ix
1 INTRODUÇÃO	01
1.1 Objetivos	05
1.2 Justificativa	05
1.3 Contexto da Pesquisa	06
1.4 Estrutura do Trabalho	06
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	08
2.1 Operação Ferroviária	08
2.2 Capacidade	09
3 MÉTODO DE MODELAGEM	13
3.1 Visão Geral	14
3.2 Função de Produção	16
3.3 Estrutura do Modelo	17
3.4 Variáveis envolvidas	18
3.4.1 Variáveis relativas aos arcos	18
3.4.2 Variáveis relativas aos nós	18
3.4.3 Variáveis relativas às unidades	19
3.5 Modelo de Capacidade	20
3.5.1 Diagrama espaço-tempo	20
3.5.1.1 Solução do conflito	22
3.5.2 Análise da capacidade	26
3.5.3 Análise do desempenho dos trens em um trecho	27
3.5.3.1 O Simulador de Desempenho do Trem	28

4	Aplicação do Modelo.....	30
4.1	Caracterização da via	31
4.1.1	Arcos.....	32
4.1.2	Nós.....	33
4.2	Caracterização das unidades	34
4.2.1	Locomotivas	34
4.2.2	Vagões	35
4.2.3	Composição	36
4.3	Geração de resultados	37
4.3.1	Cenários propostos.....	38
4.3.2	Preparação do arquivo da composição	43
4.3.3	Preparação dos arquivos da via	43
4.3.4	Preparação dos arquivos dos sub-trechos.....	44
4.3.5	Geração de velocidade no simulador de desempenho do trem	45
4.3.6	Geração do diagrama espaço-tempo	46
4.3.7	Estimativa da capacidade por sub-trecho	49
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESUSLTADOS	51
5.1	Análise da influência dos limites de velocidade operacionais	51
5.2	Análise da influência dos tempos mínimos de parada	53
5.3	Análise da influência das estações utilizadas	55
5.4	Análise da influência da existência de passagem de nível	58
5.5	Análise da influência da otimização dos fatores de produção	59
5.6	Análise da influência da distância entre as estações	60
5.7	Análise geral.....	62
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	67
6.1	Recomendações	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
	BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....	75
	GLOSSÁRIO	77
	APÊNDICE A: MODELO DE SIMULAÇÃO DE MARCHA.....	80
	APÊNDICE B: MODELO DE LOCOMOÇÃO	93

APÊNDICE C: RESULTADO DOS CENÁRIOS	108
APÊNDICE D: ARQUIVO DA COMPOSIÇÃO.....	122
APÊNDICE E: PARÂMETROS DE CONFIGURAÇÃO.....	125
APÊNDICE F: ARQUIVO DE PARADA.....	128
APÊNDICE G: RELATÓRIO DA SIMULAÇÃO.....	130
APÊNDICE H: ARQUIVO DE SAÍDA DO SIMULADOR.....	133
 ANEXO A: ARQUIVO DA VIA	 136

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento ferroviário brasileiro sempre esteve ligado às políticas de governo, as quais sofreram mudanças ao longo da história. A primeira ferrovia do Brasil data de 1852, construída pelo Barão de Mauá, permitiu a integração das modalidades de transporte aquaviário e ferroviário, ou seja, a primeira operação intermodal do Brasil. As ferrovias do estado de São Paulo também foram construídas a partir da segunda metade do século XIX, formando uma rede de escoamento do café em direção ao Porto de Santos.

Segundo a Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF), a Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA – foi criada em 1957, resultado da aglutinação de quase duas dezenas de ferrovias controladas pelo governo federal. No início da década de 70, com o objetivo de integrar as ferrovias estaduais, até então operando de forma isolada, o governo de São Paulo criou a FEPASA – Ferrovia Paulista S. A. – a qual incorporou a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, a Estrada de Ferro Sorocabana, a Companhia Mogiana de Estradas de Ferro, a Estrada de Ferro São Paulo & Minas e a Estrada de Ferro Araraquarense.

A crescente escassez de investimentos por parte do poder público levou a FEPASA a uma redução cada vez maior de sua participação no transporte de cargas e passageiros e, em 1998, como parte da renegociação de dívidas entre o governo federal e o estado de São Paulo, foi acertada sua transferência para o controle da Rede Ferroviária Federal S.A., sendo denominada “malha paulista”. Tal malha foi a leilão em 10 de novembro de 1998, sendo adquirida pela FERROBAN que assumiu o controle em 1º de janeiro de 1999 [ANTF, 2005].

Entre as décadas de 80 e 90, o sistema ferroviário brasileiro foi afetado drasticamente. Tanto as ferrovias pertencentes à RFFSA como à FEPASA passaram por um processo de acelerada deterioração em função da escassez de recursos tanto para

operação quanto para manutenção, o que ocasionou expressiva perda de mercado para o modal rodoviário. A privatização, através da concessão da operação a partir de 1996, foi a forma usada para reverter tal processo e modernizar as principais ferrovias brasileiras. Dentre as empresas concessionárias, estão presentes no estado de São Paulo a MRS Logística S. A., a América Latina Logística (ALL), a Ferrovia Centro-Atlântica (FCA) e a Brasil Ferrovias S. A., cuja capacidade de processamento de carga será investigada neste trabalho.

Entre 1959 e 2001, a produção das ferrovias brasileiras cresceu 6,5% ao ano, apresentando evolução negativa em apenas sete dos 43 anos – 1981-83, 1990, 1992, 1996 e 1999 [LACERDA, 2002]. Percebe-se, contudo, que, após as concessões, o sistema ferroviário brasileiro passou por diversas mudanças. A Figura 1.1 mostra a produção ferroviária e o CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) antes e depois do processo de privatização.

Figura 1.1 – Crescimento das ferrovias privatizadas

De acordo com os dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) e o Ministério dos Transportes, de 1997 até 2004, o volume de carga transportada pela ferrovia cresceu 48,7%, saltando de 138 para 206 bilhões de toneladas quilômetro útil (TKU). Mesmo com o baixo custo do transporte rodoviário de cargas no Brasil, a modalidade ferroviária aumentou a participação na matriz de transporte brasileira de 20,7%

para 23,8 % entre 2001 e 2004, período no qual cresceu de 305 milhões para 378 milhões de cargas transportadas (TU).

Segundo o levantamento dos indicadores do transporte ferroviário do Centro de Estudos em Logística do COPPEAD [CEL/COPPEAD – 10/01/2006], houve um crescimento no total de cargas transportadas de 9,1% TU (tonelada útil tracionada), comparando-se o ano de 2004 com o de 2003, sendo o minério de ferro, soja, produtos da indústria siderúrgica, carvão e coque assim como a produção agrícola os principais produtos que puxaram o índice para esse patamar positivo. Em 2005, o setor ferroviário apresentou um crescimento bastante robusto e, para 2006, a expectativa do volume transportado para a modalidade permanece favorável.

A ANTF construiu dois cenários para 2008 com base nos estudos da consultoria A.T. Kearney [NTC Notícias – 22/02/2005]. No primeiro deles, as ferrovias chegariam a 28% de participação (ou 269,4 bilhões de TKU). Nesse caso, cresceriam 27% (sobre a produção que tiveram em 2004). No segundo, o modo ferroviário passaria a deter 30% (291,1 bilhões de TKU, 37,4% acima da produção do ano passado). Para alcançar o primeiro cenário bastaria que as concessionárias mantivessem o mesmo nível de investimentos. Para alcançar o segundo cenário, é necessário investimentos de cerca de R\$ 4,3 bilhões da união entre os anos de 2004 a 2008. Nessa projeção, até o ano de 2008, haveria um expressivo crescimento no transporte de cargas gerais no estado de São Paulo.

Essa previsão de substancial aumento de transporte de carga pela ferrovia traz à tona uma questão: a capacidade de absorção de tráfego dessa modalidade de transporte. Segundo a revista Agro Exame, nº 17, de setembro de 2004, os gargalos representam uma ameaça séria ao desenvolvimento das exportações brasileiras. O agronegócio brasileiro possui a terceira maior taxa anual de crescimento (6%) do comércio exterior de produtos agrícolas, analisando-se os dados de 1990 a 2003. O atual ministro da agricultura, Roberto Rodrigues, diz que há o risco do crescimento da produção se voltar contra o produtor, que acaba preso em uma crise de abundância sem escoamento; tal fato que está sendo chamado de “apagão logístico”.

De acordo com os dados levantados pelo CEL-COPPEAD para o ano de 2004, a produção do transporte de carga pela ferrovia (em bilhões de TKU) nos Estados Unidos foi 13 vezes maior que a produção brasileira, a densidade média de tráfego (1000 TKU/km) é 2,4 vezes superior. Além disto, os investimentos por extensão da malha em

2003 foram 3 vezes maiores do que aqueles feitos em nosso país. Confrontando-se esses dados, percebe-se que, apesar da perspectiva de crescimento do setor ferroviário, ainda há uma defasagem muito grande em comparação ao cenário mundial.

Segundo estatísticas da ANTT, os maiores investimentos efetuados pelas concessionárias ferroviárias são em material rodante, superestrutura e infra-estrutura da via, sendo que os dois primeiros representam, respectivamente, 50,48% e 23,42% do total de investimentos feitos de 1997 a 2004. Na Figura 1.2, pode-se observar a evolução do investimento nas principais áreas de aplicação.

Figura 1.2 – Investimentos efetuados nas ferrovias

Com este trabalho e sua análise, propõe-se identificar os fatores que estão restringindo a capacidade ferroviária e desenvolver uma ferramenta para hierarquizar a alocação de recursos.

Pretende-se caracterizar de forma específica um trecho da malha ferroviária que atravessa o Estado de São Paulo, principal corredor de exportação do Brasil e responsável por grande volume de produtos movimentados em direção ao porto. Na Figura 1.3 é possível observar os principais canais de escoamento da produção pelo Estado.

Figura 1.3 – Corredores ferroviários de exportação

1.1 Objetivos

O objetivo principal desta pesquisa é propor um método para analisar a capacidade de processamento de trens unidade em uma linha ferroviária singela, sujeita às restrições físicas e operacionais da via permanente.

O objetivo subjacente do trabalho é aplicar o método a um corredor de transporte ferroviário de elevado volume de tráfego. A partir dos resultados numéricos dessa aplicação avaliar-se-á o impacto relativo dos parâmetros da via que afetam sua capacidade.

1.2 Justificativa

A partir do panorama exposto anteriormente acerca da situação atual do transporte ferroviário no Brasil e as perspectivas de aumento na demanda, surgiu a motivação de se estudar a operação ferroviária com o propósito de investigar a capacidade de processamento da carga dessa modalidade. O conhecimento da capacidade do sistema ferroviário é um instrumento fundamental, tanto no gerenciamento operacional quanto no apoio a decisões sobre investimentos a serem efetivados nas ferrovias.

A pesquisa em questão se destaca por abordar um problema estratégico crítico de um dos mais importantes setores de serviço do país. Em relação à participação do transporte ferroviário na matriz brasileira de transporte, percebe-se que, mesmo com o aumento da participação modal de TKU de 19% para 24% após as concessões, esse valor está bem abaixo da participação de outros países de grandes extensões continentais, como é o caso da Rússia, Índia e EUA com 81%, 50% e 43%, respectivamente.

O trabalho justifica-se pela carência de estudos sobre o transporte ferroviário de carga no Brasil e pela necessidade de avançar-se com pesquisas que investiguem sua real capacidade de processamento. No Brasil, cerca de 96% da malha ferroviária é linha singela. A perspectiva crescente de demanda motiva estudar as folgas do sistema e os gargalos existentes.

1.3 Contexto da Pesquisa

Este trabalho pertence a uma linha de pesquisa mais ampla, desenvolvida pelo Prof. João Alexandre Widmer no Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos, que tem como objetivo investigar estratégias de investimento para o desenvolvimento do transporte de cargas no país. Dentro dessa temática, pesquisas analisaram o processamento de cargas nas regiões portuárias e as possíveis vantagens econômicas em se utilizar a intermodalidade.

Nessa linha, foram localizados os pontos mais promissores para a instalação de futuros terminais intermodais de carga rodo-ferroviários [Tiago, 2002]; investigada a integração modal rodo-hidroviária no transporte de cargas frigoríficas [Rorato, 2003]; analisada a utilização do modal rodo-ferroviário no transporte de açúcar para o porto de Santos [Silva, 2005] e uma análise prospectiva da capacidade de processamento de vagões no Porto de Santos [Ramos, 2003]. Dando continuidade a esses estudos, o trabalho aqui apresentado pretende analisar a capacidade de processamento de carga em uma linha ferroviária singela.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está organizado em seis partes distintas. O capítulo 1 contém a introdução, na qual é apresentado um breve panorama sobre o aumento da participação da

modalidade ferroviária no transporte de carga do Brasil, assim como o objetivo já apresentado, a contextualização da pesquisa e sua justificativa.

O Capítulo 2 traz uma revisão da bibliografia sobre os princípios básicos da operação ferroviária, descrição de modelos do sistema ferroviário e abordagens sobre a capacidade ferroviária.

No Capítulo 3 é apresentado o método de modelagem utilizado nesta dissertação para determinar-se a capacidade ferroviária.

Com o modelo aplicado, foram gerados cenários alternativos que são discutidos no Capítulo 4. Por meio desses cenários, foi investigada a influência de alguns fatores de produção na capacidade geral do sistema.

Os resultados do trabalho são apresentados no Capítulo 5, seguidos de sua análise e discussão. No Capítulo 6 são expostas as conclusões encontradas com o desenvolvimento da pesquisa e as recomendações para pesquisas futuras.

No final do trabalho é apresentado os Apêndices e o Anexo. O Apêndice A contém uma descrição do modelo de simulação utilizado, o Apêndice B detalha o modelo de locomoção ferroviária utilizado no simulador de marcha da AAR, o Apêndice C contém os resultados dos cenários elaborados. Os outros Apêndices descrevem os arquivos do simulador de desempenho do trem e o Anexo A descreve o arquivo da via.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foram encontrados trabalhos que tratam especificamente da operação ferroviária, de classificação nos pátios e dos problemas de despacho ou circulação de trens. Esta revisão enfoca as operações ferroviárias e a capacidade ferroviária, apresentando conceitos e modelos relacionados com os problemas de movimentação dos trens.

A revisão bibliográfica realizada permitiu constatar a existência de diversos estudos relacionados ao transporte ferroviário de carga no Brasil e no exterior. No entanto, após investigação, percebeu-se que os modelos levantados não são adequados para alcançar-se os objetivos propostos.

2.1 Operação Ferroviária

O sistema de transporte ferroviário é composto de instalações físicas como pátios de formação de trens, terminais e estações, linhas primárias e secundárias e pontos de junção. Esse conjunto configura uma rede na qual os vagões se movem em grupos denominados blocos. Um ou mais blocos adicionados a uma locomotiva formam um trem, que transporta passageiros ou carga. Trens viajam através de rotas pré-definidas com frequências e programação específica.

Segundo Petersen & Taylor [1982], os modelos de linha férrea podem ser classificados em três categorias: analíticos, de simulação e de otimização, embora os modelos de otimização possam ser considerados um subconjunto dos modelos analíticos. Os autores propuseram um modelo de simulação baseado em uma estrutura lógica que descreve o movimento dos trens sobre a linha, podendo ser aplicado em linha singela ou múltipla. O trabalho fornece uma estrutura geral do modelo, para uso na simulação da operação ferroviária.

Há vários modelos de planejamento da operação ferroviária na literatura, entre eles Petersen [1977a, b], Turnquist & Daskin [1982], Goh & Mees [1991], Kraay *et al.* [1991], com o objetivo de programar a movimentação dos trens e solucionar os possíveis conflitos em uma linha, além de otimizar a utilização dos componentes do sistema ferroviário.

Em relação à programação da atividade ferroviária, Higgins *et al.* [1995] aponta a confiabilidade de toda a programação como medida do provável desempenho em termos da aderência à programação, sendo tal conceito importante tanto para o serviço ferroviário de passageiros urbanos e não urbanos, quanto para o transporte ferroviário de cargas, uma vez que essa é uma medida de desempenho crítica para todo o mercado ferroviário.

De acordo com Carey & Lockwood [1995], o despacho de trens refere-se ao problema de alocar trens para linhas disponíveis em uma rede ferroviária (linhas, plataformas, etc.) de modo a minimizar o seu atraso e custos decorrentes, satisfazer a demanda e garantir que todos os trens nas linhas e nas estações satisfaçam às condições de espaçamento (*headway*) necessárias.

Em uma linha singela, o controle do tráfego exige maior cautela devido à possibilidade de choque entre os trens. Um dos trens deve aguardar em uma linha secundária (desvio), enquanto o outro efetua a passagem em sentido contrário. Leal *et al.* [2004] apresentam um procedimento heurístico para a resolução do problema de programação de trens em vias singelas. O modelo proposto por ele é uma ferramenta de auxílio na resolução dos conflitos entre trens, incorporando técnicas de *Branch and Bound* sugeridas por Higgins [1996] e técnicas de descida de vários níveis na árvore binária de solução.

Fernández *et al.* [2004] formularam e analisaram um modelo estratégico para o sistema ferroviário de transporte de carga para uma determinada região. O modelo equilibra o fluxo e o nível de serviço de acordo com a demanda de transporte para um conjunto de diferentes produtos, levando-se em consideração a capacidade do sistema e seus componentes e características operacionais.

2.2 Capacidade

Devido à complexidade do sistema ferroviário, muitas definições de capacidade foram utilizadas sob diferentes aspectos, assim como os modelos já formulados relacionam

parâmetros diversificados. Nesse item, serão expostos alguns conceitos específicos de capacidade assim como alguns modelos encontrados na literatura.

Capacidade de circulação de uma linha

É o número máximo de trens que pode trafegar durante um determinado intervalo de tempo, em ambos os sentidos sob determinadas condições de serviço. Esse conceito é também conhecido como vazão de uma linha.

Capacidade de transporte de uma linha

É a tonelage máxima de carga que pode ser transportada durante um determinado intervalo de tempo, em ambos os sentidos, sob determinadas condições de serviço.

Capacidade teórica máxima

É o número máximo de trens que pode circular durante um determinado intervalo de tempo, em ambos os sentidos de uma linha, sob condições ideais.

Capacidade prática

Idêntica à definição da capacidade teórica máxima, menos as condições ideais, ou seja, são consideradas as possibilidades e limitações impostas pelos meios e procedimentos empregados são considerados.

Capacidade utilizada

Corresponde ao volume de tráfego atual que está operando no território. A capacidade utilizada reflete as variações de tráfego e operações que acontecem de fato na ferrovia.

Capacidade disponível

Define-se como a diferença entre a capacidade utilizada e a capacidade prática, correspondendo ao possível aumento do fluxo de tráfego dentro das condições de desempenho determinadas.

Capacidade econômica

É a capacidade que corresponde a melhor opção econômica para a empresa. A capacidade econômica de um segmento de linha pode ser definida como o número de trens por dia, com determinado nível de congestionamento do tráfego para o qual o custo unitário de transporte é mínimo.

O movimento dos trens na linha férrea é uma atividade básica que ocorre dentro do sistema de transporte ferroviário. Nos modelos, seja de capacidade ou operação ferroviária, a velocidade dos trens constitui, além de um dado de entrada, um elemento fundamental que exerce influência considerável sobre os resultados.

Vários modelos são descritos na literatura com foco na determinação das capacidades máximas e práticas de uma linha. Entre eles Rallis [1977] *apud* Janic, Assad [1980], Janic [1984, 1988] e Kraft [1983].

Janic [1984] desenvolveu um modelo analítico probabilístico para determinar a capacidade máxima de uma linha singela. No modelo, são utilizados diversos parâmetros como dados de entrada, entre eles, a velocidade dos trens. Cada trecho da linha representa um servidor a ser ocupado por um trem, sendo o tempo de processamento função do comprimento e da velocidade média do trem no trecho.

Nos modelos analíticos de capacidade, a velocidade dos trens é um parâmetro que se integra diretamente nas equações e fórmulas de cálculo.

Para efeito prático, os modelos analíticos são integrados em programas de simulação, que permitam tratar uma maior quantidade de dados, além de admitir o estudo dos comportamentos transitórios, [Petersen & Taylor, 1982]. Nos simuladores específicos de capacidade, os valores de velocidade incorporados são geralmente calculados por meio de um simulador de desempenho do trem, conhecido como *Train Performance Calculator* (TPC). É o caso do modelo computacional de análise de capacidade de Ramsey *et al.* [1986] e do modelo de avaliação de desempenho ferroviário de Smith *et al.* [1997], entre outros. O TPC exhibe a trajetória do trem no espaço e no tempo, permitindo o uso de paradas na simulação e calculando diretamente, a partir das características do trem e da geometria da via, o tempo mínimo de percurso e o consumo de combustível de um trem tipo circulando pela linha.

Leilich [1998] investigou os diferentes modelos de simulação ferroviária e os parâmetros que afetam a capacidade. Segundo ele a velocidade média desenvolvida no percurso é, possivelmente, o fator mais importante na determinação da capacidade, tanto em linha singela quanto dupla.

O autor adverte que muitos modelos de simulação utilizam tempos de percurso calculados por um TPC externo, considerando os trechos da linha sem restrições. Depois, os modelos realizam ajustes nesses valores de tempos de percurso baseando-se na ocorrência de atrasos observados nos trens. Portanto, é essencial que o TPC usado reproduza o desempenho dos trens atuais. Para isso, é necessário compreender o modelo utilizado pelo TPC e, caso tenha que adaptar os dados obtidos pelo TPC, é necessário fazer um ajuste adequado que garanta que os dados “modificados” sejam representativos.

Krueger [1998] elaborou um modelo paramétrico de capacidade, cuja capacidade é definida como o maior volume de trens por dia que podem ser movidos em trecho dentro de um cronograma específico e plano de operação, sem exceder um limite específico. Os parâmetros por ele utilizados são subdivididos em parâmetros de geometria, tráfego e de operação.

3 MÉTODO DE MODELAGEM

O conceito de capacidade está associado à possibilidade de se transportar determinada quantidade de carga em um intervalo de tempo específico. Essa quantidade depende da infra-estrutura da via, das instalações fixas (pátios e terminais), do material rodante disponível e do sistema operacional empregado.

A capacidade, no contexto desta pesquisa, refere-se ao número de trens de carga com características uniformes de PBTC (peso bruto total combinado) e tração que possam circular pelo trecho em determinado intervalo de tempo. No presente trabalho, a capacidade será determinada em pares de trens processados por dia, pois à medida que os trens carregados são encaminhados em direção aos portos, outros voltam na direção contrária, por hipótese, com carga de retorno, assim, sua lotação é ocupada tanto na ida quando na volta. Para a análise proposta, será necessário, antes de tudo, ter uma visão geral do sistema e verificar as variáveis que influenciam sua capacidade.

Com o objetivo de determinar a capacidade em um trecho de linha singela, um modelo que represente de forma adequada a realidade do sistema ferroviário foi elaborado. Segundo Law & Kelton [1991], um modelo é a representação matemática ou lógica de um sistema real, que é um conjunto de partes interrelacionadas e interdependentes que realizam atividades coordenadas, visando atingir uma meta comum. Esse modelo tem normalmente a forma de um conjunto de suposições relativas à operação e ao funcionamento do sistema real. O modelo é também uma simplificação do sistema real, devendo ser suficientemente detalhado para que as conclusões obtidas sejam representativas da realidade.

3.1 Visão Geral

O modelo proposto permite através das aplicações microscópicas na linha ferroviária ter uma visão geral do trecho analisado e, por meio de hipóteses adotadas e simplificações,

gerar uma solução robusta para o problema analisado. A capacidade do sistema é determinada através de diagramas espaço-tempo. Neste estudo, o diagrama espaço-tempo é elaborado a partir da simulação das velocidades dos trens em cada subtrecho, utilizando-se um simulador de desempenho do trem, o SDT *Train Energy Model* [AAR, 1993].

O diagrama espaço-tempo é a base para o planejamento ferroviário, além de ser também um documento essencial para o controle da operação. Segundo Brina [1983] através do gráfico, analisando-se o percurso do trem (atrasos, cruzamentos), medidas para melhoria da circulação poderão ser tomadas. Verifica-se, também, se os cruzamentos se darão nos pontos programados, e a estação que será mais conveniente para que ocorra tais cruzamentos, no caso de atrasos dos trens em circulação.

Brina [1983] afirma que o diagrama espaço-tempo é útil não só para o controle da circulação e programação dos trens como também é possível verificar o número de trens que poderão circular em determinado trecho em função de diversas circunstâncias (prioridade dos trens, velocidade, cruzamentos, etc.).

Hay [1982] apresenta o diagrama espaço-tempo como ferramenta de análise do efeito da redução de curvas e rampas na velocidade e, também, para um aperfeiçoamento da programação atual dos trens variando as taxas de tonelagem, ou a determinação da capacidade com o uso de um novo tipo de tração.

A Figura 3.1 ilustra de forma simplificada as etapas do modelo de capacidade que serão detalhadas a seguir.

Inicialmente, para uma melhor compreensão do modelo elaborado, é preciso definir alguns termos fundamentais para o transporte ferroviário. Uma linha ferroviária singela é uma linha única que permita a movimentação dos trens nos dois sentidos devido à presença de dois pátios adjacentes. Esses pátios são formados por pelo menos uma linha adicional ao lado da principal e são utilizados para a circulação, formação, manobras e estacionamento de trens e vagões e, também, para o cruzamento e ultrapassagens.

Figura 3.1: Etapas do modelo de capacidade

A ultrapassagem ocorre, essencialmente, quando um trem é seguido por outra composição de velocidade superior, é o caso, por exemplo, do trem de carga e do trem de passageiros trafegando na mesma linha, no qual o trem de passageiros é geralmente mais rápido. Nesse caso, o trem menos veloz ocupa uma das linhas do pátio e aguarda a ultrapassagem do trem mais veloz. A linha ocupada é conectada à linha principal por AMVs (aparelhos de mudanças de via) e é conhecida também como desvio. No caso de cruzamento entre trens, fato essencial que ocorre para permitir o transporte nos dois sentidos da linha, um dos trens aguarda em um desvio enquanto o outro passa em direção contrária.

Tanto a ultrapassagem quanto o cruzamento ocorrem para evitar conflitos. Esses conflitos podem ser considerados como o fenômeno que ocorre quando dois ou mais trens estão prestes a ocupar o mesmo espaço da linha ao mesmo tempo.

Portanto, como premissas básicas deste trabalho, será admitido que apenas um trem ocupe uma mesma linha em determinado período de tempo, somente uma unidade pode ocupar um desvio de cada vez, os locais dos desvios são fixos e possuem comprimento suficiente para alocar o trem, visto que o objetivo do trabalho não é avaliar projetos e, sim, verificar o que pode ser feito para aumentar a capacidade de uma linha utilizando-se a infraestrutura existente. Também será admitido que os pátios existentes são capazes de processar a quantidade de trens encontrada.

3.2 Função de Produção

Em operações ferroviárias os trens são sincronizados de forma a se encontrarem nos pátios, com itinerários que permitam uma melhor produção. O desempenho de um trem na linha férrea se dá em função de vários fatores como as estações utilizadas, o tempo de espera, a força tratora utilizada, as condições da via, entre outros. No decorrer deste trabalho será verificado, por meio dos cenários criados, como alguns fatores afetam a capacidade total do sistema.

O sistema de transporte é um sistema produtivo, e os fatores anteriormente citados podem ser entendidos como insumos. Através da utilização desses insumos será gerado um determinado número de trens por dia, ou seja, será gerada uma determinada produção. Pretende-se, portanto, investigar a função de produção do sistema ferroviário.

Os insumos físicos, em diferentes quantidades e tipos, entram no processo produtivo, com determinados esquemas operacionais, e geram produtos e serviços [Novaes, 1986]. A combinação desses insumos para obter um maior nível de produção é conhecida como função de produção, representada na Figura 3.2.

Adaptado de Novaes, 1986

Figura 3.2: Estrutura de um processo produtivo

A aplicação do modelo permite localizar os pontos de gargalos da via, ou seja, os locais restritivos ao processamento de trens por dia, bem como determinar os próximos gargalos que surgirão caso os primeiros tenham sido resolvidos. Dessa forma, permite, também, priorizar os investimentos através da investigação da função de produção. A hipótese subjacente ao método é que o modelo, através de cenários operacionais

alternativos, permite avaliar os fatores e suas combinações que maximizem a produção da ferrovia em função das restrições da via.

3.3 Estrutura do modelo

No modelo, a rede ferroviária será constituída por um conjunto de pontos (pátios), denominados nós e linhas férreas que permitam a ligação entre estes nós, denominados arcos. Sobre esses nós e arcos, os trens, denominados unidades, circulam em ambos os sentidos no transporte das cargas. A representação da rede elaborada apresentada a seguir, permite a análise macroscópica da linha sem a utilização de complexos modelos de programação de trens.

A linha ferroviária é formada por um conjunto de subtrechos, as quais por sua vez são compostos por três arcos, o arco_{j-1}, o arco_j e o arco_{j+1}. Cada arco_j une dois pátios de cruzamento adjacentes, chamados de nó_i e nó_{i+1}. Estes nós são compostos pelo menos por duas linhas férreas: a linha principal, que é uma continuação da linha entre os nós, e a linha de cruzamento, conhecida como desvio. Cada desvio_k do nó_i somente será ocupado por uma unidade por vez. Os arcos são divididos em segmentos s_n , permitindo o tráfego nos dois sentidos. Cada segmento s_n possui características físicas e condições específicas que impõem limites à velocidade desenvolvida pela unidade. Na Figura 3.3 tem-se a representação simbólica dos componentes físicos de um subtrecho ferroviário.

Figura 3.3 - Representação dos componentes de um subtrecho ferroviário

3.4 Variáveis envolvidas

Nessa etapa serão caracterizados os atributos da via e dos veículos, que servirão como dados de entrada na elaboração do modelo.

3.4.1 Variáveis relativas aos arcos:

- Velocidade operacional permitida pela configuração do arco: A limitação da capacidade da linha está condicionada a dois parâmetros geométricos: raio mínimo das curvas e aclive máximo; e um parâmetro estrutural: condição da superestrutura.
- Velocidade máxima autorizada (VMA): Velocidade máxima estabelecida, atendendo-se às condições da via permanente, sua conservação, estado das obras de arte, etc. [Brina, 1983].
- Tempo de percurso entre as estações (nós): O tempo de percurso entre as estações depende do greide da linha (topografia do trecho), distância entre estações (localização), velocidade permitida, condições climáticas, condução do maquinista, etc.
- Espaçamento entre as estações (nós): A distância entre as estações exerce influência no tempo de percurso dos trens: quanto maior a distância maior o tempo para percorrê-la. Segundo Brina [1983], as estações devem estar localizadas, idealmente, de tal forma que os tempos de percurso entre as estações sejam, aproximadamente, iguais.
- Números de vias: A malha ferroviária é formada por trechos de linha singela, dupla ou tripla. Essa variável indica a quantidade de trens que podem ocupar cada arco, por vez.

3.4.2 Variáveis relativas aos nós

- Tipos de nós: Existem quatro tipos principais de nós em uma malha ferroviária: pátios, terminais, desvios e pontos de junção. Pátio é o conjunto de vias preparado para formação de trens, manobras e estacionamento de veículos ferroviários e outros fins; terminal é um conjunto de equipamentos e instalações situados no extremo dos arcos ou, mesmo, em pontos intermediários, ocupados para o reagrupamento de cargas e, também, a formação e despacho de trens; desvio é uma linha adjacente à linha principal ou a outro desvio, destinada aos cruzamentos, passagens e formação de trens; e os pontos de junção se referem à interseção de uma via férrea com outra. O

número e a frequência desses elementos na linha fazem parte do conjunto de fatores que afetam a capacidade da ferrovia [ANTF, 2005].

- Número de nós: O número de estações onde os trens possam encontrar outras composições. Esse número tem influência direta no tempo total de percurso e no número total de trens que possam está no trecho em um dado instante para que não ocorram congestionamento e bloqueio da linha.
- Comprimento das estações: As estações permitem a movimentação dos trens através da rede. Seu comprimento restringe os comboios de trens sucessivos num mesmo sentido.
- Utilização dos terminais: A capacidade de transporte de um corredor ferroviário é função direta da capacidade de carga e descarga dos terminais que operam nos extremos e ao longo do corredor. Os terminais devem estar preparados, conseqüentemente, para operar de tal forma que não comprometam a capacidade de transporte da linha.

3.4.3 Variáveis relativas às unidades

- Potência das locomotivas: Uma parcela significativa da potência do motor da locomotiva é transformada em força motriz, responsável pela locomoção da composição.
- Comprimento do trem: O comprimento total do trem é o somatório do comprimento dos vagões e das locomotivas. Esse valor é limitado pelo comprimento dos desvios, a tração exercida pelas locomotivas e a capacidade de carga dos engates.
- Sentido de circulação: O greide da linha (topografia) atua de maneira diferenciada para cada sentido de circulação dos trens, influenciando no tempo de percurso e na capacidade de tração das locomotivas.
- *Headways*: O número de trens na linha em um dado instante depende da separação temporal entre os mesmos (*headway*), influenciando no número de conflitos de trens, no tempo total de percurso e, assim, na capacidade do trecho.

- Carga transportada por vagão: a carga transportada por vagão depende da limitação por peso ou volume dos vagões utilizados. Esse parâmetro está, diretamente relacionado com a potência das locomotivas empregadas, às condições da via e os custos de manutenção da linha devido às solicitações dinâmicas exercidas.
- Carga por eixo: É a solicitação exercida em cada eixo devido ao peso da carga e do vagão (PBT).
- Carga transportada por trem: Esse índice é dado a partir do comprimento dos trens e a carga transportada (peso útil) de cada vagão.

3.5 Modelo de Capacidade

3.5.1 Diagrama espaço-tempo

A representação gráfica das operações dos trens, usando-se diagramas espaço-tempo tem sido utilizada para a análise da movimentação das composições ferroviárias e determinação da capacidade do trecho [Hay, 1982]. O espaço é representado no eixo vertical, nele estão contidos os desvios, estações e pátios de manobra. O tempo é representado no eixo horizontal e o intervalo utilizado depende da capacidade que se quer avaliar.

Apesar do seu comprimento, os veículos ferroviários são visualizados nos diagramas espaço-tempo como partículas que descrevem o movimento, variando sua velocidade ao longo do tempo. Quando um trem inicia o movimento ele, passa por um processo de aceleração; quando realiza uma parada, ele passa por um processo de desaceleração, sendo que, devido às características de cada segmento do arco e condições operacionais impostas, o veículo sofre alterações em sua velocidade ao longo do percurso.

No modelo de determinação da capacidade, entretanto, a distribuição da velocidade nos arcos será descrita pela velocidade média no espaço, encontrada através do registro do desempenho do trem ao longo da via. Com dois pontos extremos definidos, via de regra, nas estações de cruzamento, é encontrada a declividade do segmento de reta AB, conforme, a Figura 3.4 ilustra.

Figura 3.4 – Diagrama espaço-tempo entre dois nós

Matematicamente, a velocidade média no espaço pode ser determinada pela equação 3.1:

$$\bar{u}_s = \frac{n \cdot s}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (3.1)$$

na qual:

$\bar{u}_s$ = velocidade média no espaço, em km/h;

S = espaçamento do segmento, em km;

t_i = tempo gasto pelo i-ésimo trem para percorrer o segmento s, em h.

A mesma aplicação é feita para os trens que se movimentam na direção oposta, do $nó_{i+1}$ para o $nó_i$. A nomenclatura adotada para essas direções foi sentido exportação (em direção ao porto) e importação (em direção ao interior do país). Obtida a velocidade média dos trens nos dois sentidos, é necessário que eles se encontrem nos pontos fixos da linha que permitam esse cruzamento, sem que haja conflito. Para Hay [1982], o primeiro fator do controle operacional é prevenir colisões entre veículos.

3.5.1.1 Solução do conflito

A movimentação dos trens em uma linha singela só é possível se houver uma sincronia entre os trens de forma que se encontrem apenas nas estações que possuam trechos de linha dupla, evitando-se, assim os conflitos. Para a elaboração do diagrama

espaço-tempo, a resolução do conflito foi feita através de um algoritmo formulado em *MatLab*.

O algoritmo é baseado em uma heurística que busca a otimização da solução fazendo uma varredura no espaço. Parte-se, inicialmente de um conjunto de dados que contenham o desempenho do trem ao longo de uma linha, na qual consta posição, tempo e velocidade instantânea do trem em cada subtrecho.

Como mostrado anteriormente cada subtrecho é composto por três arcos, o arco_{j-1}, o arco_j e o arco_{j+1} e quatro pátios de cruzamento adjacentes, nó_{i-1}, nó_j, nó_{i+1}, e nó_{i+2}. Sendo o nó_{i-1} a estação inicial e nó_{i+2} a estação final do subtrecho.

As unidades efetuam os cruzamentos nos nós demandando um determinado tempo de espera. Para os tempos de cruzamento, utilizou-se a premissa que trens, nos dois sentidos, permanecem, pelo menos, o tempo mínimo de espera. Dessa forma, em cada nó, o trem chega em um determinado instante de tempo e sai em outro, que serão expressos pelas variáveis *ini* e *fim* respectivamente.

A programação possui vários trens na linha. Assim, durante o procedimento, esses trens poderão adotar os dois sentidos, exportação ou importação. Para representá-los, cada unidade *i* possuirá uma variável (E) ou (I) de acordo com o sentido do percurso. A variável E representa o sentido exportação, com quilometragem crescente, e a variável I representa o sentido contrário, com quilometragem decrescente.

A programação inicial é originada de duas matrizes independentes que contenham o tempo, posição e velocidade para o sentido exportação e, a outra, para o sentido importação obtidos através do SDT. Os nós são identificados a partir do valor numérico velocidade; quando esta é nula, os valores do espaço e tempo correspondentes a um nó são gravados. Uma vez determinados os nós calcula-se a velocidade média no espaço entre nós sucessivos. Dessa forma são criadas novas matrizes com apenas os pontos de entrada e saída do trem em cada nó. Na Figura 3.5 esses pontos são representados.

Figura 3.5 – Diagrama espaço-tempo de um subtrecho

Cada unidade i desenvolverá o movimento ao longo dos pontos j . Os tempos serão descritos como $(t_{i,j})$, o mesmo ocorre com o espaço, descrito como $(s_{i,j})$. A representação, em forma de matriz do tempo e espaço, para o exemplo geral da Figura 3.5, tem o seguinte formato:

Matriz Tempo:

$$\text{unidade } 1(E) \begin{array}{c|c|c|c|c|c} \text{nó}_{i-1} & \text{nó}_i & & \text{nó}_{i+1} & & \text{nó}_{i+2} \\ \hline (\text{fim}) & (\text{ini}) & (\text{fim}) & (\text{ini}) & (\text{fim}) & (\text{ini}) \\ \hline t_{1,1} & t_{1,2} & t_{1,3} & t_{1,4} & t_{1,5} & t_{1,6} \end{array}$$

Matriz Espaço:

$$\text{unidade } 1(E) \begin{array}{c|c|c|c|c|c} \text{nó}_{i-1} & \text{nó}_i & & \text{nó}_{i+1} & & \text{nó}_{i+2} \\ \hline (\text{fim}) & (\text{ini}) & (\text{fim}) & (\text{ini}) & (\text{fim}) & (\text{ini}) \\ \hline s_{1,1} & s_{1,2} & s_{1,3} & s_{1,4} & s_{1,5} & s_{1,6} \end{array}$$

No caso de uma unidade em sentido contrário, a representação em forma de matriz será análoga, porém os espaços serão invertidos. O $s_{1,1}(I)$ será igual ao $s_{1,6}(E)$, o $s_{1,2}(I)$ será igual ao $s_{1,4}(E)$, e assim sucessivamente.

Para a programação dos trens, adotou-se que a unidade₁(E) inicia o movimento no par ordenado $(t_{1,1}, s_{1,1})$ igual a $(0,0)$. O mesmo não ocorre com a unidade₁(I), o início de seu movimento está condicionado ao tempo de viagem até o $s_{1,2}(I)$. A partir das primeiras unidades, (E) e (I), encontra-se o *headway* (h), como pode ser observado na Figura 3.6.

Figura 3.6 – Solução do conflito em um subtrecho

O *headway*(h) é o intervalo temporal entre os trens, deve possuir valor suficiente para prevenir o choque entre os veículos. Como o objetivo do algoritmo é solucionar os conflitos, mais duas unidades em cada sentido são acrescentadas nas matrizes iniciais de tempo. Os novos valores são encontrados da seguinte forma:

a) sentido exportação:

$$t_{2,j}(E) = t_{1,j}(E) + h \quad (3.2)$$

$$t_{3,j}(E) = t_{2,j}(E) + h \text{ ou } t_{3,j}(E) = t_{1,j}(E) + 2h \quad (3.3)$$

a) sentido importação:

$$t_{2,j}(I) = t_{1,j}(I) + h \quad (3.4)$$

$$t_{3,j}(I) = t_{2,j}(I) + h \text{ ou } t_{3,j}(I) = t_{1,j}(I) + 2h \quad (3.5)$$

Como estão sendo analisados três arcos, o conflito ocorre no primeiro e/ou último arco. As condições para que exista o conflito nas unidades em direções opostas são, respectivamente:

$$\text{Se } t_{1,6}(E) - t_{2,1}(I) > 0 \quad (3.6)$$

$$\text{E } t_{1,6}(I) - t_{3,1}(E) > 0 \quad (3.7)$$

Durante o procedimento, os conflitos são resolvidos ocasionando atrasos da unidade i nos nós intermediários, $nó_i$ e $nó_{i+1}$. Como os conflitos podem ocorrer nos arco_{j-1} e/ou arco_{j+1} os atrasos são identificados pela variável *inf*, caso ocorra no arco_{j-1} ; e pela variável *sup*, caso ocorra no arco_{j+1} . Os atrasos podem ser encontrados da seguinte forma:

$$\text{atraso}_{\text{sup}} = t_{1,6}(E) - t_{2,1}(I) \quad (3.8)$$

$$\text{atraso}_{\text{inf}} = t_{1,6}(I) - t_{3,1}(E) \quad (3.9)$$

Como os conflitos podem ocorrer nos dois arcos, é necessário verificar qual dos dois provoca um atraso maior nas unidades. Após esta etapa, são refeitos os horários do trem adicionando um tempo de espera ou atraso. Assim:

a) Se $\text{atraso}_{\text{sup}} > \text{atraso}_{\text{inf}}$, fazer:

$$t_{i,3}(\text{atrasado}) = t_{i,3} + (\text{atraso}_{\text{sup}}/2) \quad (3.11)$$

$$t_{i,4}(\text{atrasado}) = t_{i,4} + (\text{atraso}_{\text{sup}}/2) \quad (3.12)$$

$$t_{i,5}(\text{atrasado}) = t_{i,5} + (\text{atraso}_{\text{sup}}) \quad (3.13)$$

$$t_{i,6}(\text{atrasado}) = t_{i,6} + (\text{atraso}_{\text{sup}}) \quad (3.14)$$

b) Se por outro lado $\text{atraso}_{\text{inf}} > \text{atraso}_{\text{sup}}$ fazer:

$$t_{i,3}(\text{atrasado}) = t_{i,3} + (\text{atraso}_{\text{inf}}/2) \quad (3.15)$$

$$t_{i,4}(\text{atrasado}) = t_{i,4} + (\text{atraso}_{\text{inf}}/2) \quad (3.16)$$

$$t_{i,5}(\text{atrasado}) = t_{i,5} + (\text{atraso}_{\text{inf}}) \quad (3.17)$$

$$t_{i,6}(\text{atrasado}) = t_{i,6} + (\text{atraso}_{\text{inf}}) \quad (3.18)$$

3.5.2 Análise da capacidade

Os diagramas são elaborados para cada subtrecho de forma consecutiva. Assim, o arco_{*i-1*} é abandonado enquanto o arco_{*i*} e o arco_{*i+1*} tornam-se consecutivamente os arco_{*i-1*} e o arco_{*i*} do próximo subtrecho. Desta forma, é possível a investigação de todo o trecho, independente do número de estações (nós) existentes, identificando os estrangulamentos da capacidade na linha.

Cada subtrecho possui instalações fixas (desvios, estações e pátios de manobra) determinadas, o que promove espaçamentos e *headways* específicos. A redução da velocidade em um desses arcos faz com que os trens apresentem *headways* maiores, provocando uma diminuição na capacidade do sistema. Observando-se a Figura 3.5, percebe-se pelo primeiro diagrama que é possível processar 3 pares de trens por período de tempo; já no segundo, apenas 2 pares de trens são processados para o mesmo intervalo de tempo, devido à redução da velocidade do arco_{*i*}.

Figura 3.7: Análise da capacidade no diagrama espaço-tempo

A velocidade exerce interferência direta sobre a capacidade. Quanto mais lento se movimentar uma unidade mais tempo irá gastar para percorrer um determinado arco, além disto, afetará os horários de partida nos outros arcos devido ao controle dos cruzamentos nos nós.

3.5.3 Análise do desempenho dos trens em um trecho

A velocidade real da unidade nos arcos, necessária para construção do diagrama espaço-tempo foi adquirida através de um simulador de desempenho do trem, desenvolvido pela *Association of American Railroads-AAR*, o qual permite avaliar o movimento dos trens no decorrer do percurso, a partir de condições determinadas. Esse modelo de simulação foi escolhido para ser utilizado neste trabalho devido à adequação aos objetivos da pesquisa e à facilidade de aquisição.

A simulação é uma técnica que permite representar a operação de um sistema real durante um período de tempo de forma idealizada. Em sistemas mais complexos, os modelos matemáticos e lógicos são integrados a um programa computacional. Com essa técnica é possível avaliar alterações em projetos e operações antes de sua implementação e, também, experimentar novas alternativas de operação e utilização das instalações que possam ser necessárias.

Segundo Law & Kelton [1991], os modelos de simulações possuem várias vantagens: a simulação permite estimar o desempenho de um sistema existente dentro de um conjunto de condições operacionais; operações alternativas podem ser comparadas através da simulação a fim de se encontrar a melhor solução testada; em uma simulação, é possível manter um melhor controle das condições do experimento a serem testadas; além disso a simulação permite estudar um sistema estruturado em um tempo longo em um curto prazo gerando previsões futuras.

Quando devidamente validado, o simulador permite representar, também, situações as quais dificilmente seriam testadas na prática. No caso de uma ferrovia singela, isso seria mais dramático, devido às dimensões das composições e das paradas no funcionamento regular para a realização de testes. A simulação ainda permite analisar as operações sem intervenções no sistema real; desta forma, é possível simular diversos cenários e analisar o desempenho das composições sob diferentes condições sem maiores dificuldades.

Os modelos que permitem verificar o desempenho das composições ferroviárias ao decorrer da linha (SDT) permitem experimentar vários tipos de composições, carregamentos, modificações na geometria da via (rampa, curva) e condições operacionais como prioridades e tempo de parada. A maioria dos modelos de desempenho são integrados a programas computacionais entre eles, pode-se mencionar o *Railsim* (<<http://www.railsim.com/TPC.htm>>), o *TEM* (AAR) e o *Microrail* (<http://www.microrail-fr.com/>).

3.5.3.1 O Simulador de Desempenho do Trem

O SDT utilizado é o *Train Energy Model* desenvolvido pela AAR (*Association of American Railroads*), cujo objetivo inicial fora o de usá-lo em estudos de consumo de combustível, relacionados à resistência e tração dos trens. A primeira versão data de 1986, a partir dela, com inclusões ao modelo, surgiram as versões 1.7, 2.0 e 2.5, sendo esta última utilizada nesta pesquisa [AAR,1993].

O simulador de desempenho do trem utilizado permite que se determine o tempo, a velocidade, a distância e o consumo de combustível de um trem que trafega sobre um determinado perfil da via. O modelo inclui também os efeitos das rampas, curvas, resistências do trem, limites de velocidade, características da propulsão e da frenagem e condições operacionais.

O programa pode ser estruturado em três partes, a saber: dados de entrada, algoritmo interno e dados de saída. Os dados de entrada são as características físicas e mecânicas das composições ferroviárias, as características da via, as condições operacionais e as opções de simulação. O algoritmo é composto por um modelo físico, equações de movimento e métodos numéricos, usados para integrar as equações de movimento no simulador. Os dados de saída podem ser visualizados em forma de gráficos e tabelas, com destaque para: a distância percorrida, a velocidade instantânea e o ponto de aceleração e desaceleração. A estrutura do simulador e como foi utilizado está descrito no Apêndice A.

O algoritmo interno é um modelo matemático baseado nas equações físicas que regem o movimento de uma composição ferroviária e as relações empíricas, já consagradas

na indústria ferroviária. Essas equações permitem o cálculo do esforço trator, das resistências impostas pelas locomotivas e vagões, do esforço nos engates, da aceleração e frenagem, a distância e o tempo necessários para frear, além de outros fatores relativos ao movimento. A partir dessas equações, o modelo emite o desempenho do trem calculando, para cada instante, as forças que atuam sobre a composição. No Apêndice B são descritos detalhadamente os princípios da locomoção ferroviária usados no simulador.

4 APLICAÇÃO DO MODELO

A aplicação refere-se a um trecho de operação em linha singela da Brasil Ferrovias, que reúne as operações da Ferronorte, Ferrobán e a Novoeste. O trecho de estudo, um corredor de exportação de bitola larga, pertence à malha da FERROBAN – Ferrovias Bandeirantes S.A., que interliga a Baixada Santista/Porto de Santos e as cidades de Santa Fé do Sul, Panorama e Colômbia, uma rede de 2.916 km de comprimento total, que possibilita o escoamento da produção dos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e São Paulo. Sua malha pode ser observada na Figura 4.1, bem como o trecho destacado, no qual serão realizadas simulações.

Figura 4.1 – Trecho ferroviário de aplicação do modelo

Com relação aos portos, a FERROBAN possui interconexões não somente com o Porto de Santos, mas também com os portos fluviais de Pederneiras, Panorama e Presidente Epitácio, e pelo sistema da MRS Logística S.A, com os portos de Sepetiba e Rio de Janeiro.

As principais mercadorias transportadas no trecho em estudo são: produtos agrícolas, soja e farelo de soja, adubos e fertilizantes, carvão e coque, escórias, combustíveis e carga geral. O gráfico da Figura 4.2 mostra a projeção de volume de transporte da Brasil Ferrovias (FERROBAN, FERRONORTE e NOVOESTE) para bitola larga até o ano de 2013. Analisando-os é fácil perceber a expansão esperada da concessionária.

Figura 4.2 - Projeção do transporte ferroviário - bitola larga

Segundo a Brasil Ferrovias, a empresa transportou 8,1 milhões de toneladas úteis (TU) em 2004. O levantamento de 2005 mostrou que foram transportadas 40% a mais do que o volume transportado em 2004, o que representa cerca de 3% do total de toneladas transportadas no Brasil e 5,3%, se excluirmos o fluxo de minério de ferro da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD). Tal crescimento ocorreu graças a investimentos efetuados na reestruturação da *holding*, com previsão de movimento para 2006 de cerca de 20 milhões de toneladas [<http://brasilferrovias.com.br>].

4.1 Caracterização da Via

Como exposto no método desta pesquisa, a rede ferroviária será formada por estações caracterizadas como nós; linhas, que serão os arcos do modelo proposto; e trens,

indicados como unidades, que circulam pela linha ferroviária. Uma vez descrito o modelo, é necessário conhecer as características de cada um dos recursos que servirão como dados de entrada.

4.1.1 Arcos

O modelo será aplicado em um trecho da linha férrea que liga a cidade de Santa Fé do Sul, divisa com o estado do Mato Grosso do Sul, até a cidade de Araraquara, que também interliga uma linha tronco proveniente da cidade de Colômbia, na divisa com Minas Gerais.

Os dados dos arcos como posições, altitude, aclives, declives, grau de curva e velocidade máxima autorizada foram fornecidos pela diretoria da Brasil Ferrovias reproduzidos no Anexo A.

O trecho de estudo, com todas as estações, é composto por 28 arcos no total, com comprimentos apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Comprimento dos arcos do trecho da Brasil Ferrovias

Arco	Comprimento (km)	Arco	Comprimento (km)
1	7,20	15	10,53
2	27,86	16	19,33
3	12,50	17	17,27
4	16,10	18	13,48
5	18,01	19	10,53
6	10,48	20	12,93
7	13,84	21	24,19
8	12,42	22	15,86
9	24,48	23	15,81
10	14,52	24	16,27
11	17,73	25	11,73
12	27,32	26	6,37
13	14,77	27	17,71
14	4,46	28	7,26

Para o modelo de simulação, como mencionado no Capítulo 3, foi realizada uma divisão do trecho da malha ferroviária em subtrechos compostos de três arcos, que serão simulados consecutivamente. Nos cenários nos quais nem todos os nós são utilizados, arcos adjacentes são unidos formando, assim, um novo arco maior que o anterior, como pode ser observado na Figura 4.3.

Figura 4.3: União de arcos no trecho

4.1.2 Nós

Os dados relacionados às características físicas e localização dos nós foram obtidos do mesmo arquivo que continha os dados dos arcos (ver Anexo A). A Tabela 4.2 apresenta o comprimento das estações que compõem o trecho analisado e, também, a nomenclatura (sigla) utilizada para representá-las. O valor do comprimento das estações é utilizado como restrição na construção dos cenários com menor número de desvios.

Tabela 4.2: Comprimento das estações do trecho.

Nó	Nome da estação	Sigla	Comprimento (km)	Nó	Nome da estação	Sigla	Comprimento (km)
1	Santa Fé do Sul	ZFS	1,29	16	Eng. Schmitt	ZEH	0,46
2	Três Fronteiras	ZTF	0,55	17	Uchoa	ZUC	0,70
3	Urânia	ZUR	0,70	18	Catigua	ZCT	0,68

4	Jales	ZJA	0,95	19	Catanduva	ZCV	0,97
5	Estrela D'Oeste	ZED	0,73	20	Pindorama	ZPN	0,98
6	Fernandópolis	ZFN	0,81	21	Santa Adelia	ZSD	1,05
7	Meridiano	ZMR	0,70	22	Candido Rodrigue	ZCZ	0,93
8	Valentim Gentil	ZVG	0,73	23	Taquaritinga	ZTQ	0,69
9	Votuporanga	ZVP	0,91	24	Santa Ernestina	ZSH	0,47
10	Cosmorama	ZKY	0,68	25	Matao	ZMA	1,75
11	Ecatu	ZEC	0,64	26	Silvania	ZZL	0,75
12	Eng. Balduino	ZEB	0,69	27	Bueno de Andrade	ZDZ	1,77
13	Mirassol	ZMO	0,67	28	Tutoia	ZTO	1,76
14	Rio Preto Paulista	ZRU	1,40	29	Araraquara	ZAR	0,64
15	S. Jose do Rio Preto	ZSP	0,43				

4.2 Caracterização das unidades

As unidades são formadas por unidades tratoras, as locomotivas, e unidades rebocáveis, os vagões. A seguir será caracterizado o material rodante selecionado para formar o trem padrão utilizado no modelo.

4.2.1 Locomotivas

No experimento, foram utilizadas locomotivas modelo Dash 9 (Figura 4.4), máquinas ferroviárias fabricadas pela GE com potência máxima de tração de cerca de 4.400 hp. Na tabela 4.3 são apresentadas as características dessa locomotiva relevantes para o estudo.

Tabela 4.3: Descrição da Locomotiva Dash 9

Principais características	
Número de eixos	6
Potência para tração	3930 hp
Tara	180 t
Peso máximo do combustível	29 t
Comprimento	21,5 m
Área	14 m ²
Máximo coeficiente de aderência	0,28

Para a simulação, as características da locomotiva são divididas em três arquivos, um contendo o número de eixos, peso bruto, tara, comprimento e área frontal do veículo; e os outros dois contendo o esforço trator e a frenagem.

Figura 4.4: Locomotiva Dash 9

4.2.2 Vagões

A unidade rebocável selecionada foi o vagão Hopper. Esses vagões são projetados para um peso bruto máximo de 120t. Na tabela 4.4 são descritas as características relevantes do vagão Hopper utilizado pela Ferroban.

Tabela 4.4: Descrição do vagão Hopper

Principais características	
Número de eixos	4
Bitola	1,60 m
Altura	3,90 m
Comprimento	16,2 m
Tara	32,5 t
Lotação	106 t

Na Figura 4.5 temos um exemplo de um vagão Hopper fechado, de classificação HFT, provido de paredes retas, com três compartimentos independentes de carga e três bocas de descarga do tipo gaveta deslizante.

Figura 4.5: Vagão Hopper

4.2.3 Composição

O transporte por estrada de ferro incorpora um número relativamente amplo de variáveis que interferem em sua capacidade. Em primeira instância, para se aumentar a quantidade de carga processada em uma linha ferroviária, pode-se variar o número de vagões na composição e/ou aumentar a quantidade de carga em cada vagão. No primeiro caso, quanto maior o número de vagões maior o comprimento do trem, o qual por sua vez, está restrito ao comprimento disponível das estações. No segundo caso, a quantidade de carga transportada é restrita à lotação máxima de cada vagão, seja esta limitada pela capacidade volumétrica, pelo peso útil máximo estrutural do vagão ou pelo limite de suporte de carga/eixo da via.

O aumento de cargas na composição a serem rebocadas gera a redução da velocidade desenvolvida pelo trem no arco que pode ser solucionada pela adição de tração. A tração pode ser simples, dupla ou tripla, porém a velocidade do trem também é restrita às características geométricas e conservação da via permanente.

Na operação ferroviária em uma linha singela há dois aspectos conflitantes. Por um lado, ao se formar composições de baixa tonelagem, a velocidade média aumenta, o trem desocupa o arco em menor tempo, além de não haver grandes problemas com o comprimento das estações. Por outro lado, aumentando-se o peso rebocado da composição, transporta-se maior quantidade de carga, porém se faz necessário o uso de mais tração e estações de maior comprimento. A maximização da tração e a maximização da produção foram modeladas por Novaes [1978] e Novaes [1986] respectivamente.

Com base na diversidade de composições que possam ser formadas, a aplicação do modelo de capacidade parte da premissa da utilização de uma unidade ou composição ferroviária que represente um trem típico a circular na linha férrea descrita. A partir deles são geradas alternativas operacionais, testadas em forma de cenários.

A unidade padrão empregada é formada de 2 locomotivas Dash 9 e 41 vagões Hopper, totalizando um trem de 5.000 toneladas. A Tabela 4.5 resume suas características.

Tabela 4.5: Descrição da unidade padrão

Principais características	
Número de blocos de veículos	3
Número de locomotivas	2
Número de locomotivas líderes	2
Número de vagões	41
Comprimento total do trem	707 m
Potência total do trem	7860 hp
Peso total do trem	5000 t
Peso da carga	3300 t
Peso do trem vazio	1700 t
Relação Potência/Peso	1.56 hp/t

4.3 Geração de resultados

O procedimento empregado para a aplicação do modelo mostrado no Capítulo 3 seguiu as seguintes etapas:

- Definição dos cenários;
- Preparação do arquivo contendo as características da composição (unidade) utilizada para o simulador (TEM 2.5);
- Preparação dos arquivos contendo as características de cada subtrecho para o simulador (TEM 2.5);
- Preparação dos arquivos de via a serem utilizados pelo simulador (TEM 2.5);
- Execução da simulação nos dois sentidos, exportação e importação, utilizando os arquivos elaborados;

- Cálculo da velocidade média no espaço em cada arco, a partir dos valores das velocidades instantâneas.
- Introdução no algoritmo elaborado para resolução de conflitos e construção do diagrama espaço-tempo;
- Estimativa da capacidade do trecho para cada cenário.

4.3.1 Cenários propostos

O objetivo da divisão em cenários visa verificar a influência dos fatores de produção no trecho em análise, comparando-se a capacidade de processamento de trens por dia. Entre esses fatores, investigar-se-á a influência da velocidade dos trens, o tempo de parada dos trens nos desvios, o número de estações utilizadas, a existência de passagens de nível na via e a combinação destes fatores de forma otimizada.

Na escolha desses fatores levou-se em consideração suposições de modelos já existentes e resultados preliminares das simulações. Parte-se do conceito de trens unidade de comprimento fixo. Os cenários escolhidos para a aplicação do modelo são descritos a seguir:

Cenário 1: Influência dos limites de velocidade operacionais

Pretende-se com esse cenário verificar a influência na capacidade dos limites de velocidade impostos ao longo da via. A Tabela 4.6 resume o cenário.

- **Cenário 1.1:** A partir da unidade padrão verifica-se o desempenho do trem utilizando-se todas as estações, tendo início em Santa Fé do Sul (ZFS) e chegada em Araraquara (ZAR). Todos os subtrechos serão simulados, consecutivamente, e com tempo de parada mínimo de 15 minutos. O trecho possui limites operacionais de velocidade ao longo da via variando de 14.5 km/h a 70 km/h, essa configuração é chamada de real devido os limites serem atualmente utilizados na Ferroban. São consideradas todas as passagens de nível que, conseqüentemente, impõem reduções adicionais na velocidade. Devido a esse cenário ser o mais próximo da realidade, será usado como padrão para a comparação entre os resultados dos outros cenários.
- **Cenário 1.2:** Esse é similar ao Cenário 1.1, exceto que os limites operacionais de velocidade são uniformes para todo o trecho, com o valor de 70 km/h.

Tabela 4.6: Resumo do Cenário 1

Variáveis	Cenário 1.1	Cenário 1.2
<i>Estações utilizadas</i>	todas	todas
<i>Tempo de parada</i>	15 minutos	15 minutos
<i>Limites de velocidade</i>	real	70 km/h
<i>Passagem de nível existente</i>	todas	todas

Cenário 2: Influência dos tempos mínimos de parada

O objetivo desse cenário é verificar a influência do tempo mínimo de parada nas estações. Estes tempos de espera foram estipulados a partir do conhecimento do tempo médio real que ocorre nos cruzamentos na linha férrea. A Tabela 4.7 resume-o.

- Cenário 2.1: Esse cenário é similar ao Cenário 1.1, exceto que o tempo de parada mínimo nos desvios são de 10 minutos.
- Cenário 2.2: Esse também é similar ao Cenário 1.1, exceto que o tempo de parada mínimo nos desvios são de 20 minutos.
- Cenário 2.3: Esse de igual maneira é similar ao Cenário 1.1, exceto que o tempo de parada mínimo nos desvios são de 30 minutos.

Tabela 4.7: Resumo do Cenário 2

Variáveis	Cenário 2.1	Cenário 2.2	Cenário 2.3
<i>Estações utilizadas</i>	todas	todas	todas
<i>Tempo de parada</i>	10 minutos	20 minutos	30 minutos
<i>Limites de velocidade</i>	real	real	real
<i>Passagem de nível existente</i>	todas	todas	todas

Cenário 3: Influência das estações utilizadas

Pretende-se com esse cenário verificar a influência da utilização das estações de cruzamento dos trens em função de seu limite de comprimento, das velocidades entre os arcos e de sua localização ao longo do trecho. A localização de cada estação ao longo da via pode ser observada no Anexo 1 e o resumo do cenário é exposto na Tabela 4.8.

- Cenário 3.1: Esse cenário é similar ao Cenário 1.1, exceto pelo número de estações utilizadas. Nesse cenário o critério usado é o comprimento das estações. São eliminadas as estações com comprimento inferior a 0,70 km. O critério foi adotado com o objetivo de excluir as estações que não possuam comprimento do desvio suficiente para alocar a composição.
- Cenário 3.2: Esse é similar ao Cenário 1.1, exceto pelo número de estações utilizadas. Nesse cenário, o critério usado é a velocidade entre os arcos. São eliminadas as estações existentes entre um arco cuja velocidade desenvolvida seja baixa e outro em que a velocidade seja alta. Esse critério foi adotado com o objetivo de equilibrar as velocidades nos arcos.
- Cenário 3.3: Esse também é similar ao Cenário 1.1, exceto o número de estações utilizadas. Neste cenário o critério usado é a distância entre as estações. São eliminadas as estações existentes entre arcos adjacentes com comprimento inferior a 25 km. Esse critério foi adotado com o objetivo de equilibrar os tamanhos dos arcos.
- Cenário 3.4: Esse de igual maneira é similar ao Cenário 3.3, exceto que os limites operacionais de velocidade são uniformes para todo o trecho, com o valor de 70 km/h, e as passagens de nível foram eliminadas.

Tabela 4.8: Resumo do Cenário 3

Variáveis	Cenário 3.1	Cenário 3.2	Cenário 3.3	Cenário 3.4
<i>Estações utilizadas</i>	ZFS, ZJA, ZED, ZFN, ZMR, ZVG, ZVP, ZRU, ZCV, ZPN, ZSD, ZCZ, ZMA, ZZL, ZDZ, ZTO.	ZFS, ZUR, ZJA, ZED, ZFN, ZMR, ZVP, ZEC, ZMO, ZSP, ZUC, ZCV, ZSD, ZSH, ZZL, ZDZ, ZTO.	ZFS, ZUR, ZED, ZMR, ZVP, ZKY, ZEB, ZMO, ZEH, ZCT, ZPN, ZCZ, ZSH, ZZL, ZTO.	ZFS, ZUR, ZED, ZMR, ZVP, ZKY, ZEB, ZMO, ZEH, ZCT, ZPN, ZCZ, ZSH, ZZL, ZTO.
<i>Tempo de parada</i>	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos
<i>Limites de velocidade</i>	real	real	real	70 km/h
<i>Passagem de nível existente</i>	todas	todas	todas	nenhuma

Cenário 4: Influência da existência de passagem em nível

As passagens em nível impõem uma redução na velocidade dos trens. O objetivo deste cenário é verificar o impacto da retirada desse dispositivo. A Tabela 4.9 resume o cenário.

- Cenário 4.1: Esse cenário é similar ao Cenário 1.1, exceto pela ausência de passagens de nível.
- Cenário 4.2: Esse é similar ao Cenário 1.2, exceto pelas passagens de nível que são eliminadas nas proximidades das cidades com população de até cerca de 11.000 habitantes.
- Cenário 4.3: Esse é também é similar ao Cenário 1.2, exceto pelas passagens de nível que foram todas eliminadas.

Tabela 4.9: Resumo do Cenário 4

Variáveis	Cenário 4.1	Cenário 4.2	Cenário 4.3
<i>Estações utilizadas</i>	todas	todas	todas
<i>Tempo de parada</i>	15 minutos	15 minutos	15 minutos
<i>Limites de velocidade</i>	real	70 km/h	70 km/h
<i>Passagem de nível existente</i>	nenhuma	Em cidades com população superior a 11.000 hab.	nenhuma

Cenário 5: Influência da otimização dos fatores de produção analisados

Esse cenário corresponde a uma condição máxima teórica dada geometria da via e localização das estações no trecho investigado e ausência de locomotiva de auxílio. Nesse caso são utilizados os fatores de produção investigados de forma otimizada empregando-se os melhores resultados obtidos nos cenários anteriores. A Tabela 4.10 resume o cenário.

- Cenário 5.1: Esse cenário utiliza todas as estações, com o tempo de parada mínimo igual a 10 minutos e nenhuma passagem de nível.

Tabela 4.10: Resumo do Cenário 5

Variáveis	Cenário 5.1
<i>Estações utilizadas</i>	todas
<i>Tempo de parada</i>	10 minutos
<i>Limites de velocidade</i>	70 km/h
<i>Passagem de nível existente</i>	nenhuma

Cenário 6: Influência do espaçamento entre as estações

Esse cenário foi criado a *posteriore* a partir da análise do cenário 5.1. Seu objetivo é apresentar uma melhor solução para o gargalo existente. Nesse caso não houve eliminação de estações, mas, sim, uma recolocação à distâncias que implique igual tempo de percurso entre as estações. A Tabela 4.11 resume o cenário.

- Cenário 6.1: Esse cenário utiliza todas as estações, sendo 7 das 29 estações reposicionadas, o tempo de parada mínimo igual a 10 minutos e não há nenhuma passagem de nível.
- Cenário 6.2: Esse é similar ao Cenário 6.1, exceto pelo número de estações reposicionadas, sendo 9 das 29 estações.

Tabela 4.11: Resumo do Cenário 6

Variáveis	Cenário 6.1	Cenário 6.2
<i>Estações utilizadas</i>	Todas (7 reposicionadas)	Todas (9 reposicionadas)
<i>Tempo de parada</i>	10 minutos	10 minutos
<i>Limites de velocidade</i>	70 km/h	70 km/h
<i>Passagem de nível existente</i>	nenhuma	nenhuma

4.3.2 Preparação do arquivo da composição

Para que o *software Train Energy Model*, o TEM 2.5, realize corretamente as simulações é necessário que os dados sejam formatados num padrão reconhecido por ele. Para isso o simulador possui uma interface de entrada de dados, que é descrita no Apêndice A.

O arquivo da composição utilizado pelo simulador de desempenho do trem encontra-se detalhado no Apêndice D.

4.3.3 Preparação dos arquivos da via

O SDT verifica o desempenho da composição em uma determinada linha férrea. As características da linha estão contidas no arquivo de via (Anexo A) estruturado em colunas, com cada ponto da linha possuindo uma posição, elevação, rampa, curva e limite de velocidade correspondente.

Esse arquivo permite obter a localização das estações, que é necessária para a formação dos arquivos do subtrecho (item 4.3.4).

Como observado, o limite operacional da velocidade é imposto através deste arquivo (arquivo da via). Para adequar a velocidade às condições de alguns cenários esses valores foram modificados através de planilha eletrônica.

4.3.4 Preparação dos arquivos dos subtrechos

No modelo foram construídos os arquivos que delimitam cada subtrecho para cada cenário formulado. Esses subtrechos são nomeados por suas estações, assim, o subtrecho que vai de Santa Fé do Sul até Jales (Tabela 4.2), contendo os arcos 1, 2 e 3 (Tabela 4.1) é denominado ZFS-ZJA.

Para rodar o simulador de marcha (TEM 2.5) corretamente, os arquivos com a posição inicial de partida (Apêndice E) e os arquivos de parada com a posição e tempo que os trens devem permanecer nas estações (Apêndice F) são construídos separadamente.

A Tabela 4.12 mostra a posição das estações baseada no arquivo de via, através dela são localizados os pontos de partida e de parada de cada subtrecho. Devido ao sistema inglês de unidades, adotado no SDT utilizado, essas posições são dadas em milhas (mi) e pés (ft), as quais foram convertidos para km via planilha.

Tabela 4.12: Posição das estações no arquivo de via

Nó	Sigla	Sentido Exportação			Sentido Importação		
		(mi)	(ft)	(Km)	(mi)	(ft)	(Km)
1	ZFS	204	2059.2	328.93	536	1372.80	863.03
2	ZTF	208	4540.8	336.13	531	4118.40	855.82
3	ZUR	226	897.6	363.99	514	2481.60	827.96
4	ZJA	233	4963.2	376.49	506	3748.80	815.47
5	ZED	243	4963.2	392.59	496	3696.00	799.37

6	ZFN	255	739.2	410.61	485	2692.80	781.35
7	ZMR	261	3432.0	421.08	478	5260.99	770.87
8	ZVG	270	1320.0	434.93	470	2059.20	757.03
9	ZVP	277	5121.6	447.35	462	3537.60	744.61
10	ZKY	293	950.4	471.83	447	2428.80	720.13
11	ZEC	302	1108.8	486.35	438	2323.20	705.60
12	ZEB	313	1214.4	504.09	427	2217.60	687.87
13	ZMO	330	1056.0	531.41	410	2323.20	660.54
14	ZRU	339	2006.4	546.18	401	1372.80	645.77
15	ZSP	342	792.0	550.64	398	2640.00	641.32
16	ZEH	348	3643.2	561.17	391	5016.00	630.78
17	ZUC	360	3748.8	580.50	379	4963.20	611.45
18	ZCT	371	2323.2	597.77	369	1108.80	594.19
19	ZCV	379	4276.8	611.25	360	4382.40	580.70
20	ZPN	386	1900.8	621.78	354	1531.20	570.17
21	ZSD	394	2059.2	634.71	346	1372.80	557.25
22	ZCZ	409	2217.6	658.90	331	1214.40	533.06
23	ZTQ	419	1478.4	674.76	321	1953.60	517.19
24	ZSH	429	528.0	690.58	311	2851.20	501.38
25	ZMA	439	1108.8	706.84	301	2270.40	485.11
26	ZZL	446	2640.0	718.57	294	792.00	473.39
27	ZDZ	450	2376.0	724.94	290	1003.20	467.02
28	ZTO	461	2428.8	742.65	279	1003.20	449.31
29	ZAR	465	5121.6	749.91	274	3590.40	442.05

A diferença dos valores nos sentidos ocorre devido à necessidade de inversão da via, o que provoca modificações na localização das estações.

4.3.5 Geração de velocidades no simulador de desempenho do trem

As simulações executadas obedeceram à estrutura descrita no item 4.3. Sendo assim, para cada simulação são necessários o arquivo da via, o arquivo com o ponto de início da simulação e o arquivo com as três paradas (posição e tempo mínimo). Foi construído apenas um arquivo da composição devido à determinação de um trem padrão para a aplicação do modelo.

Com o uso do TEM 2.5, todos os subtrechos foram simulados para cada cenário. Assim, para o Cenário 1.1, em que se utilizaram todas as estações, foram realizadas 26 simulações para o sentido exportação, a primeira de ZFS a ZJA, a segunda de ZTF a ZED, a terceira de ZUR a ZFN e, assim, sucessivamente.

Para a construção do diagrama espaço-tempo é preciso obter-se o desempenho do trem nos dois sentidos da linha férrea. Assim, utilizou-se uma ferramenta do simulador de desempenho do trem a qual permite reverter a via. Dessa forma, simulou-se novamente os 26 subtrechos, porém em sentido contrário, de ZJA a ZFS, de ZED a ZTF, de ZFN a ZUR e assim por diante.

Como o simulador TEM 2.5 segue o sistema de unidade inglês, os valores inseridos nos arquivos foram adequados a tal padrão, bem como nas análises efetuadas os dados dos arquivos de saída foram convertidos para o sistema internacional de medidas.

4.3.6 Geração do diagrama espaço-tempo

Após cada simulação no TEM 2.5, os dados gerados são fornecidos em dois arquivos. Um, apresenta de forma resumida os resultados da simulação e, o outro, contém os resultados detalhados para um determinado intervalo de tempo.

O primeiro arquivo (.RPT) é um relatório compactado da simulação. O arquivo contém dados da composição, tempo e distância total, número de paradas, velocidade média, consumo de combustível e o trabalho resultante das forças que atuam na composição, como pode ser observado no Apêndice G. O segundo arquivo (.OUT) contém informações como tempo, posição, velocidade, aceleração e força de tração corrente para 30 segundos (intervalo de tempo determinado), sua descrição em detalhes pode ser observada no Apêndice H. Os dados de saída contém informações que podem ser usadas para avaliar vários fatores de desempenho do trem: tempo, velocidade, consumo de combustível, entre outros.

Os resultados do TEM 2.5 de interesse são tempos, posição e velocidade a partir dos quais se calcula a velocidade média no espaço de cada arco. A guia de ilustração, na Tabela 4.13 são apresentados uma parte dos dados gerados com a simulação. Os resultados são referentes ao arco de ZRU a ZSP, localizados entre os quilômetros 546 a 550. Esse arco foi selecionado por ser o menor arco do trecho, consequentemente, com a menor quantidade de dados a serem expostos.

É válido ressaltar que os valores da Tabela 4.13 são referentes a um arco do subtrecho ZRU a ZUC, portanto, apenas a parte de interesse para o sentido exportação e importação é exposta. A posição de início e parada é relativa à Tabela 4.12, diferenças nos

valores ocorrem devido ao modelo de locomoção da composição, detalhado no Apêndice B.

Tabela 4.13: Resultados da simulação do arco ZRU-ZSP

Sentido Exportação							Sentido Importação						
Tempo (h) (min) (s)			Posição (mi) (ft) (km)			Velocidade (mph)	Tempo (h) (min) (s)			Posição (mi) (ft) (km)			Velocidade (mph)
0	0	0	339	2006	546,18	0,00	1	32	33	398	2977	641,43	0,00
0	0	30	339	2031	546,19	1,13	1	47	36	398	2977	641,43	0,00
0	1	0	339	2106	546,21	2,25	1	48	0	398	3035	641,44	4,09
0	1	30	339	2229	546,25	3,34	1	48	30	398	3308	641,53	8,11
0	2	0	339	2395	546,30	4,13	1	49	0	398	3735	641,66	9,93
0	2	30	339	2589	546,36	4,68	1	49	30	398	4183	641,79	10,73
0	3	0	339	2824	546,43	6,29	1	50	0	398	4628	641,93	9,12
0	3	30	339	3135	546,52	7,78	1	50	30	398	5049	642,06	10,00
0	4	0	339	3504	546,64	8,92	1	51	0	399	225	642,20	10,67
0	4	30	339	3918	546,76	9,72	1	51	30	399	710	642,34	11,73
0	5	0	339	4336	546,89	9,50	1	52	0	399	1270	642,52	13,43
0	5	30	339	4775	547,02	10,36	1	52	30	399	1873	642,70	13,75
0	6	0	340	20	547,18	12,88	1	53	0	399	2541	642,90	15,87
0	6	30	340	491	547,33	8,82	1	53	30	399	3164	643,09	12,49
0	7	0	340	867	547,44	8,71	1	54	0	399	3619	643,23	9,04
0	7	30	340	1269	547,56	9,57	1	54	30	399	4046	643,36	10,35
0	8	0	340	1707	547,70	10,28	1	55	0	399	4518	643,51	11,01
0	8	30	340	2178	547,84	11,45	1	55	30	399	5000	643,65	11,00
0	9	0	340	2715	548,00	12,91	1	56	0	400	204	643,80	11,19
0	9	30	340	3314	548,19	14,94	1	56	30	400	692	643,95	11,02
0	10	0	340	3981	548,39	16,00	1	57	0	400	1179	644,10	11,01
0	10	30	340	4687	548,61	13,25	1	57	30	400	1665	644,25	11,08
0	11	0	340	5175	548,75	11,73	1	58	0	400	2149	644,39	10,98
0	11	30	341	422	548,91	10,68	1	58	30	400	2632	644,54	11,04
0	12	0	341	945	549,07	14,49	1	59	0	400	3119	644,69	11,08
0	12	30	341	1640	549,29	14,78	1	59	30	400	3602	644,84	10,97
0	13	0	341	2198	549,46	10,51	2	0	0	400	4087	644,98	11,03
0	13	30	341	2640	549,59	10,13	2	0	30	400	4559	645,13	10,16
0	14	0	341	3081	549,73	10,39	2	1	0	400	5035	645,27	11,22
0	14	30	341	3517	549,86	9,58	2	1	30	401	231	645,42	10,69
0	15	0	341	3952	549,99	9,21	2	2	0	401	675	645,55	10,32
0	15	30	341	4313	550,10	7,33	2	2	30	401	1127	645,69	10,85
0	16	0	341	4685	550,21	9,64	2	2	54	401	1494	645,80	9,82
0	16	30	341	5169	550,36	12,08	2	2	57	401	1536	645,82	9,59
0	17	0	342	396	550,52	10,75	2	3	0	401	1577	645,83	8,84
0	17	30	342	815	550,64	8,20	2	3	3	401	1614	645,84	8,13
0	17	36	342	885	550,67	7,56	2	3	6	401	1649	645,85	7,42
0	17	39	342	917	550,68	7,21	2	3	9	401	1680	645,86	6,71
0	17	42	342	947	550,68	6,33	2	3	12	401	1708	645,87	6,00
0	17	45	342	974	550,69	5,64	2	3	15	401	1733	645,88	4,25
0	17	48	342	997	550,70	4,95	2	3	18	401	1745	645,88	1,46
0	17	51	342	1017	550,71	4,26	2	3	21	401	1745	645,88	1,46
0	17	54	342	1034	550,71	3,57	2	3	24	401	1745	645,88	0,00
0	17	57	342	1049	550,72	1,81	2	3	24	401	1745	645,88	0,00
0	18	0	342	1050	550,72	1,79							
0	18	3	342	1050	550,72	0,00							
0	18	6	342	1050	550,72	0,00							
0	33	9	342	1050	550,72	0,00							

Para a elaboração do diagrama espaço-tempo, os dados completos do arquivo .OUT são utilizados como dados de entrada para o algoritmo elaborado em *MatLab*. No algoritmo, há a conversão de unidades e são efetuadas as rotinas descritas no item 3.5.1.1 para a resolução dos conflitos.

Dessa forma, constroem-se matrizes de tempos (em minutos) e espaços (em quilômetros) para os três arcos. Para o subtrecho ZRU a ZUC, por exemplo, as seguintes matrizes, nos sentidos exportação e importação, são elaboradas:

Matriz Tempo:

	nó _{i-1}	nó _i		nó _{i+1}		nó _{i+2}
	(fim)	(ini)	(fim)	(ini)	(fim)	(ini)
unidade ₁ (E)	$\begin{bmatrix} 0,0 & 18,1 & 33,2 & 55,1 & 70,1 & 125,8 \end{bmatrix}$					

Matriz Espaço:

	nó _{i-1}	nó _i		nó _{i+1}		nó _{i+2}
	(fim)	(ini)	(fim)	(ini)	(fim)	(ini)
unidade ₁ (E)	$\begin{bmatrix} 546,2 & 550,7 & 550,7 & 561,4 & 561,4 & 580,6 \end{bmatrix}$					

Matriz Tempo:

	nó _{i-1}	nó _i		nó _{i+1}		nó _{i+2}
	(fim)	(ini)	(fim)	(ini)	(fim)	(ini)
unidade ₁ (I)	$\begin{bmatrix} 9,1 & 55,1 & 94,3 & 125,8 & 164,9 & 180,7 \end{bmatrix}$					

Matriz Espaço:

	nó _{i-1}	nó _i		nó _{i+1}		nó _{i+2}
	(fim)	(ini)	(fim)	(ini)	(fim)	(ini)
unidade ₁ (I)	$\begin{bmatrix} 580,6 & 561,4 & 561,4 & 550,7 & 550,7 & 546,2 \end{bmatrix}$					

Observa-se que a composição levou tempos diferentes para percorrer os 4,5 km. No sentido exportação, a composição levou 18,1 minutos, já no sentido importação, 15,8 minutos. Estes pontos são marcados e ligados por segmentos de retas que representa a velocidade do trem.

Através da programação o valor do *headway* é encontrado e, a partir dele, as matrizes são multiplicadas e plotadas. Para o exemplo, o valor do *headway* é de 131,8 minutos e o diagrama espaço-tempo pode ser visualizado na Figura 4.6. Neste caso a capacidade do subtrecho é de 10 pares de trens por dia.

Figura 4.6: Diagrama espaço-tempo para o subtrecho ZRU-ZUC

4.3.7 Estimativa da capacidade por subtrecho

Após a execução das etapas para a elaboração dos diagramas espaço-tempo, como comentado até aqui, a capacidade de cada subtrecho é determinada a partir da contagem do

número de pares que são processados completamente em 1.440 minutos, ou um dia. Esse número é fornecido automaticamente pela programação em *MatLab* e seus valores são armazenados em planilha eletrônica para cada cenário elaborado.

A partir desses dados, gráficos que permitam a visualização de todo o trecho são construídos. A representação apresentada na Figura 4.7 ilustra o resultado final do modelo para um cenário. Observa-se que o valor da capacidade do subtrecho ZRU a ZUC é indicado no gráfico da Figura 4.7 com o valor correspondente ao resultado do digrama exposto na Figura 4.6, ou seja, 10 pares.

Figura 4.7: Gráfico da capacidade do trecho

O gráfico da Figura 4.7 representa o Cenário 1.1. Percebe-se que o subtrecho localizados entre os quilômetros 480 e 550 é o que restringe a capacidade do sistema. Desta forma, o gráfico elaborado permite a identificação dos gargalos e a comparação dos resultados entre os cenários.

Através da abordagem microscópica do modelo, com os resultados das simulações em vários subtrechos consecutivos da linha, é possível analisar macroscopicamente a linha férrea, indicando sua frequência máxima em pares de trens por dia.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesse capítulo serão apresentados e discutidos os resultados gerados pela aplicação do modelo de capacidade para os diversos cenários enunciados no Capítulo 4. Estes cenários serão analisados a partir da definição de grupos de influência, de acordo com alguns fatores de produção como limites de velocidade operacional, tempos mínimos de parada, estações utilizadas, existência de passagem em nível e da otimização dos fatores de produção.

Através dos resultados dos cenários elaborados, investigou-se a influência desses fatores na capacidade do trecho. Assim, foi possível identificar qual fator é determinante na restrição da capacidade. É conveniente explicar que a capacidade será analisada pelo número máximo de pares de trens que possam ser processados por dia no subtrecho crítico que compõe a via férrea.

Por meio desta análise é possível verificar através dos cenários criados, quais fatores de produção maximizam a capacidade do sistema em termos de processamento de pares de trens por dia. Busca-se, então, apresentar a opção mais vantajosa, dentro de cada grupo de análise e no conjunto global dos cenários.

Os gráficos construídos para as análises a seguir são baseados nos resultados de cada cenário, que podem ser visualizados no Apêndice C.

5.1 Análise da influência dos limites de velocidade operacionais

Nesse cenário verificou-se como o limite operacional da velocidade interfere na quantidade de trens processados.

Como observado no Anexo A (arquivo da via), na operação atual, os trens possuem velocidades limites de até 14,5 km/h, o que reduz bastante o número de trens processados.

A partir dos resultados da aplicação do modelo a Figura 5.1 foi construída, que permite comparar a capacidade resultante, utilizando-se os limites de velocidade reais (Cenário 1.1) e a velocidade limite de 70 km/h, mantendo-se todas as 23 passagens de nível existentes no trecho de 420 km e as demais características geométricas da via (Cenário 1.2).

Figura 5.1 – Comparação entre os Cenários 1.1 e 1.2

A Figura 5.1 mostra que, no Cenário 1.1 existe um trecho da via, do quilômetro 500, até o quilômetro 550 com um gargalo, permitindo apenas a passagem de 6 pares de trens por dia no subtrecho crítico. Eliminando-se a restrição da velocidade, verifica-se que a quantidade máxima de trens movimentados passará a ser de 10 pares. Nota-se, portanto, que há outros fatores além da geometria da via e das limitações de velocidade, impostas nos locais da passagem de nível que afetam a capacidade.

A Figura 5.2, representa de forma mais clara os limites de capacidade de cada subtrecho para cada um dos dois cenários para se avaliar esse impacto. Informações, colhidas junto às concessionárias, indicam que as restrições de velocidade máxima nos

trechos são fortemente dependentes da condição da superestrutura ferroviária (lastro, dormente, trilho, AMV).

Figura 5.2 – Aumento da capacidade com a retirada dos limites de velocidade

Percebe-se pela Figura 5.2, que se confrontando as duas alternativas, o Cenário 1.2 representa um aumento de mais de 65% na capacidade, em relação ao Cenário 1.1. Em termos de carga, considerando-se que cada trem típico utilizado transporta, aproximadamente, 3.300t de carga, para os limites de velocidade impostos, seria possível processar apenas 39.600t por dia, enquanto que, com o limite de velocidade único de 70 km/h, seria possível transportar cerca de 66.000t diárias.

5.2 Análise da influência dos tempos mínimos de parada

Como relatado no Capítulo 3, foi considerado, neste modelo, que os trens circulando em direção ao porto (sentido exportação) têm prioridade em relação trens em sentido importação. Independente de tal prioridade, os trens nos dois sentidos, obrigatoriamente despendirão um tempo mínimo de espera nos desvios.

As alternativas consideradas no Cenário 2, têm como objetivo verificar se a variação desse fator é significativa para a capacidade do sistema. O Cenário 1.1 também está incluído nesta avaliação, como referência de tempo de parada mínimo de 15 minutos.

Os cenários foram divididos em dois gráficos para uma melhor visualização. Os Cenários 2.1 e 2.2 são comparados na Figura 5.3 e os Cenários 1.1 e 2.3 têm seus resultados confrontados na Figura 7.4.

Figura 5.3 – Variação da capacidade em função dos tempos mínimos de parada (10 e 20 minutos)

Observando-se a Figura 5.3, percebe-se que, quando o tempo de permanência mínimo do trem no pátio for reduzido em 50 %, de 20 para 10 minutos, a capacidade do sistema no trecho crítico do quilômetro 500 a 550 aumenta de 6 para 7 pares de trens por dia, cerca de 17 %. Observando os outros subtrechos, percebe-se que o ganho mínimo com essa modificação nos tempos de parada é em sua maioria 1 par por dia.

Comparando-se os resultados apresentados na Figura 5.3 com os resultados do Cenário 1.1 (Figura 5.1) nota-se que o valor mínimo de espera de 15 minutos leva a um resultado praticamente igual ao de 20 minutos.

Na Figura 5.4, são apresentados os resultados para o tempo mínimo de espera de 30 minutos (Cenário 2.3) e para 15 minutos (Cenário 1.1). Percebe-se que, nesse caso, a redução de 50% do tempo desencadeou um aumento na quantidade mínima de trens

processados, de 5 para 6 pares de trens por dia. Nesse caso, 1 trem por dia por sentido representa um ganho de 20 %.

Figura 5.4 – Variação da capacidade em função dos tempos mínimos de parada (15 e 30 minutos)

Em relação à capacidade, a redução de 5 minutos (de 20 para 15) não representou aumento na quantidade de trens processados. Porém, a redução de 15 para 10 minutos aumentou a capacidade em 1 par por dia.

5.3 Análise da influência das estações utilizadas

O Cenário 3 foi construído com o propósito de investigar uma melhor forma de utilizar as 29 estações existentes no trecho. A escolha das estações na elaboração dos cenários obedeceram alguns critérios: no Cenário 3.1, foram eliminadas as estações com comprimentos inferiores a 0,70 quilômetros, uma vez que o trem padrão tem 707 metros de comprimento; no Cenário 3.2, a seleção foi baseada na velocidade dos trens nos arcos com o objetivo de equilibrá-la; no Cenário 3.3, utilizou-se como critério a manutenção de distâncias semelhantes entre as estações.

Confrontando-se os Cenários 3.1, 3.2 e 3.3, descritos na Figura 5.5, percebe-se que o uso das estações do Cenário 3.1 é desvantajoso em termo de capacidade, com apenas 1 par de trens por dia. Como esta opção é desvantajosa, avaliou-se o ganho na capacidade com a redução do comprimento do arco através da inclusão de duas estações no trecho crítico, a estação ZEB e a ZUC. Apesar de dobrar a capacidade do sistema, passando para 2 pares por dia, tal configuração confirma ser desvantajosa e o Cenário 3.2 exprime uma melhora significativa em relação ao cenário 3.1, passando de 1 para 4 pares de trens por dia.

Figura 5.5 – Variação da capacidade em função das estações utilizadas

Apesar do Cenário 3.3 apresentar um aumento de 25% na capacidade em relação ao Cenário 3.2, ainda assim esse número é inferior ao resultado do Cenário 1.1 como pode ser observado na Figura 5.6.

É evidente que entre os três cenários elaborados com configurações diferentes de estações abertas, o que apresenta maior ganho em termo de capacidade é o Cenário 3.3. Coube, então, uma investigação do ganho que se teria nesse cenário, retirando-se os limites de velocidade impostos na operação. O novo cenário elaborado, o Cenário 3.4, obteve como capacidade mínima de transporte em seu trecho, de 8 pares de trens por dia.

Figura 5. 6 – Comparação entre o Cenário 1.1 e o Cenário 3.3

Essa vantagem, como pode ser observado na Figura 5.7, representa um aumento de 33% em pares de trens processados, em relação ao cenário padrão (Cenário 1.1) e 60%, em relação ao Cenário 3.3.

Figura 5. 7 – Comparação entre o Cenário 1.1 , 3.3 e o Cenário 3.4

5.4 Análise da influência da existência de passagem em nível

O objetivo da criação do Cenário 4 foi verificar a influência da existência de passagens de nível na via. As passagens de nível representam pontos nos quais existe cruzamento da via férrea com uma rodovia principal, ou secundária, no mesmo nível. O trecho analisado possui 23 passagens de nível que impõem limites de 20 Km/h na velocidade das composições.

No cenário 4.1, mantêm-se os limites operacionais de velocidade e retira-se todas as passagens de nível existentes. Comparando-se esse cenário com o Cenário 1.1, percebe-se que não ocorre um aumento significativo na capacidade do trecho crítico, de 6 pares de trens por dia passaram a ser movimentados 7 pares. A partir deste resultado, pode-se afirmar que a retirada de todas as passagens de nível, mantendo os limites de velocidade atuais, representa um ganho de capacidade de apenas 17% em relação ao Cenário 1.1, um ganho modesto quando comparado com o fator aumento de velocidade máxima.

Figura 5.8 – Aumento da capacidade com a retirada das passagens de nível

Esse fato levou a outra análise, considerando-se o limite de velocidade de 70 km/h. Na Figura 5.8, tem-se os resultados dos Cenários 1.2, 4.2 e 4.3. A proposta inicial era averiguar se a exclusão das passagens de nível, nos municípios pequenos representava um

ganho significativo. Analisando-se os resultados do Cenário 1.2 e o do Cenário 4.2, pode-se concluir que a retirada das passagens de nível apenas nas cidades menores (população até cerca de 11 mil habitantes) não altera o número máximo de trens processados por dia, mantendo o valor de 10 pares.

No entanto, a retirada de todas as passagens de nível, posterior a eliminação das restrições da velocidade (Cenário 4.3), permite um aumento de 30% na capacidade, passando de 10 para 13 pares de trens, um total de 85.800 toneladas diárias.

Figura 5.9 – Comparação entre os resultados dos Cenários 1.2, 4.2 e 4.3

5.5 Análise da influência da otimização dos fatores de produção

Esse cenário foi elaborado com o intuito de verificar o resultado da combinação dos fatores de produção otimizados, ou seja, o tempo mínimo de espera de 10 minutos, com limite de velocidade de 70 km/h e nenhuma passagem de nível. Pela inspeção da Figura 5.10, nota-se que seria possível processar 14 pares de trens por dia, e transportar 62.400 toneladas diárias.

Melhorias adicionais, em relação à capacidade só seriam obtidas com mudanças de traçados e otimização de localização dos desvios. Essa discussão será promovida no próximo item.

A partir dos resultados dos Cenários 1.1 e do Cenário 5.1, é pertinente fazer o seguinte comentário: o último cenário oferece uma vantagem de 8 pares de trens a mais por dia em relação ao primeiro, um ganho de 133% em termos de capacidade, ou seja, no Cenário 1.1 apenas 39.600 toneladas diárias são transportadas enquanto que, utilizando-se a configuração do Cenário 5.1, é possível transportar 92.400 toneladas diárias pela ferrovia.

Figura 5. 10 – Cenário 5.1

5.6 Análise da influência da distância entre as estações

Observando-se os resultados até o Cenário 5.1, identifica-se o gargalo localizado entre as estações de Cosmorama (ZKY) e São José do Rio Preto (ZSP), um trecho com cerca de 80 km.

Os Cenários 6.1 e 6.2 foram criados com o objetivo de investigar o trecho crítico. Percebe-se que a variação da capacidade está entre 14 e 22 pares de trens por dia. O trecho entre os quilômetros 330 a 390 e 445 a 550, representa restrições para o processamento dos trens. A realocação das estações existentes nesses dois trechos em distâncias que permitam tempos de percurso semelhante, proporcionou melhorias na movimentação dos trens, alcançando os resultados observados na Figura 5.11. A capacidade mínima do trecho passa para 16 pares de trens por dia, um acréscimo de quase 15 % em relação ao Cenário 5.1.

Figura 5.11 – Comparação entre o Cenário 5.1 e 6.1

Para os próximos gargalos, localizados nos quilômetros 420 a 480 e 610 a 690, é aplicado o mesmo critério de localização das estações. Na Figura 5.12, nota-se o aumento de mais de 20% na capacidade, comparando-se ao Cenário 5.1.

Figura 5.12 – Comparação entre o Cenário 5.1 e 6.2

Apresenta-se a Figura 5.13 para efeito de comparação entre todos os cenários, cuja capacidade, em toneladas transportada por dia, pode ser visualizada no eixo das ordenadas

e a quantidade de pares de trens por dia processados, no trecho mais crítico, está descrita no topo de cada barra do gráfico.

Figura 5. 13 – Comparação entre os cenários

5.7 Análise geral

Após a exposição dos resultados dos cenários elaborados, é pertinente uma discussão sobre os parâmetros que estão restringindo a capacidade do trecho.

O Cenário que reflete o cenário real é o Cenário 1.1. Comparando-o com o Cenário 4.3, observa-se que o aumento do limite da VMA para 70 km/h, incluindo a retirada de PN, provoca um ganho de mais de 65%, em termos de capacidade em pares de trens por dia. Os limites de velocidade impõem, atualmente, valores de até 15 km/h em alguns trechos críticos. Na Figura 5.14, observa-se os limites de velocidade impostos às composições e o desempenho da composição no trecho da malha analisado, de Santa Fé do Sul até Araraquara, sem paradas intermediárias.

Figura 5.14 – Desempenho do trem de Santa Fé do Sul a Araraquara – Cenário real

Na busca das relações causais para esse cenário, foi possível identificar algumas características que são apresentadas a seguir.

Observando-se o arquivo de via (Anexo A), cujos aclives e raios de curvas estão esquematizados na Figura 5.15, percebe-se que a rampa máxima no trecho é de 1,4 % e, no gargalo, entre os quilômetros 420 e 550, o valor máximo é de 1%. Conclui-se, portanto, que os aclives não são o fator limitante, visto que a tração disponível permitiria velocidades mais elevadas.

Porém, observando-se os raios das curvas representadas na Figura 5.15, nota-se que o gargalo está localizado nos subtrechos onde ocorrem os menores raios de curva.

O gargalo atual está localizado nos subtrechos onde a VMA é, em sua maioria, igual a 25 km/h, entre as estações de Engenheiro Balduino e São José do Rio Preto.

Levanta-se, portanto, duas hipóteses a serem discutidas: o parâmetro restritivo é a geometria horizontal da via, ou seja, as curvas, nas quais a velocidade está sendo limitada pelo risco de tombamento, ou a restrição é devido à superestrutura, cujo desgaste dos trilhos e o deslocamento dos dormentes provocam a redução da velocidade da composição.

Figura 5.15 – Características geométricas da via

Segundo Hay [1982], a velocidade crítica de tombamento nas curvas pode ser encontrada através da seguinte expressão:

$$V = \left(\frac{E_a + 3}{0,0007 \cdot D} \right)^{1/2} \quad (5.1)$$

no qual:

V: velocidade permitida com a superelevação E_a (mph).

E_a : Superelevação(in)

D: grau de curva.

Adotando-se superelevação zero e utilizando o menor raio de curva da via, 240 metros, a velocidade resultante seria de 40 km/h.

No entanto, explorando-se os resultados do SDT para a mesma composição, com VMA de 70 km/h no trecho de estudo (Figura 5.16), nota-se que a velocidade do trecho crítico, determinada pelo modelo da AAR, oscila entre os valores de 47 e 70 km/h. Os maiores decréscimos de velocidade e suas maiores oscilações, com valores de até 37 km/h, ocorrem nos locais de aclives acentuados, locais estes que não configuram um gargalo

expressivo do trecho estudado e poderiam ter seu efeito minorado com a adição de tração na composição.

Figura 5.14 – Desempenho do trem de Santa Fé do Sul a Araraquara – VMA 70 km/h

Dessa forma, conclui-se que atualmente, o parâmetro que está restringindo a velocidade é a condição de manutenção da linha. O desgaste da via permanente é decorrente da ação mecânica entre a roda e o trilho e a rapidez com que ocorre é função do raio das curvas e do peso da carga por eixo dos veículos. A correção das deficiências da superestrutura é, portanto, o fator de melhoria prioritária.

Após a retirada dos limites de velocidade, o gargalo continua localizado praticamente no mesmo trecho (Cenário 1.2). Duas hipóteses adicionais sobre os parâmetros que estão afetando a capacidade podem ser levantadas: o número de passagens de nível e a própria geometria da via.

Com relação às passagens de nível, sua retirada total (Cenário 4.3) representou um ganho de 30 % sobre a capacidade, ou seja, após a correção dos defeitos da superestrutura e o aumento da VMA, a retirada das passagens de nível representa um ganho expressivo. Porém, a retirada das PN de forma isolada, mantendo os limites de velocidades atuais (Cenário 4.1), representa ganhos pouco significativos.

Realizadas as modificações operacionais, eliminadas as interferências na via, de forma a permitir o aumento da VMA para 70 km/h e retirando-se as passagens de nível, como

segundo passo, investigou-se os ganhos decorrentes de alterações nas localizações das estações. A linha ferroviária analisada possui estações localizadas de forma irregular ao longo da via e com dimensões insuficientes para alocar as composições decorrentes da estratégia de projeto e construção da via permanente, iniciada no século XIX. Os Cenários 6.1 e 6.2, representados nas Figuras 5.11 e 5.12, permitiram verificar o ganho proveniente da otimização da localização das estações.

A realocação das estações, executada de forma que os tempos de percurso as entre estações fossem da mesma ordem de grandeza, provocou um aumento adicional de 20% na capacidade, alcançando 17 pares de trens por dia, contra o valor atual de 6 pares de trens por dia. As estações foram localizadas com espaçamento entre 15 a 17 km, com *headways* resultantes de aproximadamente 72 minutos.

Um ponto relevante que pode ser observado com a realocação das estações foi a mudança de localização dos gargalos. Essa alternativa provocou também a redução da variabilidade da capacidade emitida pelo modelo (Figura 5.12), alcançando quase três vezes mais a quantidade processada atualmente, valor compatível com a experiência prática da Companhia Vale do Rio Doce, na Estrada de Ferro Carajás.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho teve como objetivo a elaboração de um modelo de capacidade para uma linha ferroviária singela, permitindo identificar os gargalos existentes bem como os parâmetros que restringem a capacidade do sistema. Por meio da elaboração de cenários para um trecho real da Brasil Ferrovias S. A., no Estado de São Paulo, foi possível avaliar alternativas operacionais e investigar alternativas de aumento da capacidade de processamento de trens por dia.

As maiores dificuldades encontradas durante a realização deste trabalho ocorreram na fase de aprendizagem do uso do simulador. O simulador de desempenho do trem da AAR é complexo e possui muitas variáveis, sendo sua interface pouco amigável e a geração dos cenários, um processo trabalhoso.

Os resultados, obtidos com a aplicação do modelo em uma via real para um conjunto de cenários propostos, permitiram mostrar onde está localizado o problema e o porquê dele estar ocorrendo. Dessa forma, o método permite hierarquizar os investimentos a serem efetivados na ferrovia, tornando-se uma ferramenta estratégica útil na análise de tais investimentos.

Atualmente, o trecho de linha singela analisado apresenta uma capacidade máxima igual a seis pares de trens por dia, sendo o gargalo localizado entre as estações de Engenheiro Balduino e São José do Rio Preto.

Os resultados do modelo mostram que, eliminando-se as restrições impostas pela condição da superestrutura, é possível aumentar a capacidade de seis para dez trens por dia por sentido, ou seja um aumento de 67%.

Se a intervenção for apenas operacional, limitada ao tempo de cruzamento das composições nas estações, nota-se que a redução do tempo de espera apresenta ganhos

pouco significativos na capacidade, frente à restrição imposta pela condição atual da superestrutura do trecho explorado. Investigou-se a influência do tempo mínimo de espera, com valores de 10, 15, 20 e 30 minutos. A redução desses tempos pela metade, de 30 para 15 minutos ou 20 para 10 minutos, representa um ganho de um par de trem por dia.

Da mesma forma, a eliminação de algumas estações intermediárias com o propósito de reduzir-se o número de cruzamentos e, conseqüentemente, eliminar o tempo perdido na desaceleração, espera e aceleração das composições, sem se intervir na condição da superestrutura, é relativamente ineficiente para aumentar a capacidade de processamento de trens no trecho considerado.

Em relação às passagens de nível, observou-se que sua retirada apenas nas cidades menores (cidades com menos de 11.000 habitantes) também não tem efeito significativo sobre a capacidade, sem a intervenção na condição da superestrutura.

A intervenção na superestrutura ferroviária é, portanto, a condição essencial de melhora nos limites de capacidade de processamento de trens no trecho investigado.

Uma vez sanada a condição da superestrutura ferroviária para permitir uma VMA de 70 km/h em todo o trecho, a eliminação das passagens de nível implica em um ganho adicional de 30% na capacidade de processamento de trens (13 trens por dia, por sentido).

Um terceiro passo, através de medidas operacionais, de se reduzir o tempo de cruzamento nas estações, de 15 para 10 minutos, mantendo a configuração de localização atual das estações, implicou um ganho adicional de mais um par de trens por dia.

A conclusão central do estudo é que a otimização dos fatores de produção analisados na ordem correta, ou seja, correção das deficiências da superestrutura com aumento da VMA para 70 km/h, a redução dos tempos de espera nas estações para 10 minutos e a retirada das passagens de nível, permitiria um aumento na capacidade da ordem de 133% em relação ao cenário atual. Pela atuação conjunta dos melhores resultados dos cenários elaborados, a capacidade de processamento passou de seis para quatorze pares de trens por dia, no trecho investigado.

Uma busca para obter-se níveis de capacidade mais elevadas conduziu o estudo de realocação das estações, visto que a investigação da eliminação, pura e simplesmente, de algumas estações intermediárias, antes da eliminação das restrições da superestrutura não

representa resultados promissores. A nova localização das estações foi feita de forma que o trem mantivesse o mesmo tempo de percurso entre as estações, cerca de 25 minutos, chegando a um aumento adicional de 20% no número máximo de pares de trens por dia, chegando a 17 pares processados.

Dessa forma, os resultados da técnica de modelagem e avaliação, propostas neste estudo, chegaram a valores praticamente iguais à capacidade prática da ferrovia singela de melhor condição operacional no Brasil, a Estrada de Ferro Carajás (EFC), cuja capacidade atual de processamento é de 16 pares de trens por dia (15 de carga e um de passageiros) [JUNGER, 2005]. Vale a pena ressaltar que esse valor foi encontrado sem interferências significativas na geometria da via férrea, fator este que, talvez, permitisse um ganho adicional.

Considera-se, portanto, que os objetivos do trabalho foram alcançados, uma vez que se conseguiu, com o modelo proposto, não só determinar a capacidade de uma linha ferroviária singela, mas também determinar onde e quais fatores restringem a capacidade de todo o sistema. Os pontos de gargalos foram identificados, bem como os próximos gargalos, que surgiriam quando os primeiros fossem eliminados.

O modelo é generalizável para qualquer trecho de ferrovia e constitui, a nosso ver, uma ferramenta de solução robusta e apropriada para a análise estratégica de restrições de capacidade na malha ferroviária brasileira.

6.1 Recomendações

Para trabalhos futuros e complementares a este, recomenda-se que sejam investigados, em maior profundidade, outros fatores de produção do sistema ferroviário. Pode ser avaliada, utilizando-se a modelagem formulada, a influência do comprimento do trem, da carga por eixo e quantidade de tração, entre outros, na capacidade da via. Além disso, pode ser considerada a variação conjunta de fatores de produção no sistema ferroviário.

Também poder-se-ia aumentar a abrangência dessa análise avaliando-se a interferência do comprimento e espaçamento das estações na capacidade ferroviária. Uma das soluções a ser investigada nesse caso, seria a redução dos espaçamentos entre as

estações e consequente redução dos *headway*, que, no caso de inserção de um número elevado de desvios, levaria praticamente à condição de duplicação da via.

Outra proposta é aplicar o modelo a uma rede de transporte ferroviário, visto que sua aplicação limitou-se a um trecho de linha singela, sem ramais de alimentação. Esse tipo de aplicação permitirá uma investigação mais ampla dos principais sistemas ferroviários brasileiros de exportação.

Eventualmente, o SDT utilizado para a verificação do desempenho do trem (TEM 2.5) pode ser empregado para a avaliação de outras alternativas operacionais como melhor aproveitamento da força tratora. Os arquivos de saída do simulador permitem verificar o desempenho energético das composições, promovendo uma avaliação de gastos de combustível.

Um outro ponto que poderia ser explorado seria avaliar o impacto de alterações geométricas da via permanente na capacidade de um trecho ferroviário, ou seja, qual o benefício decorrente de uma VMA maior que 70 km/h, em trens de carga processados.

Recomenda-se também o aperfeiçoamento do algoritmo utilizado para a solução dos conflitos. Pode-se melhorar sua interface, permitindo uma transferência mais eficiente dos dados de saída do simulador, além de promover a solução de conflitos e construção do diagrama para trechos com quaisquer quantidades de arcos, visto que o algoritmo foi usado para um subtrecho composto de três arcos.

Sugere-se a inclusão no modelo da análise da provável variação de demanda em um determinado trecho ou conjunto de trecho de uma rede ferroviária, promovendo, assim, uma perspectiva de tempo de saturação do sistema, com o objetivo de avaliar o potencial de expansão do sistema frente a um aumento gradativo da demanda e a identificação dos gargalos imediatos e futuros do sistema.

Por fim, propõe-se que seja inserido no modelo uma função custo nas alternativas avaliadas para o aumento da capacidade. Os cenários elaborados neste trabalho não levaram em consideração investimentos despendidos para a melhora da superestrutura, para a retirada de passagens de nível, para a redução de tempo de espera e a relocação das estações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAR – Association of American Railroads [1993]. AAR Report SD-39 Supp – *Train Energy Model version 2.0 user's manual (version 2.5 supplement)*. AAR Research and Test Department – Technical Center. Chicago, Ill., 1993.

ANTF – Associação Nacional de Transporte Ferroviário. Disponível em: <<http://www.antf.org.br>>. Acesso em: 20 fev. 2005.

ANTT – Agencia Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br>>. Acesso em: 28 fev. 2005.

ASSAD, A. A. [1980]. Models for rail transportation. *Transportation Research – A*, v. 14, p. 205-220.

BRASIL FERROVIAS – Empresa ferroviária Brasil Ferrovias. Disponível em: <<http://www.brasilferrovias.com.br/bf/index.html>> Acesso em: 10 mar. 2005.

BRINA, H. L. [1983]. *Estradas de ferro*. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A.

CAREY, M; LOCKWOOD, D. [1995]. A model, algorithms and strategy for train pathing. *Journal of the Operational Research Society*, Vol 46, p 988-1005.

CEL – Centro de Estudos em Logística do COPPEAD/UFRJ. Disponível em: <<http://www.cel.coppead.ufrj.br>> Acesso em: 10 jan. 2006.

-
- FERNÁNDEZ L, J. E. ; DE CEA CH., J. ; GIESEN E, R. [2004]. A strategic model of freight operations for rail transportation systems. *Transportation Planning and Technology*, v 27, n° 4, P 231-260.
- GOH, C. J.; MEES, A. I. [1991]. *Optimal control on a graph with application to train scheduling*. Mathematical Computer Modelling, v. 15, p. 49-58.
- HAY, W. W [1982]. *Railroad Engineering*. 2. ed. Nova York: John Wiley & Sons.
- HIGGINS, A., KOZAN, E.; FERREIRA, L. [1996]. Optimal scheduling of trains on a single line track. *Transportation Research Part B*, v. 30B, n. 2, p. 147-161.
- HIGGINS, A.; FERREIRA, L; KOZAN, E. [1995]. Modeling delay risks associated with train schedules. *Transportation Planning and Technology*, v. 19, p. 89-108.
- JANIC, M. [1984]. Single track line capacity model. *Transportation Planning and Technology*, v. 9, p. 135-151.
- JANIC, M. [1988]. A practical capacity model of a single track line. *Transportation Planning and Technology*, v. 12, p. 301-318.
- JUNGER, E. C. [2005]. Apresentação Institucional Vale Logística - Companhia Vale do Rio Doce. In: *Empregabilidade no setor logístico*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, 2005.
- KRAFT, E. R. [1983]. Jam capacity of single track rail lines. *Transportation Research Forum Proceedings*, v. 23, p. 461-471.
- KRAAY, D.; HARKER, P.; CHEN, B. [1991]. Optimal pacing of trains in freight railroads. *Operations Research*, v. 39, p. 82-99.
- KRUEGER, H. [1999] – Parametric Modeling in Rail Capacity Planning - Proceedings of the 1999 *Winter Simulation Conference*, 1999. Disponível em:< <http://www.informs-cs.org>>. Acesso em: 28 fev. 2005.

LACERDA, S. M. [2002] – O Transporte Ferroviário de Cargas. Disponível em:<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/livro_setorial/setorial15.pdf. Acesso em: 10 mar. 2005.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. [1991]. *Simulation Modeling e Analysis*. New York, McGraw-Hill, Inc.

LEAL, J. E. SOARES, A. C.; NUNES, L. S. N. (2004). Uma abordagem heurística para o problema de programação de trens em linhas singelas. In: *XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET*, 18, Florianópolis, 2004. Anais, p.945-956.

LEILICH, R. H. [1998]. Application of Simulation Models in Capacity Constrained Rail Corridors - *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*, 1998. Disponível em: <<http://www.informs-cs.org>>. Acesso em: 26 fev. 2005.

Ministério dos Transportes - Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br>>.

NTC & Logística – Disponível em: <<http://www.ntcelogistica.org.br>>. Acesso em: 05 jun. 2005

NOVAES, A.G. [1986]. Sistemas de transportes: análise de oferta, V. 2, Editora Edgard Blücher Ltda, 1986.

NUNES, L. S. N. [2004]. *Sistema de apoio à decisão ao centro de controle operacional no gerenciamento do tráfego ferroviário*. 123 p. Dissertação (mestrado) - Departamento de Engenharia industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

PETERSEN, E. R. [1977a]. Railyard modelling: Part 1, prediction of put-through time. *Transportation Science*. V. 11, p. 37-49.

PETERSEN, E. R. [1977b]. Railyard modelling: Part 2, the effect pf yard facilities on congestion. *Transportation Science*. V. 11, p. 50-59.

PETERSEN, E. R; TAYLOR, A. J. [1982]. A Structured Model for Rail Line Simulation and Optimization. *Transportation Science*. V. 16, n. 2, p. 192-206.

PORTO, T. G. [2004]. *Apostila do curso de ferrovias*. Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

RAMSEY, G. R. S.; HUTCHINSON B.G.; M. ASCE; RILETT, L. R. [1986]. Simplified Railroad Capacity Analysis Model. *Journal of Transportation Engineering*. V. 112, n. 4, p. 358-368.

RAMOS, G. M.[2003]. *Análise prospectiva da capacidade de processamento de cargas pela ferrovia no Porto de Santos*. 99 p. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2003.

REVISTA EXAME: Infra-estrutura [2004]. n. 17, ano 38, 825 a edição, setembro 2004.

RORATO, R. J. [2003]. *Perspectivas de transporte doméstico de contêineres frigoríficos utilizando a integração modal rodo-hidroviária*. 213 p. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2003.

SAAD, J. A. C. [1999]. *Modelo para análise da operação de trechos ferroviários em linha singela*. 115 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1999.

SILVA, V. B. [2005]. *Distribuição modal rodo-ferroviária em uma rede de exportação de açúcar a granel para o Porto de Santos*. 169 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2005.

SMITH, M. E.; RESOR, R. R.; PATEL, P [1997]. Train Dispatching Effectiveness with Respect to Communications-Based Train Control. Quantification of the Relationship. *Transportation Research Record*. n. 1584. p. 22-30.

TURNQUIST, M. DASKIN, M. [1982]. Queuing models of classification and connection delay in rail yards. *Transportation Science*. V. 16, p. 207-230.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CAVALCANTI, A. Q. B.[1981]. *Análise de capacidade de um corredor ferroviário em função do comprimento dos desvios de cruzamentos*.152 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Militar de Engenharia , 1981.

CORDEAU, J. F.; TOTH, P.; VIGO, D. [1998]. A survey of optimization models for train routing and scheduling. *Transportation Science*, v. 32, p. 380-404.

COSTA, J. I. A. [1979]. *Comparação econômica entre transportes rodoviários e ferroviários* – Instituto Militar de Engenharia. 1979.

DAGANZO, C.F. [1987a]. Dynamic blocking for railyards. Part I. Homogeneous traffic. *Transportation Research*, v. 21B, p. 1-27.

DAGANZO, C.F. [1987b]. Dynamic blocking for railyards. Part II. Heterogeneous traffic. *Transportation Research*, v.. 21B, p. 29-40.

DAGANZO, C.F.; DOWLING, R. G.; HALL, R. W. [1983]. Railroad classification yard throughput: The case of multistage triangular sorting. *Transportation Research*, v. 17A, p. 95-106.

FERREIRA, L (1997). Planning australian freight rail operations: an overview. *Transportation Research – A*, v. 31, p. 335-348.

FORBES, M. A.; HOLT, J. N.; WATTS, A. M. [1991].Exact solution of locomotive scheduling problems. *Journal of the Operational Research Society*, v. 42, p. 825-831.

HAGHANI, A. E. [1989]. Formulation and solution of a combined train routing and makeup, and empty car distribution model. *Transportation Science B*, v. 23, p. 433-452.

HE, S.; SONG, R.; CHAUDHRY, S.S. [2000]. Fuzzy dispatching model and genetic algorithms for railyards operations. *European Journal of Operational Research*, v. 124, p. 307-331.

JOVANOVIĆ, D.; HARKER, P. T. [1991]. Tactical scheduling of rail operations: The SCAN I system. *Transportation Science*, v. 25, n. 1, p. 46-64.

KOZAN, E. ; BURDETT, R. [2004] - A Railway Capacity Determination Model and Rail Access Charging Methodologies - *Transportation Planning and Technology*, V28, n. 1, fevereiro de 2005.

FONSECA NETO, R. [1986]. *Modelo de planejamento e otimização ferroviária*. Instituto Militar de Engenharia, 286 p. Dissertação (Mestrado) - Rio de Janeiro, 1986.

NOVAES, A. G. N. [1975]. *Pesquisa operacional e transportes*. São Paulo. McGraw-Hill.(KOLMOGOROV)

NOVAES, A. G. N. [1978]. *Métodos de Otimização: Aplicação aos Transportes*. Ed. Edgard Blücher Ltda., 1ª Edição, TRANSESP. São Paulo, SP.

SILVA, E. J. M. [1979]. *Metodologia para avaliação e aumento da capacidade de um corredor ferroviário*. 135 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.1979

TIAGO, R. P. [2002]. *Estudo dos pontos promissores para instalação de terminais intermodais rodoviário-ferroviários de contêineres no Estado de São Paulo*. 103 p . Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2002.

VIDAL, J. S F [1991] *Aumento da capacidade de transporte de uma ferrovia em linha singela - Critério para decisão de investimento: Frota ou instalações fixas*. 132 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1991.

GLOSSÁRIO

Aparelho de mudança de via (AMV) – mecanismo destinado a possibilitar a passagem de veículos ferroviários de uma vi para a outra.

Circulação dos trens – movimentação do trem entre locais de licenciamento.

Comboios de trens – série de carros e vagões rebocados por locomotiva.

Composição ferroviária – conjunto de carros de um trem, formado segundo critérios de capacidade, tonelagem, tipos de mercadorias, etc.

Cruzamento – interseção de uma via férrea com outra.

Desvio – é a via que está ligada por AMV à via corrida, à via principal, ou a qualquer outra.

Diagrama espaço-tempo – gráfico que permite visualização da movimentação do trem bem como sua programação através do tempo e do espaço.

Dormente – peça de madeira, concreto, concreto protendido ou ferro, onde os trilhos são apoiados e fixados e que transmitem ao lastro parte dos esforços e vibrações produzidos pelos trens.

Estações – local onde os trens podem se cruzar ou ultrapassar e compreende igualmente o edifício ali construído para a realização dos serviços que lhe são próprios e para acomodação dos passageiros e ou cargas.

Gargalo – locais restritivos ao processamento dos trens.

Headways – intervalo temporal mínimo entre os trens para prevenir choques.

Lastro – parte da superestrutura ferroviária, que distribui uniformemente na plataforma os esforços da via férrea transmitidos através dos dormentes, impedindo o deslocamento dos mesmos,

oferecendo suficiente elasticidade à via, reduzindo impactos e garantindo-lhe eficiente drenagem e aeração.

Linha Singela – trecho da via férrea em que a circulação normal dos trens é feita através da mesma via.

Material rodante – compõem-se de material de tração, carros de passageiros, vagões para mercadorias, animais, bagagens, etc.

Passagem de nível – é o cruzamento de uma ou mais linhas com uma rodovia principal ou secundária, no mesmo nível.

Pátios – conjunto de vias preparado para a formação de trens, manobras, estacionamentos e outros fins.

Peso útil máximo – lotação do veículo.

Pontos de junção – conexão de vias férreas.

Superestrutura – parte superior da estrutura da via que suporta diretamente os esforços dos veículos e os transmite à infraestrutura.

Tempo de Percurso – tempo de aceleração mais o tempo na velocidade de cruzeiro mais o tempo de desaceleração.

Terminais – conjunto de equipamentos e edifícios situados nas pontas das linhas de uma estrada de ferro (início ou término da linha) ou mesmo em pontos intermediários, ocupados para o trânsito de passageiros, e reagrupamento de cargas e também formação e despacho de trens.

Tração dupla – tração exercida por duas locomotivas.

Tração simples – tração exercida por uma locomotiva.

Tração tripla – tração exercida por três locomotivas.

Trilho – perfilado metálico da seção transversal semelhante ao duplo T, com características de viga, que suporta e guia as rodas do veículo ferroviário e constitui a superfície de rolamento da via.

Unidade rebocável – vagões e outros veículos que não possuem força tratora.

Unidade tratora – locomotivas.

Velocidade máxima autorizada (VMA) – velocidade máxima permitida, indicada no horário ou nas instruções especiais.

Via dupla – é o trecho da via férrea em que a circulação normal é feita em duas vias com sentido preestabelecido.

Via permanente – abrange toda a instalação física da linha férrea.

APÊNDICE A: MODELO DE SIMULAÇÃO

A MODELO DE SIMULAÇÃO DE MARCHA

Neste apêndice é mostrado os principais elementos do SDT (o *Train Energy Model* versão 2.5) e sua estrutura a fim de explicar seu funcionamento.

A.1 Train Energy Model

O *Train Energy Model* versão 2.5 é um modelo de simulação de linha ferroviária singela desenvolvido pelo Programa de Pesquisas em Energia da *Association of American Railroads* com o propósito de verificar o consumo de combustível e o desempenho de vários tipos de trens.

O TEM 2.5 é um modelo de simulação microscópico, pois o movimento de cada composição é modelada individualmente. O trem é considerado um bloco simples ou seja, durante um dado intervalo de tempo todo o veículo possui a mesma velocidade e aceleração, o que imprime duas vantagens: a primeira é a simplificação dos cálculos, já que apenas uma equação de movimento é requerida para a obter a velocidade, aceleração e a posição do veículo e a segunda é que, desde que se conheça a posição de cada veículo as forças podem ser somadas para calcular a força total agindo no trem para cada intervalo de tempo na simulação [AAR, 1993].

A.2 Estrutura Básica

O TEM é organizado em três níveis de desenvolvimento na seguinte ordem:

1. Modelo Matemático
2. Lógica de controle do trem
3. Algoritmo automático de desempenho do trem

O modelo matemático é a base do simulador e é composto de um modelo físico, equações de movimento, métodos numéricos usados para integrar as equações de movimento, relações empíricas usadas no modelo de resistência do trem, características usadas para o modelo das locomotivas, etc.

Segundo o TEM User's Manual [AAR, 1993] aplicações em grande escala mostraram que resultados do simulador são realistas, o modelo matemático é adequado para o nível de detalhes incorporados ao TEM. Em simulações de movimentos do TEM, o erro computacional é usualmente menor que 1% (mesmo para tempos de simulação excedendo 30 horas).

A lógica de controle do trem no SDT utilizado é baseada na estrutura de comandos que são usadas para dirigir a simulação do trem. Experiências mostraram que esta lógica tem a habilidade de controlar todos os tipos de trens em todas as rotas de maneira realística [AAR, 1993].

O algoritmo automático de desempenho do trem no simulador, chamado de ATA (*Automatic Train-handling Algorithm*), é uma forma de inteligência artificial que busca alcançar o movimento real do trem para uma determinada duração de tempo, funcionando como um controlador universal.

A.3 Descrição do programa

O *Train Energy Model* é constituído de quatro programas:

1. O programa editor – EDI
2. O préprocessador aerodinâmico – DRAG
3. O programa préprocessador – PRE
4. O simulador - TEM
5. O programa avaliador - EVA

A relação entre esses programas citados acima pode ser verificada através da Figura A.1.

Nesta versão, TEM 2.5, foram incluídos o programa conversor (FIX), que altera os arquivos da versão 2.0 para que possam ser utilizados na versão 2.5, e o o arquivo TEM.CRC que contém uma tabela com coeficientes de resistência de curva.

Figura A.1: Relação entre os programas do *Train Energy Model*

A.3.1 O programa editor (EDI)

O programa editor (EDI) inclui três outros arquivos de programas:

1. O conjunto de arquivo editor – BIF
2. O programa construtor - FEB
3. O processador de utilidades para linha/trem – TUP

A.3.1.1 O conjunto de arquivo editor (BIF)

O conjunto de arquivo editor (BIF) permite ao usuário instalar os arquivos requeridos para rodar o pré-processador aerodinâmico (DRAG), o programa pré-processador (PRE) e o programa simulador (TEM). Para isto utilizam-se as seguintes funções:

Função 1: Editar o grupo de arquivo DRAG;

Função 2: Editar o grupo de arquivo PRE;

Função 3: Editar o grupo de arquivo TEM.

Através da função 1 é gerado o arquivo GOAIR.BAT. Este arquivo contém um sistema de comandos que copiam as informações para o AIR.BIF (arquivo de inicialização do grupo DRAG) e rodam DRAG.

A função 2 possui como arquivo de saída o GOPRE.BAT. O GOPRE.BAT contém um sistema de comandos que copiam as informações para o PRE.BIF (arquivos de inicialização do grupo PRE) e rodam PRE.

O arquivo de saída gerado pela função 3 é o GOTEM.BAT. Este arquivo contém um sistema de comandos que copiam as informações para o TEM.BIF (arquivo de inicialização do grupo TEM) e rodam TEM.

A.3.1.2 O arquivo editor e programa construtor (FEB)

Os programas DRAG, PRE, e TEM requerem informações de vários arquivos de entrada numa determinada ordem para desenvolver suas tarefas. O propósito do arquivo editor e programa construtor (FEB) é fornecer uma conveniente forma para os usuários construírem estes arquivos de entrada para rodar as simulações.

O FEB possui 9 funções:

Função 1: Construir novo arquivo da composição (.CON);

Função 2 : Construir novo arquivo de parâmetros dos veículos (.PAR);

Função 3: Construir novo arquivo de via (. TRK);

Função 4: Construir um novo arquivo com a configuração aerodinâmica (. WND)

Função 5: Construir um novo arquivo de paradas (.STP);

Função 6: Construir ou editar o arquivo de parâmetro ATA (.ATA);

Função 7: Construir ou editar o arquivo de inicialização (.INI);

Função 8: Construir um novo arquivo de comando (.CMD);

Função 9: Construir um novo arquivo de carga intermodal (.CGO).

A.3.1.3 O processador de utilidades para linha/trem (TUP)

O propósito primário do TUP (processador de utilidades para linha/trem) é permitir ao usuário construir o arquivo da via em formato apropriado para o TEM. Além disto possui outras ferramentas elencadas a seguir:

Função 1: Reverte o arquivo de via existente.

Função 2: Calcula a rampa a partir das elevações.

Função 3: Calcula as elevações a partir da rampa.

Função 4: Adiciona constantes no arquivo de via

Função 5: Gera arquivo da relação do esforço trator e a velocidade

A.3.2 O preprocessor aerodinâmico (DRAG)

O preprocessor aerodinâmico (DRAG) gera áreas de arrasto (de vento) para cada veículo e armazena os valores no arquivo de dados (.DRG).

Quando o grupo DRAG é rodado, o arquivo .DRG é gerado e usado pelo programa preprocessor PRE para gerar o arquivo de dados do trem (.DAT). O programa DRAG requer informações dos arquivos .CON e .PAR, se houver carregamento intermodal será necessário o arquivo .CGO.

A.3.3 O programa preprocessor (PRE)

O programa PRE coloca o arquivo descritivo da composição e dados da área de arrasto de forma que possa ser usado diretamente pelo TEM. O objetivo do preprocessor é reduzir o tempo requerido para a simulação, já que todas as informações necessárias para o simulador (TEM) são computadas primeiramente pelo programa PRE.

O programa preprocessor requer sete arquivos de entrada para ser rodado:

.DRG – Este arquivo contém a área de arrasto para cada veículo gerada pelo programa DRAG;

.CON – Este arquivo especifica a composição;

.PAR – Este arquivo especifica os parâmetros dos veículos que são diferentes para cada tipo;

.THL – Este arquivo contém a descrição do esforço trator. São diferentes para cada tipo de locomotiva.

.DYN – Este arquivo contém a descrição do esforço de frenagem dinâmica. São diferentes para cada tipo de locomotiva.

TEM.AIR – Este arquivo contém os parâmetros para o sistema automático de frenagem aerodinâmica.

PRE.BIF – Este arquivo obtém informações do GOPRE.BAT para cada arquivo .CON a ser processado.

Após ser rodado o programa pré-processador PRE gera alguns arquivos de saída:

.DAT – Este arquivo contém todos os dados do trem pré-processados, incluindo as velocidades de equilíbrio.

.FYI – Este arquivo contém informações sobre trens processados com locomotivas auxiliares (*helpers*) na operação, caso exista.

.TES - Este arquivo contém uma tabela de velocidade de equilíbrio para o trem com *helpers* sincronizadas em operação, caso exista.

.DES – Este arquivo contém uma tabela de ajustes dinâmicos requeridos para o trem manter a velocidade de equilíbrio em declive com o uso de *helpers* sincronizadas em operação, caso exista.

.AER - Este arquivo contém uma tabela de redução da pressão dos freios requerida para o trem manter a velocidade de equilíbrio para várias porcentagens de rampa descendente.

.FY2 – Este arquivo contém informações do trem com as *helpers* ociosas.

.TE2 – Este arquivo contém uma tabela de velocidades de equilíbrio com as *helpers* ociosas.

.DE2 – Este arquivo contém uma tabela de equilíbrio do esforço dinâmico com as *helpers* ociosas.

A.3.4 O programa simulador (TEM)

O programa simulador (TEM) requer que alguns arquivos estejam armazenados no computador. Há oito arquivos de entrada necessários para rodar o programa TEM:

.DAT – Este arquivo contém os dados do trem pré-processados.

.TRK – Arquivo que contém dados da via, como elevação, porcentagem de rampa, grau de curva e posições específicas na via.

.WND – Este arquivo contém a direção e velocidade do vento, como também a temperatura e pressão ambiente para vários pontos ao longo da via.

.ATA – Este arquivo contém valores de parâmetros de ajustes requeridos pelo algoritmo automático de desempenho do trem (ATA) para controlar o trem durante a simulação.

.INI – Este arquivo contém informações para início da simulação incluindo a posição inicial do trem na via.

.STP- Este arquivo contém a posição e tempos de parada na via.

TEM. BIF – Este é o arquivo de iniciação do TEM. Este arquivo obtém informações do GOTEM. BAT para cada simulação a ser rodada.

A partir destes arquivos as simulações são executadas. Após as simulações do TEM dois arquivos de saída são gerados:

.RPT – Este arquivo contém o relatório reduzido da simulação, incluindo o consumo de combustível e energia.

.OUT – Este arquivo contém todos os dados da simulação para cada intervalo de tempo.

A.3.5 O programa avaliador (EVA)

O programa avaliador (EVA) é composto de dois outros arquivos de programas:

1. O programa tabulador (TAB)
2. O programa de visualização

O programa tabulador (TAB) permite aos usuários elaborar várias tabelas a partir do arquivo .RPT. As tabelas (arquivos de saída) que podem ser geradas pelo TAB são:

1. Resumo sobre a composição
2. Resumo sobre a operação
3. Consumo de combustível por pontos de tração
4. Porcentagem do uso de pontos de tração
5. Consumo de combustível por intervalos de velocidade
6. Consumo de combustível para cada tipo de resistência
7. Trabalho de cada força
8. Tração do motor operando para baixar velocidades

O programa de visualização permite gerar através do arquivo de dados de saída (.OUT) vários gráficos relacionando variáveis como tempo, velocidade, aceleração, elevação, tração entre outras.

A.4 Executando uma simulação

O primeiro passo para gerar as simulações é criar os arquivos necessários para rodar os programas. Estes arquivos são gerados através das funções do arquivo editor e programa construtor (FEB).

Após a elaboração dos arquivos da composição e da via é necessário indicar o ponto de início e término da via em que a simulação deve ser efetuada. O ponto de início da simulação do trem está indicado nos parâmetros de configuração (.INI). E os pontos de parada na via bem como o tempo de espera está indicado no arquivo (.STP) construído. Todos os outros arquivos necessários para gerar simulações através do TEM 2.5 poder ser visualizados na Figura A.2.

Com os arquivos criados, deve-se usar o procedimento para gerar as simulações:

- Executar a função 1 do programa BIF que faz parte do programa editor (EDI) e especificar o nome do arquivo da composição (.CON). Desta forma cria-se o arquivo GOAIR.BAT;
- Rodar o programa DRAG denominado “GOAIR”, criando os arquivos DRG;
- Executar a função 2 do programa BIF que faz parte do programa editor (EDI) e especificar o nome do arquivo da composição (.CON). Desta forma cria-se o arquivo GOPRE.BAT;
- Rodar o programa PRE através do arquivo denominado “GOPRE”. Desta forma serão criados os arquivos .DAT, bem como os arquivos .FYI, .FY2, .TES, .TE2, .DES, .DE2 e .AER;
- Executar a função 2 do programa BIF e restaurar o grupo PRE. Isto deve ser efetuado sempre depois que o GOPRE for rodado;
- Executar a função 3 do programa BIF que faz parte do programa editor (EDI) e especificar o nome do arquivo da composição (.CON). Desta forma cria-se o arquivo GOTEM.BAT;
- Rodar o programa TEM através do arquivo denominado “GOTEM”. Desta forma serão criados os arquivos .RPT e .OUT.
- Executar o programa TAB do programa avaliador (EVA) e indicar o nome do arquivo (.CON). Desta forma tabelas serão geradas com os dados do arquivo RPT.

Figura A.2: Arquivos necessários para simular o movimento do trem usado o TEM 2.5

O Simulador de desempenho do trem utilizado, o TEM 2.5, é um modelo complexo que possui uma interface pouco amigável. Porém, os dados resultantes do modelo permitem inúmeras análises sobre a movimentação das composições ferroviárias.

APÊNDICE B: MODELO DE LOCOMOÇÃO

B MODELO DE LOCOMOÇÃO DE VEÍCULOS FERROVIÁRIOS

Uma composição ferroviária de carga é composta de locomotivas e vagões. As locomotivas possuem um sistema para gerar, ou no caso das locomotivas elétricas, converter a energia que é transmitida para as rodas motrizes. A interação entre estas rodas e a linha férrea permite o movimento das locomotivas, que arrastam os vagões.

O movimento dos veículos ferroviários depende tanto da resultante das forças que atuam sobre o veículo como também das regras operacionais existentes, tais como sistema de controle e sinalização. Muitas vezes a velocidade máxima é limitada em função da via permanente, da sua conservação, do estado das obras de arte entre outros. Por questões de segurança os trens reduzem sua velocidade ao passarem em perímetro urbano ou em trechos em estados de conservação precário.

A previsão do desempenho do veículo ferroviário é muito importante para o planejamento e controle da operacional. A seguir inicia-se a descrição detalhada do modelo de locomoção ferroviária implementado pelo simulador da *Association of american railroads*, o TEM 2.5. As equações descritas, a nomenclatura e o sistema de unidades são provenientes do *Train energy model version 2.0 user's manual (version 2.5 supplement)* [AAR, 1993].

B.1 Equações do movimento

O movimento ou desempenho das composições ferroviárias refere-se às forças que atuam sobre os veículos, que podem ser traduzidas em equações. Através destas equações de movimento é possível determinar a posição, velocidade e aceleração do trem em um dado momento. Contudo a modelagem do movimento não é tão simples devido à muitas forças que agem sobre os veículos não se comportarem de forma linear.

De uma forma geral o movimento dos veículos, inclusive os veículos ferroviários, é previsto por modelos analíticos de desempenho baseados na segunda lei de Newton, em que as resultantes das forças aplicadas é igual a massa (W) multiplicada pela aceleração (A), como pode ser observado na eq. (1.1).

$$F_r = W \cdot A \quad (1.1)$$

Desta forma o veículo acelera quando as resultantes das forças forem positivas e desaceleram caso seja negativa. No TEM 2.5 a aceleração é determinada através da força máxima de aderência (fornecida pela locomotiva e o sistema de frenagem), resistências (incluindo o efeito do vento) e a força de rampa [AAR, 1993]:

$$A = g \cdot (S - G - R \operatorname{sgn}(V)) / W \quad (1.2)$$

em que: A: aceleração do trem (mph/s)

g: aceleração da gravidade (21,8 mph/s)

S: força total de aderência (lbs)

G : força total de rampa (lbs)

R: resistência total do trem (lbs)

V: velocidade do trem (mph)

W: peso total do trem (lbs)

A variável “sgn” representa o sinal da função. Por exemplo, $\operatorname{sgn}(V) = V/|V|$, se $V \neq 0$ e $\operatorname{sgn}(V) = 0$, então $V = 0$.

O valor total da resistência do trem, da força de rampa e da força de aderência será encontrada através do somatório do valor destas forças que atuam em cada veículo. Desta forma temos:

$$S = \sum_{k=1}^{k=N} S_k \quad (1.3)$$

$$G = \sum_{k=1}^{k=N} G_k \quad (1.4)$$

$$R = \sum_{k=1}^{k=N} R_k \quad (1.5)$$

em que: S_k : força motriz limitada pela aderência atuando no veículo k (lbs)

G_k : força de rampa atuando no veículo k (lbs)

R_k : resistência atuando no veículo k (lbs)

N : número do veículo da composição

k : número total de veículos da composição

B.2 Esforço trator em locomotivas diesel-elétricas

As locomotivas transformam energia em propulsão para colocar e manter a composição em movimento. Nas locomotivas diesel-elétricas a força produzida por um motor a diesel é transferida para as rodas motrizes através de uma transmissão elétrica. Na Figura B.1 é possível observar os principais componentes deste tipo de locomotiva.

Figura B.1: Componentes de uma locomotiva diesel-elétrica

Esta força de propulsão, também conhecida como força motriz é obtida a partir do conceito de trabalho. A força motriz é diretamente proporcional a potência e inversamente proporcional a velocidade. Segundo Hay [1982] esta função pode ser expressa através da eq. (1.6).

$$F_t = \frac{375 \cdot P \cdot \eta}{V} \quad (1.6)$$

em que: F_t : força motriz (lbs)

P : potência da locomotiva (hp)

V : velocidade (mph)

η : coeficiente de eficiência da transmissão

Os motores usam reguladores para aplicar a força ao trem. Estes reguladores numa locomotiva diesel-elétrica possuem 10 ajustes ou “pontos”. Estes incluem um conjunto para a máquina inativa; um conjunto para quando está ociosa (ponto 0); e oito conjuntos para aumento de injeção de diesel no motor, “marcha 1”(ponto 1) até “marcha 8”(ponto 8).

O máximo esforço trator corresponde a marcha 8. A força pode ser aplicada em degraus, existem oito curvas de esforço trator para locomotivas diesel-elétricas. Para um dado conjunto de reguladores há um esforço trator diretamente proporcional a potência do motor diesel da locomotiva e inversamente proporcional a velocidade da locomotiva. A Figura B.2 mostra as curvas de esforço trator para a locomotiva Dash 9.

Figura B. 2: Curvas de tração da locomotiva diesel-elétrica Dash 9

B.2.1 Limites de operação de motores elétricos

Como se pode observar na Figura B.2 a força motriz ou esforço trator varia em função da velocidade segundo uma hipérbole, pois a potência da locomotiva é constante.

O funcionamento dos motores de tração limita a velocidade máxima e mínima em que a locomotiva pode operar sem que ocorram danos. O valor mínimo da velocidade é

inversamente proporcional à corrente elétrica do motor, que deve ser operado nestas velocidades apenas no início do movimento. O valor máximo da velocidade é limitado pela voltagem máxima. A Figura B.3 apresenta esquematicamente os limites para operação dos motores elétricos de tração.

Figura B. 3: Limites de velocidade do motor elétrico

B.2.2 Limites de tração por aderência

Para que as composições ferroviárias consigam mover-se é necessário que exista atrito entre a roda e o trilho. Caso contrário, a roda patina e a locomotiva não consegue sair do lugar. Assim:

$$|S_k| \leq W_k \cdot a_k (V) \quad (1.7)$$

em que: S_k : força motriz limitada pela aderência atuando no veículo k (lbs)

W_k : peso total do veículo k(lbs)

a_k : coeficiente de aderência do veículo k

k: número total de veículos da composição

A ação da força limite de aderência no veículo é determinada pela comparação entre o esforço trator (esforço dinâmico) e a ação da força de frenagem aerodinâmica no veículo com o produto total do peso e o coeficiente de aderência do veículo, que varia com a velocidade do trem:

$$S_k = E_k - B_k \operatorname{sgn}(V) \quad (1.8)$$

em que: E_k : esforço trator ou esforço dinâmico atuando no veículo k (lbs)

B_k : resistência aerodinâmica atuando no veículo k (lbs)

V: velocidade do trem (mph)

Portanto, a aderência limita a força tratora máxima que pode ser aplicada nas rodas, principalmente quando a locomotiva está iniciando o movimento ou está operando a baixa velocidade. Este coeficiente pode ser determinado pela eq.(1.9).

$$a_k(V) = a_{0k} - \Delta a \left(1 - e^{-V/10} \right) \quad (1.9)$$

em que: a_k : coeficiente de adesão para o veículo k

a_{0k} : máximo coeficiente de aderência (velocidade=0) para o veículo k

Δa : variação total no coeficiente de aderência (0,05)

K: número total de veículos da composição

O coeficiente de aderência máximo varia com o tipo de locomotiva. Para veículos não tratores o coeficiente de aderência máximo adotado deve ser igual a 0,235.

B.3 Resistência ao movimento

Quando um veículo está em movimento, existem forças que atuam no sentido contrário à força que propulsora ao movimento. O conjunto dessas forças é chamado de resistência.

A resistência ao movimento pode ser dividida em cinco componentes: resistência dos mancais, resistência de rolamento, resistência aerodinâmica, resistência de rampa e resistência de curva.

No modelo físico implementado no simulador o termo resistência é utilizado como forças que retardam o movimento do veículo. Assim no caso da resistência de rampa, será considerada uma categoria de força, distinta das resistências, já que pode estar a favor do movimento do veículo. A resistência total é dada pela eq. (1.10).

$$R_T = R_{Bk} + R_{Rk} + R_{Ak} + G_k + R_{Ck} \quad (1.10)$$

em que: R_{Bk} : resistência de carregamento agindo no veículo k (lbs)

R_{Rk} : resistência de rolamento no veículo k (lbs)

R_{Ak} : resistência aerodinâmica atuando no veículo k (lbs)

G_k : força total de rampa no veículo k (lbs)

R_{Ck} : resistência de curva atuando no veículo k (lbs)

B.3.1 Resistência dos mancais

A resistência dos mancais é encontrada pelo produto do número de eixos do veículo e o coeficiente de resistência nos mancais (lbs/eixo). Este coeficiente depende de alguns fatores como temperatura ambiente e carregamento do veículo. Assim:

$$R_{BK} = n_k \cdot C_{BK} \quad (1.11)$$

em que: R_{Bk} : resistência de carregamento agindo no veículo k (lbs)

n_k : número de eixos do veículo

C_{Bk} : coeficiente de resistência nos mancais

k: número de veículos na composição

O coeficiente C_{Bk} é encontrado utilizando-se a eq. (1.12).

$$C_{Bk} = Q_k W_k^{P_k} \quad (1.12)$$

em que: W_k : peso total do veículo em tons

P_k : expoente empírico para o veículo k

Q_k : multiplicador empírico para o veículo k

Sendo o expoente e o multiplicador baseado nas eq. (1.13) e (1.14) e a Tabela B.1:

$$P_k = b_1(i_{Bk}) + b_2(i_{Bk}) \cdot T + b_3(i_{Bk}) \cdot T^2 \quad (1.13)$$

$$Q_k = b_4(i_{Bk}) + b_5(i_{Bk}) \cdot T + b_6(i_{Bk}) \cdot T^2 \quad (1.14)$$

em que: T: temperatura ambiente em graus Fahrenheit

$b_1(i_{Bk}), b_2(i_{Bk}), b_3(i_{Bk})$: coeficientes dos expoentes empíricos para o veículo k

$b_4(i_{Bk}), b_5(i_{Bk}), b_6(i_{Bk})$: coeficientes dos multiplicadores empíricos para o veículo k

i_{Bk} : índice do tipo de mancal

Tabela B.1: Valor do coeficiente b

i_B	mancal	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6
1	gasto "I"	0.137	0.00282	-0.0000275	8.70	-0.1120	0.001000
2	novo "I"	0.280	-0.00343	0.0000169	4.47	0.0208	0.000893
3	gasto "B"	0.106	0.00518	-0.0000595	10.90	-0.2290	0.002420
4	novo "B"	0.291	-0.00207	0.0000267	4.55	0.0271	-0.000452

B.3.2 Resistência de rolamento

A resistência de rolamento é o produto do peso do veículo, em tons, e o coeficiente de resistência de rolamento em lbs/ton como observado na eq. (1.15).

$$R_{Rk} = 0.0005 \cdot W_k \cdot C_{Rk} \quad (1.15)$$

em que: R_{Rk} : resistência de rolamento no veículo k (lbs)

W_k : peso total do veículo k (lbs)

C_{Rk} : coeficiente da resistência de rolamento para o veículo k em lbs/ton

Sendo o coeficiente de resistência de rolamento encontrado a partir da formulação e condições das eq.(1.16) e (1.17).

$$C_{Rk} = \varepsilon(i_{Tk}) - [\varepsilon(i_{Tk}) - \lambda(i_{Tk})] \cdot \left[\frac{W_k - \tau_k}{\gamma_k - \tau_k} \right], W_k < \gamma_k \quad (1.16)$$

$$C_{Rk} = \lambda(i_{Tk}), W_k \geq \gamma_k \quad (1.17)$$

em que: γ_k : carga bruta para o veículo k (lbs)

τ_k : tara do veículo k (lbs)

$\varepsilon(i_{Tk})$: coeficiente de resistência ao rolamento do veículo vazio (lbs/ton)

$\lambda(i_{Tk})$: coeficiente de resistência ao rolamento do veículo carregado (lbs/ton)

i_{Tk} é o tipo do truque do veículo k.

Os coeficientes de resistência ao rolamento do veículo vazio e carregado, como pode ser observado na Tabela B.2:

Tabela B.2: Valor dos coeficientes ε e λ

i_T	tipo do truque	ε (lbs/ton)	λ (lbs/ton)
1	3-peças gasto	2.25	2.13
2	3-peças novo	2.25	1.57
3	radial	1.48	1.43
4	estrutura-reforçada	1.48	1.35
5	prêmio 2 eixos	1.47	1.02
6	eixo simples	4.25	1.89

B.3.3 Resistência aerodinâmica

A resistência aerodinâmica é o produto da velocidade ao quadrado (relativa ao vento) do veículo e o coeficiente de resistência aerodinâmico:

$$R_{Ak} = v_k^2 \cdot C_{Ak} \quad (1.18)$$

em que: R_{Ak} : resistência aerodinâmica atuando no veículo k (lbs)

v_k : velocidade relativa do vento no veículo k (mph)

C_{Ak} : coeficiente de resistência aerodinâmico para o veículo k (lbs/mph/mph)

k: número ordinal do veículo na composição

O coeficiente de resistência aerodinâmico é o produto do fator de densidade aéreo, que depende da pressão e temperatura ambiente e da área de arrasto do veículo, que por sua vez depende das características aerodinâmicas do veículo, sua posição e orientação com relação ao vento.

$$C_{Ak} = 0.5 \cdot r(P, T) \cdot A_k(Y_k) \quad (1.19)$$

Onde:

$$r(P, T) = 0.04114 \cdot \frac{P}{(T + 460)} \quad (1.20)$$

em que: r: fator de densidade do ar

P: pressão barométrica (polegadas de mercúrio)

T: temperatura ambiente (° F)

Y_k : ângulo de direção do veículo k

A_k : área de arrasto de veículo k (ft²)

O coeficiente A_k é em função do ângulo de direção, pois o mesmo veículo pode ter diferentes áreas de arrasto dependendo da posição do mesmo na composição.

B.3.4 Força de Rampa

Segundo AAR [1993], a força de rampa é o produto do peso do veículo e do grau instantâneo (em porcentagem) sobre o veículo em movimento:

$$G_k = 0.01 \cdot W_k \cdot \gamma_k \quad (1.21)$$

em que: G_k : força total de rampa do veículo k (lbs)

W_k : peso total do veículo k(lbs)

γ_k : grau instantâneo do C.G. do veículo k (%)

B.3.5 Resistência de curva

A resistência de curva é o produto do peso do veículo, em tons, e do coeficiente de resistência de curva (lbs/tons) O coeficiente de resistência de curva depende do tipo do truque e varia diretamente com a curva da via. Então:

$$R_{Ck} = W_k \cdot C_{Ck}(i_{Tk}, c_k) \quad (1.22)$$

em que : R_{ck} : resistência de curva atuando no veículo k (lbs)

W_k : peso total do veículo k (tons)

C_{ck} : coeficiente de resistência de curva para cada veículo k (lbs/ton)

i_{Tk} : tipo do truque do veículo k

c_k : curva instantânea entre o C.G. do veículo k e a via (graus)

Dependendo do tipo de truque e da curva instantânea da via, o coeficiente de resistência da curva é reduzido pela lubrificação da via. A partir do tipo de truque selecionado na Tabela B.3 e do grau da curva é encontrado através da Tabela B.4 o valor correspondente do coeficiente de resistência.

Tabela B.3: Valor numérico relativo ao tipo de truque

i_T	tipo do truque	lubrificado	não-lubrificado
1	3-peças gasto	1	2
2	3-peças novo	1	2
3	radial	3	4
4	estrutura-reforçada	5	5
5	prêmio 2 eixos	6	6
6	eixo simples	7	7

Tabela B.4: Coeficiente de resistência de curva

$c(^{\circ})$	1	2	3	4	5	6	7
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.090	0.056	0.013	0.017	0.010	0.015	0.015
2	0.731	0.339	0.018	0.020	0.055	0.120	0.055
3	1.548	0.791	0.206	0.173	0.200	0.430	0.110
4	2.465	1.335	0.624	0.448	0.320	0.800	0.220
5	3.325	1.907	1.020	0.747	0.470	1.130	0.365
6	4.106	2.468	1.315	1.073	0.760	1.520	0.675
7	4.767	3.046	1.505	1.445	1.120	1.895	1.235
8	5.816	3.664	2.016	1.824	1.555	2.375	2.135
9	6.686	4.298	2.478	2.206	1.770	2.915	5.555
10	7.557	4.933	2.926	2.588	2.410	3.560	11.625
11	8.427	5.563	3.376	2.968	2.705	4.260	14.170
12	9.297	6.193	3.826	3.348	3.330	5.020	16.905
13	10.167	6.823	4.276	3.728	4.050	5.865	19.425
14	11.037	7.453	4.726	4.108	4.815	6.755	22.310
15	11.907	8.083	5.176	4.488	5.695	7.665	27.685

Para o grau de curva não exato os valores da Tabela B.4 podem ser interpolados.

B.4 Frenagem de composições ferroviárias

B.4.1 Frenagem dinâmica

O motor usa o freio dinâmico para reduzir a velocidade do trem. Durante a frenagem dinâmica o comando elétrico para os motores de tração são revertidos, assim os motores de tração atuam como geradores, quando acionados sem alimentação elétrica.

Como o esforço trator e a frenagem dinâmica são em geral não lineares, o TEM 2.5 usa valores que são interpolados durante a simulação.

Se o veículo for uma locomotiva dentro do controle de marchas (ponto 1 ao 8), então:

$$E_k = T_k(n_T, V) \quad (1.23)$$

em que: E_k : força tratora atuando no veículo k (lbs)

T_k : esforço trator agindo no veículo k (lbs)

n_T : conjunto de pontos de tração, variando de 1 a 8.

Se o veículo estiver dentro de uma frenagem dinâmica, então:

$$E_k = -D_k(n_D, V) \quad (1.24)$$

em que: E_k : força de frenagem dinâmica atuando no veículo k (lbs)

D_k : esforço de frenagem dinâmica agindo no veículo k (lbs)

n_D : conjunto de pontos de frenagem, variando de 1 a 8.

Esta formulação pode ser verificada através da Figura B.4, que mostra as curvas da força de frenagem para uma locomotiva Dash 9. Diferentemente destes dois casos, se o veículo for um vagão ou uma locomotiva desligada, então:

$$E_k = 0 \quad (1.25)$$

Figura B. 4: Frenagem dinâmica da locomotiva diesel-elétrica Dash 9

B.4.2 Frenagem a ar comprimido

O motor usa o freio automático aerodinâmico para reduzir a velocidade ou parar o trem, quando o freio dinâmico é ineficiente ou quando o seu uso não é recomendado. No sistema de frenagem mecânica a ar comprimido, cada roda possui uma sapata de freio e cada vagão possui um reservatório de ar comprimido. Cada vagão possui uma válvula para controlar os freios que é acionada por diferença de pressão. A redução da pressão nos tubos de freios causa o acionamento das sapatas e consequentemente um aumento da força retardadora.

B.5 Estimativa da força no engate

O simulador, o TEM 2.5, faz uma estimativa da força no engate de cada veículo. Este valor é calculado para cada intervalo de simulação seguindo a eq. (1.26) [AAR, 1993].

$$F_k = S_k - G_k - R_k \operatorname{sgn}(V) - W_k \cdot (A/g) \quad (1.26)$$

em que: F_k : força estimada no engate k (lbs)

S_k : força total de aderência no engate k (lbs)

G_k : força total de rampa no engate k (lbs)

R_k : resistência total do trem no engate k (lbs)

V: velocidade do trem (mph)

W_k : peso total do trem no engate k (lbs)

A: aceleração do trem (mph/s)

g: aceleração da gravidade (21,8 mph/s)

k: número total de veículos da composição

Caso a aceleração do trem seja diferente de zero, a força do engate estimada no engate k será igual a zero.

B.6 Dados da via e do ambiente

As seguintes informações são usadas para caracterizar a via: posição específica (ft), elevação da via (ft), rampa (porcentagem) e curva da via (graus).

As seguintes informações físicas são usadas para caracterizar o ambiente no simulador: velocidade do vento (mph), direção do vento (graus), temperatura ambiente (°F), e pressão barométrica (polegadas de mercúrio).

APÊNDICE C: RESULTADOS DOS CENÁRIOS

C RESULTADO DOS CENÁRIOS

Nessas planilhas são lançados os resultados obtidos para cada cenário.

C.1 Cenário 1

Cenário 1.1							
Trecho	Estações	Localização	capacidade	Trecho	Estações	Localização	capacidade
1	ZFS_ZJA	328.93	12	14	ZRU_ZUC	546.18	10
		336.13	12			550.64	10
		363.99	12			561.17	10
		376.49	12			580.5	10
2	ZTF_ZED	336.13	11	15	ZSP_ZCT	550.64	9
		363.99	11			561.17	9
		376.49	11			580.5	9
		392.59	11			597.77	9
3	ZUR_ZFN	363.99	13	16	ZEH_ZCV	561.17	9
		376.49	13			580.5	9
		392.59	13			597.77	9
		410.61	13			611.25	9
4	ZJA_ZMR	376.49	13	17	ZUC_ZPN	580.5	9
		392.59	13			597.77	9
		410.61	13			611.25	9
		421.08	13			621.78	9
5	ZED_ZVG	392.59	14	18	ZCT_ZSD	597.77	14
		410.61	14			611.25	14
		421.08	14			621.78	14
		434.93	14			634.71	14
6	ZFN_ZVP	410.61	13	19	ZCV_ZCZ	611.25	10
		421.08	13			621.78	10
		434.93	13			634.71	10
		447.35	13			658.9	10
7	ZMR_ZKY	421.08	7	20	ZPN_ZTQ	621.78	10
		434.93	7			634.71	10
		447.35	7			658.9	10
		471.83	7			674.76	10
8	ZVG_ZEC	434.93	7	21	ZSD_ZSH	634.71	10
		447.35	7			658.9	10
		471.83	7			674.76	10
		486.35	7			690.58	10
9	ZVP_ZEB	447.35	7	22	ZCZ_ZMA	658.9	11
		471.83	7			674.76	11
		486.35	7			690.58	11
		504.09	7			706.84	11
10	ZKY_ZMO	471.83	7	23	ZTQ_ZZL	674.76	10
		486.35	7			690.58	10
		504.09	7			706.84	10
		531.41	7			718.57	10
11	ZEC_ZRU	486.35	7	24	ZSH_ZDZ	690.58	10
		504.09	7			706.84	10
		531.41	7			718.57	10
		546.18	7			724.94	10
12	ZEB_ZSP	504.09	6	25	ZMA_ZTO	706.84	13
		531.41	6			718.57	13
		546.18	6			724.94	13
		550.64	6			742.65	13
13	ZMO_ZEH	531.41	14	26	ZZL_ZAR	718.57	13
		546.18	14			724.94	13
		550.64	14			742.65	13
		561.17	14			749.91	13

Cenário 1.2							
Trecho	Estações	Localização	capacidade	Trecho	Estações	Localização	capacidade
1	ZFS_ZJA	328.93	13	14	ZRU_ZUC	546.18	15
		336.13	13			550.64	15
		363.99	13			561.17	15
		376.49	13			580.5	15
2	ZTF_ZED	336.13	12	15	ZSP_ZCT	550.64	14
		363.99	12			561.17	14
		376.49	12			580.5	14
		392.59	12			597.77	14
3	ZUR_ZFN	363.99	13	16	ZEH_ZCV	561.17	13
		376.49	13			580.5	13
		392.59	13			597.77	13
		410.61	13			611.25	13
4	ZJA_ZMR	376.49	14	17	ZUC_ZPN	580.5	13
		392.59	14			597.77	13
		410.61	14			611.25	13
		421.08	14			621.78	13
5	ZED_ZVG	392.59	14	18	ZCT_ZSD	597.77	14
		410.61	14			611.25	14
		421.08	14			621.78	14
		434.93	14			634.71	14
6	ZFN_ZVP	410.61	17	19	ZCV_ZCZ	611.25	12
		421.08	17			621.78	12
		434.93	17			634.71	12
		447.35	17			658.9	12
7	ZMR_ZKY	421.08	11	20	ZPN_ZTQ	621.78	13
		434.93	11			634.71	13
		447.35	11			658.9	13
		471.83	11			674.76	13
8	ZVG_ZEC	434.93	11	21	ZSD_ZSH	634.71	13
		447.35	11			658.9	13
		471.83	11			674.76	13
		486.35	11			690.58	13
9	ZVP_ZEB	447.35	11	22	ZCZ_ZMA	658.9	13
		471.83	11			674.76	13
		486.35	11			690.58	13
		504.09	11			706.84	13
10	ZKY_ZMO	471.83	10	23	ZTQ_ZZL	674.76	15
		486.35	10			690.58	15
		504.09	10			706.84	15
		531.41	10			718.57	15
11	ZEC_ZRU	486.35	10	24	ZSH_ZDZ	690.58	13
		504.09	10			706.84	13
		531.41	10			718.57	13
		546.18	10			724.94	13
12	ZEB_ZSP	504.09	10	25	ZMA_ZTO	706.84	15
		531.41	10			718.57	15
		546.18	10			724.94	15
		550.64	10			742.65	15
13	ZMO_ZEH	531.41	14	26	ZZL_ZAR	718.57	14
		546.18	14			724.94	14
		550.64	14			742.65	14
		561.17	14			749.91	14

C.2 Cenário 2

Cenário 2.1							
Trecho	Estações	Localização	capacidade	Trecho	Estações	Localização	capacidade
1	ZFS_ZJA	328.93	13	14	ZRU_ZUC	546.18	11
		336.13	13			550.64	11
		363.99	13			561.17	11
		376.49	13			580.5	11
2	ZTF_ZED	336.13	13	15	ZSP_ZCT	550.64	10
		363.99	13			561.17	10
		376.49	13			580.5	10
		392.59	13			597.77	10
3	ZUR_ZFN	363.99	15	16	ZEH_ZCV	561.17	10
		376.49	15			580.5	10
		392.59	15			597.77	10
		410.61	15			611.25	10
4	ZJA_ZMR	376.49	14	17	ZUC_ZPN	580.5	9
		392.59	14			597.77	9
		410.61	14			611.25	9
		421.08	14			621.78	9
5	ZED_ZVG	392.59	16	18	ZCT_ZSD	597.77	15
		410.61	16			611.25	15
		421.08	16			621.78	15
		434.93	16			634.71	15
6	ZFN_ZVP	410.61	14	19	ZCV_ZCZ	611.25	11
		421.08	14			621.78	11
		434.93	14			634.71	11
		447.35	14			658.9	11
7	ZMR_ZKY	421.08	8	20	ZPN_ZTQ	621.78	11
		434.93	8			634.71	11
		447.35	8			658.9	11
		471.83	8			674.76	11
8	ZVG_ZEC	434.93	8	21	ZSD_ZSH	634.71	11
		447.35	8			658.9	11
		471.83	8			674.76	11
		486.35	8			690.58	11
9	ZVP_ZEB	447.35	8	22	ZCZ_ZMA	658.9	12
		471.83	8			674.76	12
		486.35	8			690.58	12
		504.09	8			706.84	12
10	ZKY_ZMO	471.83	7	23	ZTQ_ZZL	674.76	11
		486.35	7			690.58	11
		504.09	7			706.84	11
		531.41	7			718.57	11
11	ZEC_ZRU	486.35	7	24	ZSH_ZDZ	690.58	11
		504.09	7			706.84	11
		531.41	7			718.57	11
		546.18	7			724.94	11
12	ZEB_ZSP	504.09	7	25	ZMA_ZTO	706.84	14
		531.41	7			718.57	14
		546.18	7			724.94	14
		550.64	7			742.65	14
13	ZMO_ZEH	531.41	16	26	ZZL_ZAR	718.57	14
		546.18	16			724.94	14
		550.64	16			742.65	14
		561.17	16			749.91	14

Cenário 2.2							
Trecho	Estações	Localização	capacidade	Trecho	Estações	Localização	capacidade
1	ZFS_ZJA	328.93	11	14	ZRU_ZUC	546.18	9
		336.13	11			550.64	9
		363.99	11			561.17	9
		376.49	11			580.5	9
2	ZTF_ZED	336.13	10	15	ZSP_ZCT	550.64	9
		363.99	10			561.17	9
		376.49	10			580.5	9
		392.59	10			597.77	9
3	ZUR_ZFN	363.99	12	16	ZEH_ZCV	561.17	8
		376.49	12			580.5	8
		392.59	12			597.77	8
		410.61	12			611.25	8
4	ZJA_ZMR	376.49	12	17	ZUC_ZPN	580.5	8
		392.59	12			597.77	8
		410.61	12			611.25	8
		421.08	12			621.78	8
5	ZED_ZVG	392.59	13	18	ZCT_ZSD	597.77	12
		410.61	13			611.25	12
		421.08	13			621.78	12
		434.93	13			634.71	12
6	ZFN_ZVP	410.61	12	19	ZCV_ZCZ	611.25	9
		421.08	12			621.78	9
		434.93	12			634.71	9
		447.35	12			658.9	9
7	ZMR_ZKY	421.08	7	20	ZPN_ZTQ	621.78	9
		434.93	7			634.71	9
		447.35	7			658.9	9
		471.83	7			674.76	9
8	ZVG_ZEC	434.93	7	21	ZSD_ZSH	634.71	9
		447.35	7			658.9	9
		471.83	7			674.76	9
		486.35	7			690.58	9
9	ZVP_ZEB	447.35	7	22	ZCZ_ZMA	658.9	10
		471.83	7			674.76	10
		486.35	7			690.58	10
		504.09	7			706.84	10
10	ZKY_ZMO	471.83	6	23	ZTQ_ZZL	674.76	10
		486.35	6			690.58	10
		504.09	6			706.84	10
		531.41	6			718.57	10
11	ZEC_ZRU	486.35	6	24	ZSH_ZDZ	690.58	9
		504.09	6			706.84	9
		531.41	6			718.57	9
		546.18	6			724.94	9
12	ZEB_ZSP	504.09	6	25	ZMA_ZTO	706.84	11
		531.41	6			718.57	11
		546.18	6			724.94	11
		550.64	6			742.65	11
13	ZMO_ZEH	531.41	13	26	ZZL_ZAR	718.57	12
		546.18	13			724.94	12
		550.64	13			742.65	12
		561.17	13			749.91	12

Cenário 2.3							
Trecho	Estações	Localização	capacidade	Trecho	Estações	Localização	capacidade
1	ZFS_ZJA	328.93	9	14	ZRU_ZUC	546.18	8
		336.13	9			550.64	8
		363.99	9			561.17	8
		376.49	9			580.5	8
2	ZTF_ZED	336.13	9	15	ZSP_ZCT	550.64	7
		363.99	9			561.17	7
		376.49	9			580.5	7
		392.59	9			597.77	7
3	ZUR_ZFN	363.99	10	16	ZEH_ZCV	561.17	7
		376.49	10			580.5	7
		392.59	10			597.77	7
		410.61	10			611.25	7
4	ZJA_ZMR	376.49	10	17	ZUC_ZPN	580.5	7
		392.59	10			597.77	7
		410.61	10			611.25	7
		421.08	10			621.78	7
5	ZED_ZVG	392.59	11	18	ZCT_ZSD	597.77	10
		410.61	11			611.25	10
		421.08	11			621.78	10
		434.93	11			634.71	10
6	ZFN_ZVP	410.61	10	19	ZCV_ZCZ	611.25	8
		421.08	10			621.78	8
		434.93	10			634.71	8
		447.35	10			658.9	8
7	ZMR_ZKY	421.08	6	20	ZPN_ZTQ	621.78	8
		434.93	6			634.71	8
		447.35	6			658.9	8
		471.83	6			674.76	8
8	ZVG_ZEC	434.93	6	21	ZSD_ZSH	634.71	8
		447.35	6			658.9	8
		471.83	6			674.76	8
		486.35	6			690.58	8
9	ZVP_ZEB	447.35	6	22	ZCZ_ZMA	658.9	8
		471.83	6			674.76	8
		486.35	6			690.58	8
		504.09	6			706.84	8
10	ZKY_ZMO	471.83	6	23	ZTQ_ZZL	674.76	8
		486.35	6			690.58	8
		504.09	6			706.84	8
		531.41	6			718.57	8
11	ZEC_ZRU	486.35	6	24	ZSH_ZDZ	690.58	8
		504.09	6			706.84	8
		531.41	6			718.57	8
		546.18	6			724.94	8
12	ZEB_ZSP	504.09	5	25	ZMA_ZTO	706.84	10
		531.41	5			718.57	10
		546.18	5			724.94	10
		550.64	5			742.65	10
13	ZMO_ZEH	531.41	11	26	ZZL_ZAR	718.57	10
		546.18	11			724.94	10
		550.64	11			742.65	10
		561.17	11			749.91	10

C.3 Cenário 3

Cenário 3.1				Cenário 3.2			
Trecho	Estações	Localização	capacidade	Trecho	Estações	Localização	capacidade
1	ZFS_ZFN	328.93	6	1	ZFS_ZED	328.93	9
		376.49	6			363.99	9
		392.59	6			376.49	9
		410.61	6			392.59	9
2	ZJA_ZVG	376.49	12	2	ZUR_ZFN	363.99	13
		392.59	12			376.49	13
		410.61	12			392.59	13
		434.93	12			410.61	13
3	ZED_ZVP	392.59	12	3	ZJA_ZMR	376.49	13
		410.61	12			392.59	13
		434.93	12			410.61	13
		447.35	12			421.08	13
4	ZFN_ZRU	410.61	1	4	ZED_ZVP	392.59	9
		434.93	1			410.61	9
		447.35	1			421.08	9
		546.18	1			447.35	9
5	ZVG_ZCV	434.93	2	5	ZFN_ZEC	410.61	4
		447.35	2			421.08	4
		546.18	2			447.35	4
		611.25	2			486.35	4
6	ZVP_ZPN	447.35	1	6	ZMR_ZMO	421.08	4
		546.18	1			447.35	4
		611.25	1			486.35	4
		621.78	1			531.41	4
7	ZRU_ZSD	546.18	2	7	ZVP_ZSP	447.35	4
		611.25	2			486.35	4
		621.78	2			531.41	4
		634.71	2			550.64	4
8	ZCV_ZCZ	611.25	10	8	ZEC_ZUC	486.35	4
		621.78	10			531.41	4
		634.71	10			550.64	4
		658.9	10			580.5	4
9	ZPN_ZMA	621.78	4	9	ZMO_ZCV	531.41	6
		634.71	4			550.64	6
		658.9	4			580.5	6
		706.84	4			611.25	6
10	ZSD_ZZL	634.71	5	10	ZSP_ZSD	550.64	6
		658.9	5			580.5	6
		706.84	5			611.25	6
		718.57	5			634.71	6
11	ZCZ_ZDC	658.9	6	11	ZUC_ZSH	580.5	4
		706.84	6			611.25	4
		718.57	6			634.71	4
		724.94	6			690.58	4
12	ZMA-ZTO	706.84	13	12	ZCV_ZZL	611.25	4
		718.57	13			634.71	4
		724.94	13			690.58	4
		742.65	13			718.57	4
13	ZMO_ZEH	531.41	16	14	ZSH_ZTO	690.58	7
		546.18	16			718.57	7
		550.64	16			724.94	7
		561.17	16			742.65	7

Cenário 3.3				Cenário 3.4			
Trecho	Estações	Localização	capacidade	Trecho	Estações	Localização	capacidade
1	ZFS_ZMR	328.93	9	1	ZFS_ZMR	328.93	9
		363.99	9			363.99	9
		392.59	9			392.59	9
		421.08	9			421.08	9
2	ZUR_ZVP	363.99	8	2	ZUR_ZVP	363.99	8
		392.59	8			392.59	8
		421.08	8			421.08	8
		447.35	8			447.35	8
3	ZED_ZKY	392.59	7	3	ZED_ZKY	392.59	10
		421.08	7			421.08	10
		447.35	7			447.35	10
		471.83	7			471.83	10
4	ZMR_ZEB	421.08	5	4	ZMR_ZEB	421.08	11
		447.35	5			447.35	11
		471.83	5			471.83	11
		504.09	5			504.09	11
5	ZVP_ZMO	447.35	5	5	ZVP_ZMO	447.35	10
		471.83	5			471.83	10
		504.09	5			504.09	10
		531.41	5			531.41	10
6	ZKY_ZEH	471.83	5	6	ZKY_ZEH	471.83	8
		504.09	5			504.09	8
		531.41	5			531.41	8
		561.17	5			561.17	8
7	ZEB_ZCT	504.09	5	7	ZEB_ZCT	504.09	8
		531.41	5			531.41	8
		561.17	5			561.17	8
		597.77	5			597.77	8
8	ZMO_ZPN	531.41	5	8	ZMO_ZPN	531.41	8
		561.17	5			561.17	8
		597.77	5			597.77	8
		621.78	5			621.78	8
9	ZEH_ZCZ	561.17	5	9	ZEH_ZCZ	561.17	8
		597.77	5			597.77	8
		621.78	5			621.78	8
		658.9	5			658.9	8
10	ZCT_ZSH	597.77	6	10	ZCT_ZSH	597.77	8
		621.78	6			621.78	8
		658.9	6			658.9	8
		690.58	6			690.58	8
11	ZPN_ZZL	621.78	6	11	ZPN_ZZL	621.78	8
		658.9	6			658.9	8
		690.58	6			690.58	8
		718.57	6			718.57	8
12	ZCZ_ZTO	658.9	7	12	ZCZ_ZTO	658.9	8
		690.58	7			690.58	8
		718.57	7			718.57	8
		742.65	7			742.65	8

C.4 Cenário 4

Cenário 4.1							
Trecho	Estações	Localização	capacidade	Trecho	Estações	Localização	capacidade
1	ZFS_ZJA	328.93	12	14	ZRU_ZUC	546.18	11
		336.13	12			550.64	11
		363.99	12			561.17	11
		376.49	12			580.5	11
2	ZTF_ZED	336.13	11	15	ZSP_ZCT	550.64	9
		363.99	11			561.17	9
		376.49	11			580.5	9
		392.59	11			597.77	9
3	ZUR_ZFN	363.99	15	16	ZEH_ZCV	561.17	9
		376.49	15			580.5	9
		392.59	15			597.77	9
		410.61	15			611.25	9
4	ZJA_ZMR	376.49	13	17	ZUC_ZPN	580.5	9
		392.59	13			597.77	9
		410.61	13			611.25	9
		421.08	13			621.78	9
5	ZED_ZVG	392.59	15	18	ZCT_ZSD	597.77	15
		410.61	15			611.25	15
		421.08	15			621.78	15
		434.93	15			634.71	15
6	ZFN_ZVP	410.61	13	19	ZCV_ZCZ	611.25	10
		421.08	13			621.78	10
		434.93	13			634.71	10
		447.35	13			658.9	10
7	ZMR_ZKY	421.08	8	20	ZPN_ZTQ	621.78	10
		434.93	8			634.71	10
		447.35	8			658.9	10
		471.83	8			674.76	10
8	ZVG_ZEC	434.93	7	21	ZSD_ZSH	634.71	10
		447.35	7			658.9	10
		471.83	7			674.76	10
		486.35	7			690.58	10
9	ZVP_ZEB	447.35	7	22	ZCZ_ZMA	658.9	11
		471.83	7			674.76	11
		486.35	7			690.58	11
		504.09	7			706.84	11
10	ZKY_ZMO	471.83	7	23	ZTQ_ZZL	674.76	11
		486.35	7			690.58	11
		504.09	7			706.84	11
		531.41	7			718.57	11
11	ZEC_ZRU	486.35	7	24	ZSH_ZDZ	690.58	11
		504.09	7			706.84	11
		531.41	7			718.57	11
		546.18	7			724.94	11
12	ZEB_ZSP	504.09	7	25	ZMA_ZTO	706.84	13
		531.41	7			718.57	13
		546.18	7			724.94	13
		550.64	7			742.65	13
13	ZMO_ZEH	531.41	16	26	ZZL_ZAR	718.57	13
		546.18	16			724.94	13
		550.64	16			742.65	13
		561.17	16			749.91	13

Cenário 4.2							
Trecho	Estações	Localização	capacidade	Trecho	Estações	Localização	capacidade
1	ZFS_ZJA	328.93	14	14	ZRU_ZUC	546.18	15
		336.13	14			550.64	15
		363.99	14			561.17	15
		376.49	14			580.5	15
2	ZTF_ZED	336.13	13	15	ZSP_ZCT	550.64	15
		363.99	13			561.17	15
		376.49	13			580.5	15
		392.59	13			597.77	15
3	ZUR_ZFN	363.99	14	16	ZEH_ZCV	561.17	15
		376.49	14			580.5	15
		392.59	14			597.77	15
		410.61	14			611.25	15
4	ZJA_ZMR	376.49	14	17	ZUC_ZPN	580.5	14
		392.59	14			597.77	14
		410.61	14			611.25	14
		421.08	14			621.78	14
5	ZED_ZVG	392.59	13	18	ZCT_ZSD	597.77	14
		410.61	13			611.25	14
		421.08	13			621.78	14
		434.93	13			634.71	14
6	ZFN_ZVP	410.61	18	19	ZCV_ZCZ	611.25	13
		421.08	18			621.78	13
		434.93	18			634.71	13
		447.35	18			658.9	13
7	ZMR_ZKY	421.08	12	20	ZPN_ZTQ	621.78	14
		434.93	12			634.71	14
		447.35	12			658.9	14
		471.83	12			674.76	14
8	ZVG_ZEC	434.93	11	21	ZSD_ZSH	634.71	14
		447.35	11			658.9	14
		471.83	11			674.76	14
		486.35	11			690.58	14
9	ZVP_ZEB	447.35	11	22	ZCZ_ZMA	658.9	15
		471.83	11			674.76	15
		486.35	11			690.58	15
		504.09	11			706.84	15
10	ZKY_ZMO	471.83	10	23	ZTQ_ZZL	674.76	15
		486.35	10			690.58	15
		504.09	10			706.84	15
		531.41	10			718.57	15
11	ZEC_ZRU	486.35	10	24	ZSH_ZDZ	690.58	15
		504.09	10			706.84	15
		531.41	10			718.57	15
		546.18	10			724.94	15
12	ZEB_ZSP	504.09	10	25	ZMA_ZTO	706.84	15
		531.41	10			718.57	15
		546.18	10			724.94	15
		550.64	10			742.65	15
13	ZMO_ZEH	531.41	15	26	ZZL_ZAR	718.57	15
		546.18	15			724.94	15
		550.64	15			742.65	15
		561.17	15			749.91	15

Cenário 4.3							
Trecho	Estações	Localização	capacidade	Trecho	Estações	Localização	capacidade
1	ZFS_ZJA	328.93	14	14	ZRU_ZUC	546.18	15
		336.13	14			550.64	15
		363.99	14			561.17	15
		376.49	14			580.5	15
2	ZTF_ZED	336.13	13	15	ZSP_ZCT	550.64	15
		363.99	13			561.17	15
		376.49	13			580.5	15
		392.59	13			597.77	15
3	ZUR_ZFN	363.99	16	16	ZEH_ZCV	561.17	15
		376.49	16			580.5	15
		392.59	16			597.77	15
		410.61	16			611.25	15
4	ZJA_ZMR	376.49	16	17	ZUC_ZPN	580.5	16
		392.59	16			597.77	16
		410.61	16			611.25	16
		421.08	16			621.78	16
5	ZED_ZVG	392.59	16	18	ZCT_ZSD	597.77	18
		410.61	16			611.25	18
		421.08	16			621.78	18
		434.93	16			634.71	18
6	ZFN_ZVP	410.61	18	19	ZCV_ZCZ	611.25	14
		421.08	18			621.78	14
		434.93	18			634.71	14
		447.35	18			658.9	14
7	ZMR_ZKY	421.08	14	20	ZPN_ZTQ	621.78	14
		434.93	14			634.71	14
		447.35	14			658.9	14
		471.83	14			674.76	14
8	ZVG_ZEC	434.93	14	21	ZSD_ZSH	634.71	14
		447.35	14			658.9	14
		471.83	14			674.76	14
		486.35	14			690.58	14
9	ZVP_ZEB	447.35	14	22	ZCZ_ZMA	658.9	17
		471.83	14			674.76	17
		486.35	14			690.58	17
		504.09	14			706.84	17
10	ZKY_ZMO	471.83	13	23	ZTQ_ZZL	674.76	18
		486.35	13			690.58	18
		504.09	13			706.84	18
		531.41	13			718.57	18
11	ZEC_ZRU	486.35	13	24	ZSH_ZDZ	690.58	16
		504.09	13			706.84	16
		531.41	13			718.57	16
		546.18	13			724.94	16
12	ZEB_ZSP	504.09	13	25	ZMA_ZTO	706.84	16
		531.41	13			718.57	16
		546.18	13			724.94	16
		550.64	13			742.65	16
13	ZMO_ZEH	531.41	17	26	ZZL_ZAR	718.57	16
		546.18	17			724.94	16
		550.64	17			742.65	16
		561.17	17			749.91	16

C.5 Cenário 5

Cenário 5.1							
Trecho	Estações	Localização	capacidade	Trecho	Estações	Localização	capacidade
1	ZFS_ZJA	328.93	15	14	ZRU_ZUC	546.18	18
		336.13	15			550.64	18
		363.99	15			561.17	18
		376.49	15			580.5	18
2	ZTF_ZED	336.13	15	15	ZSP_ZCT	550.64	17
		363.99	15			561.17	17
		376.49	15			580.5	17
		392.59	15			597.77	17
3	ZUR_ZFN	363.99	19	16	ZEH_ZCV	561.17	17
		376.49	19			580.5	17
		392.59	19			597.77	17
		410.61	19			611.25	17
4	ZJA_ZMR	376.49	19	17	ZUC_ZPN	580.5	19
		392.59	19			597.77	19
		410.61	19			611.25	19
		421.08	19			621.78	19
5	ZED_ZVG	392.59	19	18	ZCT_ZSD	597.77	20
		410.61	19			611.25	20
		421.08	19			621.78	20
		434.93	19			634.71	20
6	ZFN_ZVP	410.61	21	19	ZCV_ZCZ	611.25	16
		421.08	21			621.78	16
		434.93	21			634.71	16
		447.35	21			658.9	16
7	ZMR_ZKY	421.08	16	20	ZPN_ZTQ	621.78	16
		434.93	16			634.71	16
		447.35	16			658.9	16
		471.83	16			674.76	16
8	ZVG_ZEC	434.93	16	21	ZSD_ZSH	634.71	16
		447.35	16			658.9	16
		471.83	16			674.76	16
		486.35	16			690.58	16
9	ZVP_ZEB	447.35	15	22	ZCZ_ZMA	658.9	20
		471.83	15			674.76	20
		486.35	15			690.58	20
		504.09	15			706.84	20
10	ZKY_ZMO	471.83	15	23	ZTQ_ZZL	674.76	20
		486.35	15			690.58	20
		504.09	15			706.84	20
		531.41	15			718.57	20
11	ZEC_ZRU	486.35	15	24	ZSH_ZDZ	690.58	19
		504.09	15			706.84	19
		531.41	15			718.57	19
		546.18	15			724.94	19
12	ZEB_ZSP	504.09	14	25	ZMA_ZTO	706.84	18
		531.41	14			718.57	18
		546.18	14			724.94	18
		550.64	14			742.65	18
13	ZMO_ZEH	531.41	20	26	ZZL_ZAR	718.57	18
		546.18	20			724.94	18
		550.64	20			742.65	18
		561.17	20			749.91	18

C.6 Cenário 6

Cenário 6.1							
Trecho	Estações	Localização	capacidade	Trecho	Estações	Localização	capacidade
1	ZFS_ZJA	328.93	15	14	ZRU_ZUC	533.92	17
		344.82	15			550.64	17
		360.71	15			561.17	17
		376.49	15			580.5	17
2	ZTF_ZED	344.82	15	15	ZSP_ZCT	550.64	17
		360.71	15			561.17	17
		376.49	15			580.5	17
		392.59	15			597.77	17
3	ZUR_ZFN	360.71	19	16	ZEH_ZCV	561.17	17
		376.49	19			580.5	17
		392.59	19			597.77	17
		410.61	19			611.25	17
4	ZJA_ZMR	376.49	19	17	ZUC_ZPN	580.5	19
		392.59	19			597.77	19
		410.61	19			611.25	19
		421.08	19			621.78	19
5	ZED_ZVG	392.59	19	18	ZCT_ZSD	597.77	20
		410.61	19			611.25	20
		421.08	19			621.78	20
		434.93	19			634.71	20
6	ZFN_ZVP	410.61	21	19	ZCV_ZCZ	611.25	16
		421.08	21			621.78	16
		434.93	21			634.71	16
		447.35	21			658.9	16
7	ZMR_ZKY	421.08	16	20	ZPN_ZTQ	621.78	16
		434.93	16			634.71	16
		447.35	16			658.9	16
		464.84	16			674.76	16
8	ZVG_ZEC	434.93	16	21	ZSD_ZSH	634.71	16
		447.35	16			658.9	16
		464.84	16			674.76	16
		481.98	16			690.58	16
9	ZVP_ZEB	447.35	19	22	ZCZ_ZMA	658.9	20
		464.84	19			674.76	20
		481.98	19			690.58	20
		499.29	19			706.84	20
10	ZKY_ZMO	464.84	19	23	ZTQ_ZZL	674.76	20
		481.98	19			690.58	20
		499.29	19			706.84	20
		516.6	19			718.57	20
11	ZEC_ZRU	481.98	19	24	ZSH_ZDZ	690.58	19
		499.29	19			706.84	19
		516.6	19			718.57	19
		533.92	19			724.94	19
12	ZEB_ZSP	499.29	19	25	ZMA_ZTO	706.84	18
		516.6	19			718.57	18
		533.92	19			724.94	18
		550.64	19			742.65	18
13	ZMO_ZEH	516.6	20	26	ZZL_ZAR	718.57	18
		533.92	20			724.94	18
		550.64	20			742.65	18
		561.17	20			749.91	18

Cenário 6.2							
Trecho	Estações	Localização	capacidade	Trecho	Estações	Localização	capacidade
1	ZFS_ZJA	328.93	20	14	ZRU_ZUC	533.92	17
		344.82	20			550.64	17
		360.71	20			561.17	17
		376.49	20			580.5	17
2	ZTF_ZED	344.82	19	15	ZSP_ZCT	550.64	17
		360.71	19			561.17	17
		376.49	19			580.5	17
		392.59	19			597.77	17
3	ZUR_ZFN	360.71	19	16	ZEH_ZCV	561.17	17
		376.49	19			580.5	17
		392.59	19			597.77	17
		410.61	19			611.25	17
4	ZJA_ZMR	376.49	19	17	ZUC_ZPN	580.5	19
		392.59	19			597.77	19
		410.61	19			611.25	19
		421.08	19			621.78	19
5	ZED_ZVG	392.59	19	18	ZCT_ZSD	597.77	20
		410.61	19			611.25	20
		421.08	19			621.78	20
		434.93	19			634.71	20
6	ZFN_ZVP	410.61	21	19	ZCV_ZCZ	611.25	16
		421.08	21			621.78	16
		434.93	21			634.71	16
		447.35	21			658.9	16
7	ZMR_ZKY	421.08	19	20	ZPN_ZTQ	621.78	16
		434.93	19			634.71	16
		447.35	19			658.9	16
		464.84	19			674.76	16
8	ZVG_ZEC	434.93	19	21	ZSD_ZSH	634.71	16
		447.35	19			658.9	16
		464.84	19			674.76	16
		481.98	19			690.58	16
9	ZVP_ZEB	447.35	19	22	ZCZ_ZMA	658.9	20
		464.84	19			674.76	20
		481.98	19			690.58	20
		499.29	19			706.84	20
10	ZKY_ZMO	464.84	19	23	ZTQ_ZZL	674.76	20
		481.98	19			690.58	20
		499.29	19			706.84	20
		516.6	19			718.57	20
11	ZEC_ZRU	481.98	19	24	ZSH_ZDZ	690.58	19
		499.29	19			706.84	19
		516.6	19			718.57	19
		533.92	19			724.94	19
12	ZEB_ZSP	499.29	19	25	ZMA_ZTO	706.84	18
		516.6	19			718.57	18
		533.92	19			724.94	18
		550.64	19			742.65	18
13	ZMO_ZEH	516.6	20	26	ZZL_ZAR	718.57	18
		533.92	20			724.94	18
		550.64	20			742.65	18
		561.17	20			749.91	18

APÊNDICE D: ARQUIVO DA COMPOSIÇÃO

D Arquivo da composição

Neste arquivo é descrita a composição que é utilizada nas simulações. Na Figura D.1 temos a composição padrão usada na aplicação do modelo.

Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda
1	dsh9fn	fe	5000.00	1 1 1 1 0.000 0.000
1	dsh9fn	fe	5000.00	1 1 1 1 0.000 0.000
0	hopper		78.70	1 1 1 41 0.000 0.000

Figura D. 1 – Arquivo da composição

Cada linha do arquivo representa um bloco de veículos. As variáveis que fazem parte deste arquivo são apresentados a seguir, na Tabela B.1.

Tabela D.1: Descrição das variáveis do arquivo da composição (.CON)

CÓDIGO DO VEÍCULO 1 para locomotivas 0 para vagões
CÓDIGO IDENTIFICADOR DO VEÍCULO 6 caracteres para todos veículos
TIPO DE FRENAGEM DINÂMICA 2 caracteres para locomotivas 2 espaços para vagões
PESO DO COMBUSTÍVEL OU CARGA (tons)
INDICADOR DE ORIENTAÇÃO DA LOCOMOTIVA 0 voltada para frente 1 cabine voltada para trás Este valor é ignorado para os vagões
IDENTIFICADOR PARA O TOPO DOS TRAILERS OU CONTEINERS 6 caracteres para carga intermodal 6 espaços para carga não intermodal
IDENTIFICADOR PARA A BASE DOS TRAILERS OU CONTEINERS 6 caracteres para carga intermodal

6 espaços para carga não intermodal
INDICAÇÃO DA CONDIÇÃO DA PORTA DO VAGÃO 1 para fechada 0 para aberta
TIPO DO MANCAL DO VEÍCULO 1 para tipo T gasto 2 para tipo T novo 3 para tipo B gasto 4 para tipo B novo
TIPO DO TRUQUE DO VEÍCULO 1 para 3-peças gasto 2 para 3-peças novo 3 para radial 4 estrutura-reforçada 5 para prêmio 2 eixos 6 para eixo simples
NÚMERO DE VEÍCULOS POR BLOCO
COEFICIENTE DE RESISTÊNCIA DE RESISTÊNCIA NOS MANCAIS 0 para cálculo interno do simulador
COEFICIENTE DE RESISTÊNCIA DE ROLAMENTO 0 para cálculo interno do simulador

APÊNDICE E: PARÂMETROS DE CONFIGURAÇÃO

0 para não lubrificados 1 para lubrificados
CONDIÇÃO DO TRUQUE 0 para não lubrificados 1 para lubrificados
DISTÂNCIA EFETIVA DE LUBRIFICAÇÃO EM ft
REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ROLAMENTO EM lbs/ton
CONTROLE MANUAL DE INTERRUPÇÃO EM SEGUNDOS
POSIÇÃO INICIAL DA COMPOSIÇÃO E, NE, N, NW, W, SW, S ou SE
PARÂMETROS DE EXIBIÇÃO EFEITOS 0 sem som 1 com som DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE NA TELA EM MILHAS VISUALIZAÇÃO DO HORA DO DIA NA SIMULAÇÃO INICIAL 1 para noite 0 para crepúsculo -1 para dia TEMPO ATÉ A CHEGADA DO CREPÚSCULO EM HORAS DURAÇÃO INICIAL DO DIA EM HORAS DISTRIBUIÇÃO DE FORÇAS NA TELA 0 para não exibir 1 para exibir VALOR MÁXIMO DA FORÇA EXIBA NA TELA EM LIBRAS VELOCIDADE INSTÂNTANEA E LIMITE AO LONGO DA VIA 0 para não exibir 1 para exibir FATOR DE ESCALA PARA ELEVAÇÃO DA VIA

APÊNDICE F: ARQUIVO DE PARADAS

F Arquivo de paradas

Neste anexo é descrito o arquivo de paradas usado para simulação de cada subtrecho. O simulador de marcha, TEM 2.5 permite a inserção de até 20 paradas. Na Figura F.1 observa-se como exemplo o arquivo de paradas do subtrecho de Rio Preto Paulista (ZRU) a Uchoa (ZUC).

Figura F. 1 – Arquivo de paradas do subtrecho ZRU-ZUC

Cada linha do arquivo representa uma parada e sua descrição detalhada é apresentada a seguir, na Tabela F.1.

Tabela F.1: Descrição do arquivo de paradas (.STP)

POSIÇÃO DA PARADA NA VIA FÉRREA número em (mi) e (ft)
TEMPO DE PARADA Valor em minutos
CONDIÇÃO DA LOCOMOTIVA DURANTE A PARADA 0 se desligada 1 em espera

APÊNDICE G: RELATÓRIO DA SIMULAÇÃO

G Relatório da simulação

Neste anexo é apresentado o relatório gerado após as simulações. Na Figura G.1 observa-se o relatório gerado para a simulação do subtrecho de Rio Preto Paulista (ZRU) a Uchoa (ZUC).

T E M FUEL and ENERGY REPORT for SIMULATION	
OPERATIONS SUMMARY	
CONSIST	
No. Vehicle Blocks in Consist	3
No. Locomotives	2
No. Operating Leading Locomotives	2
No. Cars and Nonoperating Locos	41
No. Operating Helpers	0
Total Train Length	2318 feet
Total Train Power (at the rail)	7860 hp
Total Train weight	4927 Tons
Weight of Fuel	35 Tons
Weight of Lading	3227 Tons
Empty Train weight	1665 Tons
Maximum Power/weight	1.59 hp/Ton
TRACK	
No. Stops	3
Total Distance Traveled	21 mi 2132 ft
Total Elapsed Time	2 h 5 m 51 s
Over-the-Road Time	1 h 35 m 18 s
Dwell Time	0 h 30 m 33 s
Average Over-the-Road Speed	13 MPH
TOTAL FUEL CONSUMPTION	126 gal
Diesel Fuel/work	53 gal/khph

Figura G. 1 – Resumo da operação para o subtrecho ZRU-ZUC (.RPT)

O arquivo contém informações sobre a composição, o trecho simulado e o consumo de combustível. Nele também é descrito o número de locomotivas, incluindo locomotivas auxiliares(*helpers*), vagões, comprimento e pesos da composição. Em relação ao desempenho do trem é mostrado o número e tempo de paradas efetuadas, a distância total percorrida e a velocidade média.

Além do resumo sobre a composição e operação o arquivo completo permite verificar o consumo de combustível por pontos de tração, o ciclo de rendimento, o

consumo de combustível por velocidade e por resistência, o trabalho realizado de cada força e a operação do motor de tração abaixo da velocidade contínua mínima (12.1 mph).

APÊNDICE H: ARQUIVO DE SAÍDA DO SIMULADOR

H Arquivo de saída

O arquivo de saída contém dados da movimentação dos trens normalmente para um intervalo de simulação determinado, no caso da aplicação os dados foram gerados para cada 30 segundos de simulação.

As informações contidas no arquivo (Tabela H.1) podem ser usadas para avaliar vários fatores de desempenho do trem.

Tabela H.1: Descrição do arquivo de saída do simulador (.OUT)

TEMPO GASTO PELA COMPOSIÇÃO horas, minutos e segundos
DISTÂNCIA PERCORRIDA em (mi) e (ft)
VELOCIDADE LIMITE DO TREM em mph
ACELERAÇÃO DO TREM em mph/min
CONSUMO ACUMULADO DE COMBUSTÍVEIS em galão
PONTO DE TRAÇÃO DA LOCOMOTIVA CONDUTORA
PONTO DE FRENAGEM DINÂMICA DA LOCOMOTIVA CONDUTORA
PRESSÃO NOS TUBOS DE FREIO A AR COMPRIMIDO em PSI
PRESSÃO NOS TUBOS DE FREIO INDEPENDENTE em PSI
ELEVAÇÃO DO PRIMEIRO VEÍCULO DO TREM em (ft)
VELOCIDADE INSTÂNTANEA DO TREM em mph
FORÇA DE TRAÇÃO em lbs

PONTO DE TRAÇÃO DA LOCOMOTIVA AUXILIAR
PONTO DE FRENAGEM DINÂMICA DA LOCOMOTIVA AUXILIAR
COEFICIENTE DE RESISTÊNCIA DE ROLAMENTO em lbs/ton
ÂNGULO DE DIREÇÃO DO VEÍCULO LÍDER NO TREM em graus
PROJEÇÃO DA POSIÇÃO AO LONGO DE UMA TANGENTE PARA A PARTE FRONTAL em (mi)
PROJEÇÃO DA POSIÇÃO AO LONGO DE UMA NORMAL PARA A PARTE FRONTAL em (mi)
INDICADOR PARA O MOTOR DE TRAÇÃO OPERANDO EM VELOCIDADES ABAIXO DA VELOCIDADE MÍNIMA
DIREÇÃO DO VEÍCULO NO INÍCIO DO TREM

ANEXO A: ARQUIVO DA VIA

A Arquivo da via

Este anexo contém todas as informações relativas à linha ferroviária de Santa Fé do Sul a Araraquara utilizada pelo simulador de desempenho do trem. As variáveis que fazem parte deste arquivo são apresentadas a seguir na Tabela A.1.

Alguns desses valores, como a posição, elevação, grau de curva e velocidade tiveram seus valores convertidos. Na Tabela A.1 são expostos também os valores respectivos para o código 1 (c 1) e o código 2 (c 2):

Código 1: código característico da instalação na via férrea

- 2 ponte
- 3 viaduto
- 5 passagem de nível
- 8 estação

Código 2: código característico do desvio

- 1 linha do desvio
- 2 chave direita do desvio
- 3 chave esquerda do desvio

Tabela A.1: Arquivo da via (.TRK)

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1076043,5	327,98	1279,3	389,93	0,36	2,91	600,19	12	19,31	ZSF - FIM	0	2
1076286	328,05	1280,2	390,20	0,5	2,91	600,19	43	69,20		0	1
1076552	328,13	1281,5	390,60	0,5	0	0,00	43	69,20		0	1
1078320,3	328,67	1290,4	393,31	0,5	-1,52	1148,96	43	69,20		0	1
1078323,5	328,67	1290,4	393,31	0,5	1,52	1148,96	43	69,20	KM 421	0	1
1079160	328,93	1294,6	394,59	0,5	1,52	1148,96	43	69,20		0	1
1079163,5	328,93	1294,6	394,59	0,5	1,52	1148,96	43	69,20	SANTA FE DO SUL	8	1
1079406,3	329,00	1295,8	394,96	0,5	0	0,00	43	69,20		0	1
1080216,5	329,25	1299,9	396,21	0,5	0	0,00	43	69,20		0	1
1080269	329,27	1300,1	396,27	0,5	0	0,00	12	19,31	ZSF - INICIO	0	3
1081079,5	329,51	1304,2	397,52	0,5	1,52	1148,96	43	69,20		0	0
1081601	329,67	1306,8	398,31	0,5	1,52	1148,96	43	69,20		0	0
1081604,5	329,67	1306,8	398,31	0,5	1,52	1148,96	43	69,20	KM 420	0	0
1082916,8	330,07	1313,4	400,32	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1084147	330,45	1319,5	402,18	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1084882	330,67	1323,2	403,31	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1084885,3	330,67	1323,2	403,31	0,5	-2,79	626,00	43	69,20	KM 419	0	0
1085650	330,91	1327	404,47	0,5	-2,79	626,00	25	40,23		0	0
1086722,5	331,23	1332,4	406,12	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1087706,8	331,53	1337,3	407,61	0,5	2,79	626,00	25	40,23		0	0
1088162,8	331,67	1339,6	408,31	0,5	2,79	626,00	25	40,23		0	0
1088166	331,67	1339,6	408,31	0,5	2,79	626,00	25	40,23	KM 418	0	0
1090922	332,51	1353,4	412,52	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1091443,5	332,67	1356	413,31	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1091447	332,67	1356	413,31	0,5	0	0,00	25	40,23	KM 417	0	0
1093021,8	333,15	1363,9	415,72	0,5	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
1094724,5	333,67	1372,4	418,31	0,5	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
1094727,8	333,67	1372,4	418,31	0,5	-2,24	779,68	25	40,23	KM 416	0	0
1095482,3	333,90	1376,2	419,47	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1097916,5	334,64	1388,4	423,18	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1098005,3	334,67	1388,8	423,31	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1098008,5	334,67	1388,8	423,31	0	0	0,00	43	69,20	KM 415	0	0
1098080	334,69	1388,8	423,31	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1098407,3	334,79	1388,8	423,31	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	5	0
1098570,8	334,84	1388,8	423,31	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1101286	335,67	1388,8	423,31	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1101289,5	335,67	1388,8	423,31	0	0	0,00	25	40,23	KM 414	0	0
1101322,3	335,68	1388,8	423,31	0	-2,79	626,00	25	40,23		0	0
1101486,3	335,73	1388,8	423,31	0,5	-2,79	626,00	25	40,23		0	0
1101798	335,83	1390,4	423,79	0,5	-2,79	626,00	25	40,23		0	0
1101850,5	335,84	1390,6	423,85	0,5	-2,79	626,00	25	40,23	ZTF - FIM	0	2
1102788,8	336,13	1395,3	425,29	0,5	-2,79	626,00	25	40,23		0	1
1102792	336,13	1395,3	425,29	0,5	-2,79	626,00	25	40,23	TRES FRONTEIRAS	8	1
1103615,5	336,38	1399,5	426,57	0,5	-2,79	626,00	25	40,23		0	1
1103668	336,40	1399,7	426,63	0,5	-2,79	626,00	25	40,23	ZTF - INICIO	0	3
1103717,3	336,41	1400	426,72	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1104406,3	336,62	1403,4	427,76	0,5	2,79	626,00	25	40,23		0	0
1104567	336,67	1404,2	428,00	0,5	2,79	626,00	25	40,23		0	0
1104570,3	336,67	1404,2	428,00	0,5	2,79	626,00	25	40,23	KM 413	0	0
1106079,5	337,13	1411,8	430,32	0	2,79	626,00	25	40,23		0	0
1107195	337,47	1411,8	430,32	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1107654,3	337,61	1411,8	430,32	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1107847,8	337,67	1410,8	430,01	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1107851	337,67	1410,8	430,01	-0,5	0	0,00	25	40,23	KM 412	0	0
1107916,8	337,69	1410,5	429,92	-0,5	-2,79	626,00	25	40,23		0	0
1110213,3	338,39	1399	426,42	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1110869,5	338,59	1395,7	425,41	-0,5	2,18	801,14	25	40,23		0	0
1111128,8	338,67	1394,4	425,01	-0,5	2,18	801,14	25	40,23		0	0
1111132	338,67	1394,4	425,01	-0,5	2,18	801,14	25	40,23	KM 411	0	0
1112636,5	339,13	1386,9	422,73	-0,5	2,18	801,14	25	40,23		0	0
1112838	339,19	1385,9	422,42	0	2,18	801,14	43	69,20		0	0
1113494	339,39	1385,9	422,42	0,5	2,18	801,14	43	69,20		0	0
1114409,5	339,67	1390,4	423,79	0,5	2,18	801,14	43	69,20		0	0
1114412,8	339,67	1390,4	423,79	0,5	2,18	801,14	43	69,20	KM 110	0	0
1114937,8	339,83	1393,1	424,62	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1116742,3	340,38	1402,1	427,36	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1117690,3	340,67	1402,1	427,36	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1117693,5	340,67	1402,1	427,36	0	0	0,00	43	69,20	KM 409	0	0
1118743,5	340,99	1402,1	427,36	0	-2,79	626,00	43	69,20		0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1120971,3	341,67	1402,1	427,36	0	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1120974,5	341,67	1402,1	427,36	0	-2,79	626,00	43	69,20	KM 408	0	0
1121499,5	341,83	1402,1	427,36	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1121958,8	341,97	1402,1	427,36	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1122615	342,17	1405,4	428,37	0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1123369,5	342,40	1409,1	429,49	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1124252	342,67	1413,6	430,87	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1124255,3	342,67	1413,6	430,87	0,5	0	0,00	43	69,20	KM 407	0	0
1125108,3	342,93	1417,8	432,15	0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1127533	343,67	1430	435,86	0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1127536	343,67	1430	435,86	0,5	2,79	626,00	43	69,20	KM 406	0	0
1127864,3	343,77	1431,6	436,35	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1129996,8	344,42	1442,3	439,61	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1130813,8	344,67	1446,4	440,86	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1130817	344,67	1446,4	440,86	0,5	-2,79	626,00	43	69,20	KM 405	0	0
1131538,8	344,89	1450	441,96	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1134094,5	345,67	1462,8	445,86	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1134097,8	345,67	1462,8	445,86	0,5	0	0,00	43	69,20	KM 404	0	0
1135508,5	346,10	1469,8	448,00	0,5	-2,24	779,68	43	69,20		0	0
1136624	346,44	1475,4	449,70	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1137375,5	346,67	1479,2	450,86	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1137378,8	346,67	1479,2	450,86	0,5	0	0,00	43	69,20	KM 403	0	0
1138231,8	346,93	1483,5	452,17	0,5	-2,24	779,68	43	69,20		0	0
1139741	347,39	1491	454,46	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1140656,3	347,67	1495,6	455,86	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1140659,5	347,67	1495,6	455,86	0,5	0	0,00	43	69,20	KM 402	0	0
1140823,5	347,72	1496,4	456,10	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1141840,5	348,03	1496,4	456,10	0	2,18	801,14	43	69,20		0	0
1142726,5	348,30	1496,4	456,10	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1143937	348,67	1496,4	456,10	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1143940,3	348,67	1496,4	456,10	0	0	0,00	43	69,20	KM 401	0	0
1145538	349,16	1496,4	456,10	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1145541,5	349,16	1496,4	456,10	0	0	0,00	43	69,20	PIMENTA BUENO (demolida)	8	0
1147218	349,67	1496,4	456,10	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1147221,3	349,67	1496,4	456,10	0	0	0,00	43	69,20	KM 400	0	0
1147352,5	349,71	1496,4	456,10	0,47	0	0,00	43	69,20		0	0
1149845,8	350,47	1508,1	459,67	0,47	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1150498,8	350,67	1511,2	460,61	0,47	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1150502	350,67	1511,2	460,61	0,47	2,79	626,00	43	69,20	KM 399	0	0
1150797,3	350,76	1512,6	461,04	0,47	0	0,00	43	69,20		0	0
1151486,3	350,97	1515,8	462,02	0,47	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1152601,8	351,31	1521,1	463,63	0	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1153779,5	351,67	1521,1	463,63	0	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1153783	351,67	1521,1	463,63	0	-2,79	626,00	43	69,20	KM 398	0	0
1153848,5	351,69	1521,1	463,63	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1154668,8	351,94	1521,1	463,63	0	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1156309	352,44	1521,1	463,63	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1157060,5	352,67	1521,1	463,63	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1157063,8	352,67	1521,1	463,63	0	0	0,00	43	69,20	KM 397	0	0
1158104,5	352,99	1521,1	463,63	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1159524,3	353,42	1521,1	463,63	0	2,18	801,14	25	40,23		0	0
1160147,8	353,61	1521,1	463,63	0,5	2,18	801,14	25	40,23		0	0
1160341,3	353,67	1522	463,91	0,5	2,18	801,14	25	40,23		0	0
1160344,5	353,67	1522	463,91	0,5	2,18	801,14	25	40,23	KM 396	0	0
1160394,3	353,69	1522,3	464,00	0,5	2,18	801,14	25	40,23		0	0
1161492,8	354,02	1527,8	465,67	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1163100,5	354,51	1535,8	468,11	0,5	-2,18	801,14	43	69,20		0	0
1163622	354,67	1538,4	468,90	0,5	-2,18	801,14	43	69,20		0	0
1163625,5	354,67	1538,4	468,90	0,5	-2,18	801,14	43	69,20	KM 395	0	0
1164084,8	354,81	1540,7	469,61	0	-2,18	801,14	43	69,20		0	0
1164576,8	354,96	1540,7	469,61	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1165265,8	355,17	1540,7	469,61	0	-1,52	1148,96	43	69,20		0	0
1166903	355,67	1540,7	469,61	0	-1,52	1148,96	43	69,20		0	0
1166906,3	355,67	1540,7	469,61	0	-1,52	1148,96	43	69,20	KM 394	0	0
1167759,3	355,93	1540,7	469,61	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1170183,8	356,67	1540,7	469,61	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1170187	356,67	1540,7	469,61	0	0	0,00	43	69,20	KM 393	0	0
1170958	356,91	1540,7	469,61	0	2,24	779,68	43	69,20		0	0
1173464,5	357,67	1540,7	469,61	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1173468	357,67	1540,7	469,61	0	0	0,00	43	69,20	KM 392	0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1174452	357,97	1540,7	469,61	0	-2,18	801,14	43	69,20		0	0
1175994	358,44	1540,7	469,61	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1176745,5	358,67	1540,7	469,61	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1176748,8	358,67	1540,7	469,61	0	0	0,00	43	69,20	KM 391	0	0
1176847,3	358,70	1540,7	469,61	0	2,39	730,75	43	69,20		0	0
1178202	359,12	1540,7	469,61	0	2,39	730,75	43	69,20		0	0
1178205,5	359,12	1540,7	469,61	0	2,39	730,75	43	69,20	SANTA SALETE (demolida)	8	0
1178553,3	359,22	1540,7	469,61	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1179701,5	359,57	1540,7	469,61	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1179734,3	359,58	1540,9	469,67	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1180026,3	359,67	1542,4	470,12	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1180029,5	359,67	1542,4	470,12	0,5	-2,79	626,00	43	69,20	KM 390	0	0
1182654,3	360,47	1555,5	474,12	0	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1182720	360,49	1555,5	474,12	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1183307	360,67	1555,5	474,12	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1183310,5	360,67	1555,5	474,12	0	0	0,00	43	69,20	KM 389	0	0
1183376	360,69	1555,5	474,12	0	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1183966,5	360,87	1555,5	474,12	0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1186588	361,67	1568,6	478,11	0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1186591,3	361,67	1568,6	478,11	0,5	2,79	626,00	43	69,20	KM 388	0	0
1187969,3	362,09	1575,5	480,21	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1188592,5	362,28	1578,6	481,16	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1189868,8	362,67	1585	483,11	0	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1189872	362,67	1585	483,11	0	-2,79	626,00	43	69,20	KM 387	0	0
1190790,8	362,95	1585	483,11	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1193126,8	363,67	1585	483,11	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1193149,8	363,67	1585	483,11	0	0	0,00	43	69,20	ZUR - FIM	0	2
1193153	363,67	1585	483,11	-0,5	0	0,00	43	69,20	KM 386	0	1
1194199,5	363,99	1579,8	481,52	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	1
1194202,8	363,99	1579,8	481,52	-0,5	0	0,00	43	69,20	URANIA	8	1
1194413,8	364,06	1578,7	481,19	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	1
1195384	364,35	1573,9	479,72	-0,5	1,73	1009,50	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
1195387,3	364,35	1573,8	479,69	-0,5	1,73	1009,50	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
1195439,8	364,37	1573,6	479,63	-0,5	1,73	1009,50	19	30,58	ZUR - INICIO	0	3
1195777,5	364,47	1571,9	479,12	0	1,73	1009,50	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
1196245,5	364,62	1571,9	479,12	0	1,73	1009,50	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
1196430,5	364,67	1571,9	479,12	0,5	1,73	1009,50	43	69,20		0	0
1196433,8	364,67	1571,9	479,12	0,5	1,73	1009,50	43	69,20	KM 385	0	0
1197352,5	364,95	1576,5	480,52	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1199711,3	365,67	1588,3	484,11	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1199714,5	365,67	1588,3	484,11	0,5	0	0,00	43	69,20	KM 384	0	0
1200628,8	365,95	1592,9	485,52	0,5	0	0,00	31	49,89		0	0
1201610	366,25	1597,8	487,01	0,5	0	0,00	31	49,89		0	0
1202992,3	366,67	1604,7	489,11	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1202995,5	366,67	1604,7	489,11	0,5	0	0,00	43	69,20	KM 383	0	0
1204045,3	366,99	1610	490,73	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1206273	367,67	1621,1	494,11	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1206276,3	367,67	1621,1	494,11	0,5	-2,79	626,00	43	69,20	KM 382	0	0
1206342	367,69	1621,5	494,23	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1207063,8	367,91	1625,1	495,33	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1208146,5	368,24	1630,5	496,98	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1209133,5	368,54	1635,4	498,47	0,5	0	0,00	31	49,89		0	0
1209554	368,67	1637,5	499,11	0,5	0	0,00	31	49,89		0	0
1209557	368,67	1637,5	499,11	0,5	0	0,00	31	49,89	KM 381	0	0
1210769	369,04	1643,6	500,97	0,5	0	0,00	31	49,89		0	0
1212834,8	369,67	1653,9	504,11	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1212838	369,67	1653,9	504,11	0,5	0	0,00	43	69,20	KM 380	0	0
1213002	369,72	1654,8	504,38	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1214823	370,28	1663,9	507,16	0	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1215233	370,40	1663,9	507,16	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1215790,8	370,57	1663,9	507,16	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1216115,5	370,67	1665,5	507,64	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1216118,8	370,67	1665,5	507,64	0,5	2,79	626,00	43	69,20	KM 379	0	0
1217431	371,07	1672,1	509,66	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1219396,5	371,67	1681,9	512,64	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1219399,8	371,67	1681,9	512,64	0,5	0	0,00	43	69,20	KM 378	0	0
1219924,5	371,83	1684,5	513,44	0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1221565	372,33	1692,7	515,93	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1222254	372,54	1696,2	517,00	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1222677,3	372,67	1698,3	517,64	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1222680,5	372,67	1698,3	517,64	0,5	-2,79	626,00	43	69,20	KM 377	0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1223008,5	372,77	1699,9	518,13	0	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1223992,8	373,07	1699,9	518,13	-0,5	-2,78	628,25	43	69,20		0	0
1224419,3	373,20	1697,8	517,49	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1225958	373,67	1690,1	515,14	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1225961,3	373,67	1690,1	515,14	-0,5	0	0,00	43	69,20	KM 376	0	0
1226617,5	373,87	1686,8	514,14	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1227142,5	374,03	1686,8	514,14	0	1,52	1148,96	43	69,20		0	0
1228760	374,53	1686,8	514,14	0	1,52	1148,96	43	69,20		0	0
1228979,8	374,59	1686,8	514,14	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
1229239	374,67	1686,8	514,14	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
1229242,3	374,67	1686,8	514,14	0	0	0,00	19	30,58	KM 375	0	0
1231540,5	375,37	1686,8	514,14	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
1232519,8	375,67	1686,8	514,14	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1232523	375,67	1686,8	514,14	0	0	0,00	43	69,20	KM 374	0	0
1232613	375,70	1686,8	514,14	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1233221,8	375,89	1686,8	514,14	0	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	0
1233274,3	375,90	1686,8	514,14	0	0	0,00	19	30,58	ZJA - FIM	0	2
1235147,8	376,47	1686,8	514,14	0,5	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
1235193,5	376,49	1687,1	514,23	0,5	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
1235197	376,49	1687,1	514,23	0,5	0	0,00	19	30,58	JALES	8	1
1235800,5	376,67	1690,1	515,14	0,5	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
1235804	376,67	1690,1	515,14	0,5	0	0,00	19	30,58	KM 373	0	1
1236342	376,84	1692,8	515,97	0,5	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
1236394,5	376,85	1693,1	516,06	0,5	0	0,00	19	30,58	ZJA - INICIO	0	3
1236588,3	376,91	1694	516,33	0,5	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	0
1239081,5	377,67	1706,5	520,14	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1239084,8	377,67	1706,5	520,14	0,5	0	0,00	43	69,20	KM 372	0	0
1239937,8	377,93	1710,8	521,45	0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1241479,8	378,40	1718,5	523,80	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1242362,3	378,67	1722,9	525,14	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1242365,5	378,67	1722,9	525,14	0,5	0	0,00	43	69,20	KM 371	0	0
1242628	378,75	1724,2	525,54	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1243021,8	378,87	1726,2	526,15	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1243678	379,07	1729,5	527,15	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1245613,5	379,66	1739,2	530,11	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1245643	379,67	1739,3	530,14	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1245646,5	379,67	1739,3	530,14	0,5	0	0,00	43	69,20	KM 370	0	0
1248924	380,67	1755,7	535,14	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1248927,3	380,67	1755,7	535,14	0,5	0	0,00	43	69,20	KM 369	0	0
1251945,5	381,59	1770,8	539,74	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1252044	381,62	1770,8	539,74	0	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1252204,8	381,67	1770,8	539,74	0	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1252208	381,67	1770,8	539,74	0	2,79	626,00	43	69,20	KM 368	0	0
1252601,8	381,79	1770,8	539,74	-0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1254078	382,24	1763,4	537,48	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1254898,3	382,49	1759,3	536,23	-0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1255485,5	382,67	1756,4	535,35	-0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1255489	382,67	1756,4	535,35	-0,5	-2,79	626,00	43	69,20	KM 367	0	0
1257457,5	383,27	1746,5	532,33	-0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1258310,5	383,53	1742,3	531,05	-0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1258766,5	383,67	1740	530,35	-0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1258769,8	383,67	1740	530,35	-0,5	2,79	626,00	43	69,20	KM 366	0	0
1259852,5	384,00	1734,6	528,71	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1261952	384,64	1724,1	525,51	-0,5	-2,18	801,14	43	69,20		0	0
1262047,3	384,67	1723,6	525,35	-0,5	-2,18	801,14	43	69,20		0	0
1262050,5	384,67	1723,6	525,35	-0,5	-2,18	801,14	43	69,20	KM 365	0	0
1262969,3	384,95	1719	523,95	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1263428,5	385,09	1719	523,95	-0,53	0	0,00	43	69,20		0	0
1265328	385,67	1708,9	520,87	-0,53	-2,18	801,14	43	69,20		0	0
1265331,5	385,67	1708,9	520,87	-0,53	-2,18	801,14	43	69,20	KM 364	0	0
1266184,5	385,93	1704,4	519,50	-0,53	0	0,00	43	69,20		0	0
1267334,5	386,28	1698,3	517,64	-0,53	0	0,00	16	25,75		0	0
1268609	386,67	1691,5	515,57	0,53	0	0,00	16	25,75		0	0
1268612,3	386,67	1691,5	515,57	0,53	0	0,00	16	25,75	KM 363	0	0
1268973	386,78	1693,4	516,15	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1269544,5	386,96	1693,4	516,15	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1269662	386,99	1693,4	516,15	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1269793,5	387,03	1692,8	515,97	-0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1271889,8	387,67	1682,3	512,77	-0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1271893	387,67	1682,3	512,77	-0,5	2,79	626,00	43	69,20	KM 362	0	0
1272024,3	387,71	1681,6	512,55	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1272877,3	387,97	1677,4	511,27	-0,5	-2,18	801,14	43	69,20		0	0
1275170,5	388,67	1665,9	507,77	-0,5	-2,18	801,14	43	69,20		0	0
1275174	388,67	1665,9	507,77	-0,5	-2,18	801,14	43	69,20	KM 361	0	0
1275338	388,72	1665,1	507,52	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1277667,5	389,43	1653,4	503,96	-0,5	1,52	1148,96	43	69,20		0	0
1278258	389,61	1650,5	503,07	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1278451,5	389,67	1649,5	502,77	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1278454,8	389,67	1649,5	502,77	-0,5	0	0,00	43	69,20	KM 360	0	0
1278881,3	389,80	1647,3	502,10	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1279832,8	390,09	1647,3	502,10	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1281732,3	390,67	1656,8	504,99	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1281735,5	390,67	1656,9	505,02	0,5	0	0,00	43	69,20	KM 359	0	0
1282490,3	390,90	1660,6	506,15	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1283113,5	391,09	1660,6	506,15	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1283638,5	391,25	1658	505,36	-0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1285013,3	391,67	1651,1	503,26	-0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1285016,5	391,67	1651,1	503,26	-0,5	-2,79	626,00	43	69,20	KM 358	0	0
1285115	391,70	1650,6	503,10	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1285410	391,79	1649,2	502,68	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1287090	392,31	1649,2	502,68	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1287142,5	392,32	1649,2	502,68	0	0	0,00	43	69,20	ZED - FIM	0	2
1288021,8	392,59	1649,2	502,68	0	0	0,00	43	69,20		0	1
1288025	392,59	1649,2	502,68	0	0	0,00	43	69,20	ESTRELA D'OESTE	8	1
1288294	392,67	1649,2	502,68	0	0	0,00	43	69,20		0	1
1288297,3	392,67	1649,2	502,68	0	0	0,00	43	69,20	KM 357	0	1
1289471,8	393,03	1649,2	502,68	0	0	0,00	43	69,20		0	1
1289524,3	393,05	1649,2	502,68	0	0	0,00	43	69,20	ZED - INICIO	0	3
1290036	393,20	1649,2	502,68	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1290200,3	393,25	1650	502,92	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1290659,5	393,39	1652,3	503,62	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1291414	393,62	1656	504,75	0,5	2,24	779,68	43	69,20		0	0
1292972,5	394,10	1663,8	507,13	0	2,24	779,68	43	69,20		0	0
1293628,8	394,30	1663,8	507,13	-0,5	2,24	779,68	43	69,20		0	0
1295597,3	394,90	1654	504,14	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1297106,3	395,36	1646,4	501,82	-0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1297254,5	395,40	1645,7	501,61	-0,5	2,79	626,00	25	40,23		0	0
1298008,5	395,63	1641,9	500,45	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1298205,5	395,69	1641	500,18	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1298954,5	395,92	1641	500,18	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1299189,8	395,99	1641	500,18	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1300137,8	396,28	1645,7	501,61	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1303471,3	397,30	1662,4	506,70	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1305275,5	397,85	1671,4	509,44	0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1307326,3	398,47	1681,6	512,55	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1309475	399,13	1692,4	515,84	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1310344,5	399,39	1696,7	517,15	0	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1312122,8	399,94	1696,7	517,15	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1313372,8	400,32	1696,7	517,15	0	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1315282,3	400,90	1696,7	517,15	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1316515,8	401,27	1696,7	517,15	0	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1317710	401,64	1696,7	517,15	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1318415,5	401,85	1696,7	517,15	0	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1319337,3	402,13	1696,7	517,15	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1321171,3	402,69	1696,7	517,15	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1326420,5	404,29	1723	525,17	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1330029,5	405,39	1723	525,17	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1331998	405,99	1713,1	522,15	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1334557	406,77	1713,1	522,15	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1336394,5	407,33	1722,3	524,96	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1336813,5	407,46	1724,4	525,60	0,5	-2,79	626,00	43	69,20		0	0
1336881,5	407,48	1724,8	525,72	0,5	-2,79	626,00	19	30,58	PN - Rodovia	5	0
1338379,3	407,94	1732,2	527,97	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1339068,3	408,15	1735,7	529,04	0,5	2,79	626,00	43	69,20		0	0
1340905,5	408,71	1744,9	531,85	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1343743,5	409,57	1759,1	536,17	0,5	2,24	779,68	43	69,20		0	0
1344458,8	409,79	1762,6	537,24	0	2,24	779,68	43	69,20		0	0
1344859	409,91	1762,6	537,24	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1345446,3	410,09	1762,6	537,24	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1345498,8	410,11	1762,6	537,24	0	0	0,00	19	30,58	ZFN - FIM	0	2
1347057	410,58	1762,6	537,24	0	-3,96	441,09	43	69,20		0	1
1347122,8	410,60	1762,6	537,24	0	-3,96	441,09	43	69,20		0	1

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1347126	410,60	1762,6	537,24	0	-3,96	441,09	43	69,20	FERNANDOPOLIS	8	1
1347355,3	410,67	1762,6	537,24	0	-3,96	441,09	19	30,58		0	1
1347586,3	410,74	1762,6	537,24	0	-3,96	441,09	19	30,58		0	1
1347975,8	410,86	1762,6	537,24	0	0	0,00	43	69,20		0	1
1348107	410,90	1762,6	537,24	0	0	0,00	43	69,20		0	1
1348159,5	410,92	1762,6	537,24	0	0	0,00	19	30,58	ZFN - INICIO	0	3
1348792,8	411,11	1762,6	537,24	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1350525	411,64	1754	534,62	-0,5	3,35	521,38	43	69,20		0	0
1351430,5	411,92	1749,5	533,25	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1351755,3	412,02	1747,8	532,73	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1352342,5	412,19	1747,8	532,73	0	-3,35	521,38	43	69,20		0	0
1354107,8	412,73	1747,8	532,73	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1355242,8	413,08	1747,8	532,73	0	3,35	521,38	43	69,20		0	0
1357716,5	413,83	1747,8	532,73	-0,5	3,35	521,38	43	69,20		0	0
1358441,5	414,05	1744,2	531,63	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1360994	414,83	1731,4	527,73	-0,5	-1,73	1009,50	43	69,20		0	0
1361657	415,03	1728,1	526,72	0	-1,73	1009,50	43	69,20		0	0
1361739	415,06	1728,1	526,72	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1363110,3	415,48	1728,1	526,72	0	-2,18	801,14	43	69,20		0	0
1364019	415,75	1728,1	526,72	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1365922	416,33	1728,1	526,72	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1366709,5	416,57	1724,2	525,54	-0,5	3,96	441,09	43	69,20		0	0
1368087,3	416,99	1717,3	523,43	-0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1369918	417,55	1708,1	520,63	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1370197	417,64	1708,1	520,63	0	-4,32	404,35	43	69,20		0	0
1371932,5	418,17	1708,1	520,63	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1372211,3	418,25	1708,1	520,63	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1372690,3	418,40	1710,5	521,36	0,5	4,32	404,35	43	69,20		0	0
1373379,3	418,61	1714	522,43	0,5	0	0,00	43	69,20		0	0
1374107,8	418,83	1717,6	523,52	0,5	-3,96	441,09	43	69,20		0	0
1374179,8	418,85	1718	523,65	0	-3,96	441,09	43	69,20		0	0
1375551,3	419,27	1718	523,65	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1376387,8	419,52	1718	523,65	0	3,35	521,38	43	69,20		0	0
1377798,5	419,95	1718	523,65	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1378661,5	420,22	1718	523,65	0	-4,32	404,35	43	69,20		0	0
1379734,3	420,54	1718	523,65	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1380495,5	420,78	1718	523,65	0	0	0,00	43	69,20		0	0
1380548	420,79	1718	523,65	0	0	0,00	43	69,20	ZMR - FIM	0	2
1381151,5	420,97	1718	523,65	0	3,35	521,38	43	69,20		0	1
1381502,8	421,08	1718	523,65	0	3,35	521,38	28	45,06		0	1
1381506	421,08	1718	523,65	0	3,35	521,38	28	45,06	MERIDIANO	8	1
1382805,3	421,48	1718	523,65	0	3,35	521,38	28	45,06		0	1
1382857,8	421,50	1718	523,65	0	3,35	521,38	28	45,06	ZMR - INICIO	0	3
1383179,3	421,59	1718	523,65	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1383468	421,68	1718	523,65	-0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1384101	421,87	1714,8	522,67	-0,5	-3	582,19	28	45,06		0	0
1385466	422,29	1708	520,60	0	-3	582,19	28	45,06		0	0
1385482,3	422,29	1708	520,60	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1386269,8	422,54	1708	520,60	0	3,35	521,38	28	45,06		0	0
1387460,8	422,90	1708	520,60	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1388484,3	423,21	1708	520,60	0	-3,96	441,09	28	45,06		0	0
1389741	423,59	1708	520,60	-0,5	-3,96	441,09	28	45,06		0	0
1390659,5	423,87	1703,4	519,20	-0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1391443,5	424,11	1699,5	518,01	-0,5	4,32	404,35	28	45,06		0	0
1392365,5	424,39	1694,9	516,61	0	4,32	404,35	28	45,06		0	0
1393153	424,63	1694,9	516,61	0,5	4,32	404,35	28	45,06		0	0
1393290,8	424,68	1695,6	516,82	0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1395200,3	425,26	1705,1	519,71	0,5	-2,18	801,14	28	45,06		0	0
1396762	425,73	1712,9	522,09	0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1397418	425,93	1716,2	523,10	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1399055,3	426,43	1716,2	523,10	-0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1401873,5	427,29	1702,1	518,80	-0,5	-2,18	801,14	28	45,06		0	0
1403192,3	427,69	1695,5	516,79	-0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1406866,8	428,81	1677,1	511,18	-0,5	3,35	521,38	28	45,06		0	0
1408244,8	429,23	1670,3	509,11	0	3,35	521,38	28	45,06		0	0
1409042	429,48	1670,3	509,11	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1410180,5	429,82	1670,3	509,11	0	-2,96	590,06	28	45,06		0	0
1411289,5	430,16	1670,3	509,11	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1413694,3	430,89	1670,3	509,11	0	2,18	801,14	28	45,06		0	0
1413815,8	430,93	1670,3	509,11	0,5	2,18	801,14	28	45,06		0	0
1414609,5	431,17	1674,2	510,30	0,5	0	0,00	28	45,06		0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1417431	432,03	1688,3	514,59	0,5	-2,96	590,06	28	45,06		0	0
1419537,5	432,68	1698,9	517,82	0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1420049,3	432,83	1701,4	518,59	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1420974,5	433,11	1701,4	518,59	0	2,9	602,26	28	45,06		0	0
1422861	433,69	1701,4	518,59	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1425744,8	434,57	1701,4	518,59	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1425797,3	434,58	1701,4	518,59	0	0	0,00	28	45,06	ZVG - FIM	0	2
1425960,5	434,63	1701,4	518,59	0	0	0,00	28	45,06		0	1
1426157,5	434,69	1701,4	518,59	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	5	1
1426486,3	434,79	1701,4	518,59	0	-4,32	404,35	28	45,06		0	1
1426627,3	434,84	1701,4	518,59	0,4	-4,32	404,35	28	45,06		0	1
1426919,3	434,92	1702,6	518,95	0,4	-4,32	404,35	28	45,06		0	1
1426922,5	434,93	1702,6	518,95	0,4	-4,32	404,35	28	45,06	VALENTIM GENTIL	8	1
1428130	435,29	1707,4	520,42	0,4	-4,32	404,35	28	45,06		0	1
1428182,5	435,31	1707,6	520,48	0,4	-4,32	404,35	28	45,06	ZVG - INICIO	0	3
1428586	435,43	1709,3	520,99	0,4	0	0,00	28	45,06		0	0
1429924,5	435,84	1714,6	522,61	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1430288,8	435,95	1714,6	522,61	0	3,96	441,09	28	45,06		0	0
1431440,3	436,30	1714,6	522,61	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1433838,5	437,03	1714,6	522,61	0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1434294,8	437,17	1716,9	523,31	0,5	3,96	441,09	28	45,06		0	0
1434852,5	437,34	1719,7	524,16	0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1436391	437,81	1727,4	526,51	0,5	-2,79	626,00	16	25,75		0	0
1436755,3	437,92	1729,2	527,06	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1440659,5	439,11	1748,7	533,00	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1441512,5	439,37	1748,7	533,00	0	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1442726,5	439,74	1748,7	533,00	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1443251,5	439,90	1748,7	533,00	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1443504	439,98	1747,5	532,64	-0,5	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1444990,3	440,43	1740	530,35	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1446368,3	440,85	1733,1	528,25	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1446581,5	440,92	1733,1	528,25	0	-3,45	506,27	16	25,75		0	0
1447992,3	441,35	1733,1	528,25	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1449140,5	441,70	1733,1	528,25	0	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1450567,5	442,13	1733,1	528,25	-0,5	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1450577,5	442,14	1733,1	528,25	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1451552	442,43	1728,2	526,76	-0,5	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1452815	442,82	1721,9	524,84	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1453661,5	443,08	1717,7	523,55	-0,5	4,32	404,35	28	45,06		0	0
1455767,8	443,72	1707,1	520,32	-0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1456883,3	444,06	1701,6	518,65	-0,5	-4,32	404,35	28	45,06		0	0
1458317	444,50	1694,4	516,45	-0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1460082	445,03	1685,6	513,77	-0,5	-4,32	404,35	28	45,06		0	0
1460141	445,05	1685,3	513,68	0	-4,32	404,35	28	45,06		0	0
1460853	445,27	1685,3	513,68	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1461128,8	445,35	1685,3	513,68	0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1461617,5	445,50	1687,7	514,41	0,5	4,32	404,35	28	45,06		0	0
1462713,3	445,83	1693,2	516,09	0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1463461,3	446,06	1696,9	517,22	0,5	-4,32	404,35	28	45,06		0	0
1464412,8	446,35	1701,7	518,68	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1466082,8	446,86	1701,7	518,68	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1466135,3	446,88	1701,7	518,68	0	0	0,00	12	19,31	ZVP - FIM	0	2
1466709,5	447,05	1701,7	518,68	0,5	0	0,00	16	25,75		0	1
1467680,5	447,35	1706,5	520,14	0,5	0	0,00	16	25,75		0	1
1467683,8	447,35	1706,6	520,17	0,5	0	0,00	16	25,75	VOTUPORANGA	8	1
1469055,3	447,77	1713,4	522,24	0,5	0	0,00	16	25,75		0	1
1469107,8	447,78	1713,7	522,34	0,5	0	0,00	12	19,31	ZVP - INICIO	0	3
1470187	448,11	1719,1	523,98	0,5	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1471788	448,60	1727,1	526,42	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1472601,8	448,85	1731,1	527,64	0,5	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1472611,5	448,85	1731,2	527,67	0	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1473796	449,21	1731,2	527,67	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1477634,5	450,38	1731,2	527,67	0	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1478487,5	450,64	1731,2	527,67	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1479373,5	450,91	1731,2	527,67	0	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1480571	451,28	1731,2	527,67	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1482113	451,75	1731,2	527,67	0	3,96	441,09	16	25,75		0	0
1484229	452,39	1731,2	527,67	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1484422,5	452,45	1731,2	527,67	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1485213,3	452,69	1735,1	528,86	0,5	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1485823,8	452,88	1738,2	529,80	0,5	-4,32	404,35	16	25,75		0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1485956,5	452,92	1738,9	530,02	0,5	-4,32	404,35	16	25,75	PN - Rodovia	5	0
1486716	453,15	1742,7	531,17	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1487838	453,49	1748,3	532,88	0,5	-3,96	441,09	16	25,75		0	0
1488313,8	453,64	1750,6	533,58	0	-3,96	441,09	16	25,75		0	0
1488825,5	453,79	1750,6	533,58	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1492044	454,77	1750,6	533,58	0	-3,35	521,38	16	25,75		0	0
1493540	455,23	1750,6	533,58	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1494366,8	455,48	1750,6	533,58	0	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1497155,5	456,33	1750,6	533,58	-0,5	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1497811,8	456,53	1747,4	532,61	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1498582,8	456,77	1743,5	531,42	-0,5	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1500272,5	457,28	1735,1	528,86	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1500994	457,50	1731,5	527,76	-0,5	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1501092,5	457,53	1731	527,61	0	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1501883,3	457,77	1731	527,61	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1502605	457,99	1731	527,61	0	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1502729,8	458,03	1731	527,61	0	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1502733	458,03	1731	527,61	0	-4,32	404,35	16	25,75	SIMONSEM (demolida)	8	0
1503192,3	458,17	1731	527,61	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1503920,5	458,39	1731	527,61	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1505095,3	458,75	1736,8	529,38	0,5	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1506801,3	459,27	1745,4	532,00	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1507621,5	459,52	1749,5	533,25	0,5	-3,35	521,38	16	25,75		0	0
1509304,5	460,04	1757,9	535,81	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1511653,5	460,75	1769,6	539,37	0,5	3,35	521,38	16	25,75		0	0
1512214,5	460,92	1772,4	540,23	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1513002	461,16	1776,4	541,45	0,5	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1514931	461,75	1786	544,37	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1515626,8	461,96	1789,5	545,44	0,5	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1516233,5	462,15	1792,5	546,35	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1517040,8	462,39	1796,6	547,60	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1519140,5	463,03	1796,6	547,60	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1519432,5	463,12	1795,1	547,15	-0,5	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1519836	463,25	1793,1	546,54	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1520482,3	463,44	1789,9	545,56	-0,5	3,96	441,09	16	25,75		0	0
1522805,3	464,15	1778,2	542,00	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1524393	464,63	1770,3	539,59	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1524967,3	464,81	1770,3	539,59	0	-3,35	521,38	16	25,75		0	0
1525761,3	465,05	1770,3	539,59	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1526223,8	465,19	1770,3	539,59	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1528320,3	465,83	1780,8	542,79	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1529022,5	466,05	1780,8	542,79	0	-3,35	521,38	16	25,75		0	0
1529586,8	466,22	1780,8	542,79	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1532244	467,03	1780,8	542,79	0	-3,96	441,09	16	25,75		0	0
1532654,3	467,15	1780,8	542,79	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1533179,3	467,31	1780,8	542,79	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1535065,8	467,89	1790,2	545,65	0,5	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1536771,8	468,41	1798,7	548,24	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1537477	468,62	1802,3	549,34	0,5	4,11	425,00	16	25,75		0	0
1539143,8	469,13	1810,6	551,87	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1539609,5	469,27	1812,9	552,57	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1541020,5	469,70	1812,9	552,57	0	-3,35	521,38	16	25,75		0	0
1542756	470,23	1812,9	552,57	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1544658,8	470,81	1812,9	552,57	0	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1545849,8	471,18	1812,9	552,57	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1546886,5	471,49	1812,9	552,57	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1546939	471,51	1812,9	552,57	0	0	0,00	16	25,75	ZKY - INICIO	0	3
1547221,3	471,59	1812,9	552,57	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	1
1547992,3	471,83	1809,1	551,41	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	1
1547995,5	471,83	1809,1	551,41	-0,5	0	0,00	16	25,75	COSMORAMA	8	1
1548550	472,00	1806,3	550,56	-0,5	2,9	602,26	16	25,75		0	1
1549127,3	472,17	1803,4	549,68	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	1
1549166,8	472,19	1803,2	549,62	-0,5	0	0,00	16	25,75	ZKY - FIM	0	3
1550462,5	472,58	1796,7	547,63	-0,5	-2,29	762,66	16	25,75		0	0
1552076,8	473,07	1788,7	545,20	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1553290,8	473,44	1782,6	543,34	-0,5	4,32	404,35	28	45,06		0	0
1554675,3	473,87	1775,7	541,23	-0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1555482,3	474,11	1771,6	539,98	-0,5	-4,32	404,35	28	45,06		0	0
1556407,5	474,39	1767	538,58	0	-4,32	404,35	28	45,06		0	0
1557391,8	474,69	1767	538,58	0,5	-4,32	404,35	28	45,06		0	0
1558786	475,12	1774	540,72	0,5	0	0,00	28	45,06		0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1559819,5	475,43	1779,1	542,27	0,5	4,32	404,35	28	45,06		0	0
1560279	475,57	1781,4	542,97	0	4,32	404,35	28	45,06		0	0
1560902,3	475,76	1781,4	542,97	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1561591,3	475,97	1781,4	542,97	0	-4,32	404,35	28	45,06		0	0
1563149,8	476,45	1781,4	542,97	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1563828,8	476,66	1781,4	542,97	0	4,32	404,35	28	45,06		0	0
1564015,8	476,71	1781,4	542,97	-0,5	4,32	404,35	28	45,06		0	0
1564547,3	476,87	1778,8	542,18	-0,5	0	0,00	28	45,06		0	0
1565331,5	477,11	1774,9	540,99	-0,5	-4,32	404,35	28	45,06		0	0
1565590,5	477,19	1773,6	540,59	0	-4,32	404,35	28	45,06		0	0
1566184,5	477,37	1773,6	540,59	0	0	0,00	28	45,06		0	0
1566939	477,60	1773,6	540,59	0	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1567234,3	477,69	1773,6	540,59	-0,5	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1568497,5	478,08	1767,3	538,67	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1569268,5	478,31	1763,4	537,48	-0,5	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1570318,3	478,63	1758,1	535,87	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1571056,5	478,86	1754,5	534,77	-0,5	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1571499,5	478,99	1752,2	534,07	0	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1572516,5	479,30	1752,2	534,07	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1573271	479,53	1752,2	534,07	0	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1573599	479,63	1752,2	534,07	0,5	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
1575167,5	480,11	1760,1	536,48	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1576507,5	480,52	1766,8	538,52	0,5	0	0,00	9	14,48		0	0
1577332,8	480,77	1770,9	539,77	0,5	4,32	404,35	9	14,48		0	0
1577503,3	480,82	1771,8	540,04	0,5	4,32	404,35	9	14,48		0	0
1578002	480,97	1774,3	540,81	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1578924	481,26	1778,9	542,21	0,5	3,96	441,09	16	25,75		0	0
1579570,3	481,45	1782,1	543,18	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1580810,5	481,83	1788,3	545,07	0,5	-3,96	441,09	16	25,75		0	0
1581591,3	482,07	1792,2	546,26	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1581702,8	482,10	1792,8	546,45	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1582352,5	482,30	1792,8	546,45	0	2,9	602,26	16	25,75		0	0
1583366,3	482,61	1792,8	546,45	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1585377,3	483,22	1792,8	546,45	0	-2,9	602,26	16	25,75		0	0
1586460	483,55	1792,8	546,45	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1587513,3	483,87	1792,8	546,45	0	3,96	441,09	16	25,75		0	0
1588051,3	484,04	1792,8	546,45	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1589068,3	484,35	1792,8	546,45	0	3,96	441,09	16	25,75		0	0
1589806,5	484,57	1792,8	546,45	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1590987,5	484,93	1792,8	546,45	0	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1592555,8	485,41	1792,8	546,45	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1594403	485,97	1792,8	546,45	0	-3,96	441,09	16	25,75		0	0
1594488,3	486,00	1792,8	546,45	0	-3,96	441,09	16	25,75		0	0
1594540,8	486,02	1792,8	546,45	0	-3,96	441,09	12	19,31	ZEC - FIM	0	2
1595239,5	486,23	1792,8	546,45	-0,5	-3,96	441,09	16	25,75		0	1
1595525	486,32	1791,3	545,99	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	1
1595643	486,35	1790,7	545,81	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	1
1595646,5	486,35	1790,7	545,81	-0,5	0	0,00	16	25,75	ECATU	8	1
1596565	486,63	1786,1	544,40	-0,5	2,9	602,26	16	25,75		0	1
1596581,5	486,64	1786	544,37	-0,5	2,9	602,26	16	25,75		0	1
1596634	486,65	1785,8	544,31	-0,5	2,9	602,26	12	19,31	ZEC - INICIO	0	3
1597155,5	486,81	1783,2	543,52	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1599140,5	487,42	1773,3	540,50	-0,5	-3,36	519,83	16	25,75		0	0
1599852,5	487,64	1769,7	539,40	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1600502	487,83	1766,4	538,40	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1601371,5	488,10	1766,4	538,40	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1603963,3	488,89	1779,4	542,36	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1606424	489,64	1779,4	542,36	0	3	582,19	16	25,75		0	0
1607391,8	489,93	1779,4	542,36	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1607588,5	489,99	1779,4	542,36	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1612067	491,36	1801,8	549,19	0,5	-3,35	521,38	16	25,75		0	0
1613635,3	491,84	1809,6	551,57	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1616906,3	492,83	1826	556,56	0,5	3,96	441,09	16	25,75		0	0
1617431	492,99	1828,6	557,36	0	3,96	441,09	16	25,75		0	0
1618743,5	493,39	1828,6	557,36	-0,5	3,96	441,09	16	25,75		0	0
1618822,3	493,42	1828,2	557,24	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1621433,8	494,21	1815,2	553,27	-0,5	2,18	801,14	16	25,75		0	0
1622024,3	494,39	1812,2	552,36	0	2,18	801,14	16	25,75		0	0
1622418	494,51	1812,2	552,36	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1626611	495,79	1812,2	552,36	0	-3	582,19	16	25,75		0	0
1628996	496,52	1812,2	552,36	0	0	0,00	16	25,75		0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1632195	497,49	1812,2	552,36	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1636794,8	498,90	1835,2	559,37	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1637585,3	499,14	1835,2	559,37	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1638756,5	499,49	1829,4	557,60	-0,5	4,32	404,35	16	25,75		0	0
1639688,5	499,78	1824,7	556,17	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1640863	500,14	1818,8	554,37	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1642890,5	500,75	1818,8	554,37	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1644038,8	501,10	1824,6	556,14	0,5	-3,96	441,09	16	25,75		0	0
1645118,3	501,43	1830	557,78	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1645528,3	501,56	1832	558,39	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1645984,3	501,70	1832	558,39	0	3,96	441,09	16	25,75		0	0
1646483	501,85	1832	558,39	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1647483,5	502,15	1832	558,39	0	-3,96	441,09	16	25,75		0	0
1648386	502,43	1832	558,39	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1649403	502,74	1832	558,39	0	3,96	441,09	16	25,75		0	0
1650715,3	503,14	1832	558,39	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1651529	503,39	1832	558,39	0	0	0,00	9	14,48		0	0
1652273,8	503,61	1832	558,39	0	-3,96	441,09	9	14,48		0	0
1652674	503,74	1832	558,39	0	-3,96	441,09	9	14,48		0	0
1652726,5	503,75	1832	558,39	0	-3,96	441,09	9	14,48	ZEB - FIM	0	2
1653825,5	504,09	1832	558,39	0	-3,96	441,09	9	14,48		0	1
1653828,8	504,09	1832	558,39	0	-3,96	441,09	9	14,48	ENG. BALDUINO	8	1
1653914	504,11	1832	558,39	-0,5	-3,96	441,09	9	14,48		0	1
1654193	504,20	1830,6	557,97	-0,5	-3,96	441,09	9	14,48		0	1
1654432,5	504,27	1829,4	557,60	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	1
1654954	504,43	1826,8	556,81	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	1
1655006,5	504,45	1826,6	556,75	-0,5	0	0,00	16	25,75	ZEB - INICIO	0	3
1657195	505,11	1815,6	553,39	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1658179,3	505,41	1815,6	553,39	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1660475,8	506,11	1827,1	556,90	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1661132	506,31	1827,1	556,90	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1662116,3	506,61	1822,2	555,41	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1663428,5	507,01	1822,2	555,41	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1665397	507,61	1832	558,39	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1665413,5	507,62	1832	558,39	0	2,49	701,41	16	25,75		0	0
1666387,8	507,91	1832	558,39	-0,5	2,49	701,41	16	25,75		0	0
1667244	508,18	1827,7	557,08	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1668349,8	508,51	1822,2	555,41	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1669990,3	509,01	1822,2	555,41	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1670121,5	509,05	1822,9	555,62	0,5	-2,29	762,66	16	25,75		0	0
1672877,3	509,89	1836,6	559,80	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1673566,3	510,10	1840,1	560,86	0,5	2,29	762,66	16	25,75		0	0
1675233	510,61	1848,4	563,39	0	2,29	762,66	16	25,75		0	0
1675492,3	510,69	1848,4	563,39	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1675889,3	510,81	1848,4	563,39	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1677857,8	511,41	1838,6	560,41	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1678513,8	511,61	1838,6	560,41	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1679619,5	511,95	1844,1	562,08	0,5	-3,35	521,38	16	25,75		0	0
1680324,8	512,16	1847,6	563,15	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1681899,8	512,64	1855,5	565,56	0,5	-3,35	521,38	16	25,75		0	0
1682457,5	512,81	1858,3	566,41	0	-3,35	521,38	16	25,75		0	0
1683107	513,01	1858,3	566,41	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1683763,3	513,21	1855	565,40	-0,5	4,11	425,00	16	25,75		0	0
1685082	513,61	1848,4	563,39	0	4,11	425,00	16	25,75		0	0
1686657	514,09	1848,4	563,39	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1687395	514,32	1848,4	563,39	0	-2,79	626,00	16	25,75		0	0
1688038	514,51	1848,4	563,39	-0,5	-2,79	626,00	16	25,75		0	0
1689281,5	514,89	1842,2	561,50	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1690600,5	515,30	1835,6	559,49	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1691971,8	515,71	1835,6	559,49	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1693940,3	516,31	1845,4	562,48	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1694599,8	516,51	1845,4	562,48	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1695974,5	516,93	1838,6	560,41	-0,5	-3,96	441,09	16	25,75		0	0
1696657	517,14	1835,2	559,37	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1697277	517,33	1832,1	558,42	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1697421,3	517,37	1832,1	558,42	0	3,96	441,09	16	25,75		0	0
1697874	517,51	1832,1	558,42	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1698481,8	517,70	1832,1	558,42	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1698648,3	517,75	1832,1	558,42	0	0	0,00	12	19,31	PN - Perímetro urbano	5	0
1699429,3	517,99	1832,1	558,42	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1699432,5	517,99	1832,1	558,42	0	0	0,00	16	25,75	BALSAMO (demolida)	8	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1700229,8	518,23	1832,1	558,42	0,58	0	0,00	16	25,75		0	0
1701470	518,61	1839,3	560,62	0,58	2,29	762,66	16	25,75		0	0
1702070,3	518,79	1842,7	561,65	0,58	0	0,00	16	25,75		0	0
1702208	518,83	1843,5	561,90	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1704488,3	519,53	1843,5	561,90	0	2,29	762,66	16	25,75		0	0
1704832,8	519,63	1843,5	561,90	0,5	2,37	736,92	16	25,75		0	0
1706194,3	520,05	1850,3	563,97	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1708051,3	520,61	1859,6	566,81	0,5	4,11	425,00	16	25,75		0	0
1708661,5	520,80	1862,7	567,75	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1709376,8	521,02	1866,3	568,85	0,5	-3,2	545,81	16	25,75		0	0
1711394,5	521,63	1876,3	571,90	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1712572,3	521,99	1882,2	573,69	0,5	3,96	441,09	16	25,75		0	0
1713822,3	522,37	1888,5	575,61	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1714675,3	522,63	1892,7	576,89	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1715413,5	522,86	1892,7	576,89	0	-3,35	521,38	16	25,75		0	0
1715643	522,93	1892,7	576,89	-0,5	-3,35	521,38	16	25,75		0	0
1718317	523,74	1879,4	572,84	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1719265	524,03	1874,6	571,38	0	0	0,00	16	25,75		0	0
1720925,3	524,54	1874,6	571,38	0,5	2,79	626,00	16	25,75		0	0
1721401	524,68	1877	572,11	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1722549,3	525,03	1882,8	573,88	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1723205,5	525,23	1882,8	573,88	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1723471,3	525,31	1881,4	573,45	-0,5	2,79	626,00	25	40,23		0	0
1724501,5	525,63	1876,3	571,90	0	2,79	626,00	25	40,23		0	0
1725495,5	525,93	1876,3	571,90	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1727437,8	526,52	1876,3	571,90	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1729839,3	527,26	1888,3	575,55	0,5	-3,76	464,54	25	40,23		0	0
1730718,5	527,52	1892,7	576,89	0	-3,76	464,54	25	40,23		0	0
1731178	527,66	1892,7	576,89	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1731404,3	527,73	1892,7	576,89	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1732031	527,92	1889,5	575,92	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1733304	528,31	1889,5	575,92	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1733376	528,33	1889,2	575,83	-0,5	-3,96	441,09	25	40,23		0	0
1734288	528,61	1884,6	574,43	0	-3,96	441,09	25	40,23		0	0
1734360,3	528,63	1884,6	574,43	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1734950,8	528,81	1884,6	574,43	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1735279	528,91	1886,3	574,94	0,5	4,11	425,00	25	40,23		0	0
1737411,5	529,56	1896,9	578,18	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1738756,5	529,97	1903,7	580,25	-0,5	-5,64	309,77	25	40,23		0	0
1738956,8	530,03	1902,7	579,94	0	-5,64	309,77	25	40,23		0	0
1740469,3	530,50	1902,7	579,94	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1741105,8	530,69	1902,7	579,94	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1741939	530,94	1902,7	579,94	0	5,64	309,77	19	30,58	Perímetro urbano	0	0
1742293,5	531,05	1902,7	579,94	0	5,64	309,77	19	30,58	Perímetro urbano	0	0
1742345,8	531,07	1902,7	579,94	0	5,64	309,77	19	30,58	ZMO - FIM	0	2
1742900,3	531,24	1902,7	579,94	0	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
1743471,3	531,41	1902,7	579,94	0	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
1743474,5	531,41	1902,7	579,94	0	0	0,00	19	30,58	MIRASSOL	8	1
1744435,8	531,70	1902,7	579,94	0	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
1744504,5	531,72	1902,7	579,94	0	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
1744557	531,74	1902,7	579,94	0	0	0,00	19	30,58	ZMO - INICIO	0	3
1745843,3	532,13	1902,7	579,94	-1	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	0
1749430,8	533,23	1866,8	569,00	-1	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	0
1753057,8	534,33	1830,5	557,94	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1754498	534,77	1830,5	557,94	0	-3,56	490,63	25	40,23		0	0
1754698,3	534,83	1830,5	557,94	-1	-3,56	490,63	25	40,23		0	0
1755154,3	534,97	1825,9	556,53	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
1758359,5	535,95	1793,9	546,78	-1	4,57	382,24	25	40,23		0	0
1759232,3	536,21	1785,2	544,13	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
1759852,5	536,40	1779	542,24	-1	-5,64	309,77	25	40,23		0	0
1760610,3	536,63	1771,4	539,92	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
1761558,5	536,92	1761,9	537,03	-1	-5,64	309,77	25	40,23		0	0
1762592	537,24	1751,6	533,89	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
1763182,5	537,42	1745,7	532,09	-1	5,64	309,77	25	40,23		0	0
1764278,3	537,75	1734,7	528,74	-1	-5,64	309,77	25	40,23		0	0
1764544	537,83	1732,1	527,94	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1764773,8	537,90	1732,1	527,94	0	-5,64	309,77	25	40,23		0	0
1765456	538,11	1732,1	527,94	-1	-5,64	309,77	25	40,23		0	0
1766122	538,31	1725,4	525,90	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
1766660	538,48	1720	524,26	-1	5,64	309,77	25	40,23		0	0
1767956	538,87	1707,1	520,32	-1	0	0,00	25	40,23		0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1768513,8	539,04	1701,5	518,62	-1	-5,64	309,77	25	40,23		0	0
1769918	539,47	1687,4	514,32	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
1771506	539,96	1671,6	509,50	-1	4,06	430,23	25	40,23		0	0
1772057	540,12	1666	507,80	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
1772647,8	540,30	1660,1	506,00	-1	-4,57	382,24	25	40,23		0	0
1773146,5	540,46	1655,1	504,47	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
1773960	540,70	1647	502,01	-1	5,64	309,77	25	40,23		0	0
1775174	541,07	1634,9	498,32	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
1775315	541,12	1633,5	497,89	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1775699	541,23	1633,5	497,89	0	-5,64	309,77	25	40,23		0	0
1776748,8	541,55	1633,5	497,89	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1777595,3	541,81	1633,5	497,89	0	4,57	382,24	25	40,23		0	0
1778126,8	541,97	1633,5	497,89	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1778970	542,23	1633,5	497,89	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1778973	542,23	1633,5	497,89	0	0	0,00	25	40,23	G. DE CAMPOS (demolida)	8	0
1781023,8	542,86	1633,5	497,89	0	3,56	490,63	25	40,23		0	0
1782506,5	543,31	1633,5	497,89	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1783212	543,52	1633,5	497,89	0	-2,54	687,61	25	40,23		0	0
1784819,5	544,01	1633,5	497,89	-0,3	-2,54	687,61	25	40,23		0	0
1784983,5	544,06	1633	497,74	-0,3	0	0,00	25	40,23		0	0
1786460	544,51	1628,5	496,37	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1787782,3	544,92	1628,5	496,37	0	-2,79	626,00	25	40,23		0	0
1788248	545,06	1628,5	496,37	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1789557	545,46	1628,5	496,37	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1789609,5	545,47	1628,5	496,37	0	0	0,00	12	19,31	ZRU - FIM	0	2
1791926	546,18	1628,5	496,37	0	0	0,00	25	40,23		0	1
1791929,3	546,18	1628,5	496,37	0	0	0,00	25	40,23	RIO PRETO PAULIS	8	1
1792808,5	546,45	1628,5	496,37	0	2,79	626,00	25	40,23		0	1
1793087,3	546,53	1628,5	496,37	0	0	0,00	25	40,23		0	1
1793612,3	546,69	1628,5	496,37	-1	0	0,00	25	40,23		0	1
1794163,5	546,86	1623	494,69	-1	0	0,00	25	40,23		0	1
1794216	546,88	1622,5	494,54	-1	0	0,00	12	19,31	ZRU - INICIO	0	3
1794288	546,90	1621,8	494,32	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1795800,5	547,36	1621,8	494,32	0	5,64	309,77	25	40,23		0	0
1797155,5	547,77	1621,8	494,32	-0,6	5,64	309,77	25	40,23		0	0
1797493,5	547,88	1619,8	493,72	-0,6	0	0,00	25	40,23		0	0
1798599	548,21	1613,1	491,67	-0,6	3,56	490,63	25	40,23		0	0
1798796	548,27	1611,9	491,31	-1	3,56	490,63	25	40,23		0	0
1799748,5	548,56	1602,4	488,41	-1	3,56	490,63	25	40,23		0	0
1799780,3	548,57	1602,1	488,32	-1	0	0,00	22	35,41	PN - Perímetro urbano	0	0
1799912	548,61	1600,8	487,92	-1	0	0,00	22	35,41	PN - Perímetro urbano	5	0
1801420,5	549,07	1585,7	483,32	-1	-4,57	382,24	25	40,23		0	0
1801748,8	549,17	1582,4	482,32	-0,3	-4,57	382,24	25	40,23		0	0
1801781,5	549,18	1582,3	482,29	-0,3	0	0,00	25	40,23		0	0
1803192,3	549,61	1578,1	481,00	-0,3	-5,64	309,77	25	40,23		0	0
1803389,3	549,67	1577,5	480,82	0	-5,64	309,77	25	40,23		0	0
1803979,8	549,85	1577,5	480,82	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1805735	550,39	1577,5	480,82	0	-7,21	242,38	25	40,23		0	0
1805772	550,40	1577,5	480,82	0	-7,21	242,38	25	40,23		0	0
1806079,5	550,49	1577,5	480,82	0,46	-7,21	242,38	12	19,31	PN - Perímetro urbano	0	0
1806276,3	550,55	1578,4	481,10	0,46	-7,21	242,38	12	19,31	PN - Perímetro urbano	0	0
1806309	550,56	1578,5	481,13	0,46	0	0,00	12	19,31	ZSP - FIM	0	2
1806548,5	550,64	1579,6	481,46	0,46	0	0,00	12	19,31	PN - Perímetro urbano	0	1
1806552	550,64	1579,7	481,49	0,46	0	0,00	12	19,31	S. JOSE DO RIO PRETO	8	1
1806590,3	550,65	1579,8	481,52	0,46	0	0,00	12	19,31	PN - Perímetro urbano	0	1
1807129,3	550,81	1582,3	482,29	0,46	4,32	404,35	25	40,23		0	1
1807555,8	550,94	1584,3	482,89	0,46	0	0,00	25	40,23		0	1
1807680,5	550,98	1584,9	483,08	0,46	0	0,00	25	40,23		0	1
1807733	551,00	1585,1	483,14	0,46	0	0,00	12	19,31	ZSP - INICIO	0	3
1808080,8	551,10	1586,7	483,63	0,46	-4,32	404,35	25	40,23		0	0
1808638,5	551,27	1589,3	484,42	0,46	0	0,00	25	40,23		0	0
1809852,5	551,64	1594,8	486,10	0,46	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1810027,5	551,70	1595,7	486,37	0,46	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1813805,8	552,85	1613	491,64	0,46	0	0,00	22	35,41	Perímetro urbano	0	0
1813956	552,89	1613,7	491,86	0,46	0	0,00	22	35,41	Perímetro urbano	0	0
1814340,6	553,01	1615,5	492,40	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1814642,4	553,10	1615,5	492,40	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1816738,6	553,74	1615,5	492,40	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1816804,1	553,76	1615,5	492,40	0	1,52	1148,96	19	30,58	PN - Escola	5	0
1817299,9	553,91	1615,5	492,40	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1819202,8	554,49	1615,5	492,40	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1819268,4	554,51	1615,5	492,40	-0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1821893,1	555,31	1602,4	488,41	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1822549,3	555,51	1602,4	488,41	0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1822877,3	555,61	1604	488,90	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1825331,4	556,36	1616,3	492,65	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1827651	557,07	1627,9	496,18	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1828471,3	557,32	1632	497,43	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1828684,4	557,38	1632	497,43	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1830360,9	557,89	1632	497,43	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1834065	559,02	1632	497,43	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1837181,8	559,97	1647,6	502,19	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1837559,1	560,09	1649,4	502,74	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1837673,9	560,12	1649,4	502,74	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1840400,3	560,95	1649,4	502,74	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1840452,8	560,97	1649,4	502,74	0	0	0,00	19	30,58	ZEH - FIM	0	2
1840675,9	561,04	1649,4	502,74	1	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	5	1
1841105,8	561,17	1653,7	504,05	1	0	0,00	25	40,23		0	1
1841109	561,17	1653,8	504,08	1	0	0,00	25	40,23	ENG. SCHIMITT	8	1
1841939	561,42	1662,1	506,61	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	1
1841962	561,43	1662,3	506,67	1	1,52	1148,96	25	40,23	ZEH - INICIO	0	3
1843038,1	561,76	1673,1	509,96	1	0	0,00	25	40,23		0	0
1843825,5	562,00	1680,9	512,34	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1846040,1	562,67	1703,1	519,10	1	0	0,00	25	40,23		0	0
1850502	564,03	1747,7	532,70	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1851880	564,45	1761,5	536,91	1	0	0,00	25	40,23		0	0
1853526,9	564,95	1778	541,93	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1855554,5	565,57	1798,2	548,09	1	0	0,00	25	40,23		0	0
1856349,8	565,82	1806,2	550,53	1	0	0,00	16	25,75		0	0
1857168,1	566,06	1814,4	553,03	1	0	0,00	16	25,75		0	0
1859918	566,90	1841,9	561,41	1	0	0,00	25	40,23		0	0
1859921,3	566,90	1841,9	561,41	1	0	0,00	25	40,23	CEDRAL PASS. (demolida)	8	0
1860515,1	567,08	1847,8	563,21	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1863231,8	567,91	1875	571,50	1	0	0,00	25	40,23		0	0
1865003,3	568,45	1892,7	576,89	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1866916,1	569,04	1892,7	576,89	-1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1867306,5	569,16	1888,8	575,71	-1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1867309,8	569,16	1888,8	575,71	-1	1,52	1148,96	25	40,23	CEDRAL MERC. (demolida)	8	0
1868431,8	569,50	1877,6	572,29	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
1869235,6	569,74	1869,5	569,82	-1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1873107	570,92	1830,8	558,03	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
1880971,3	573,32	1752,2	534,07	-1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1881393	573,45	1748	532,79	-1	-1,52	1148,96	9	14,48		0	0
1882702,5	573,85	1734,9	528,80	-1	-1,52	1148,96	9	14,48		0	0
1885803,9	574,79	1703,8	519,32	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
1886985	575,15	1692	515,72	-1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1889019,1	575,77	1671,7	509,53	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
1891184,4	576,43	1650	502,92	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1893284,3	577,07	1650	502,92	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1893973,1	577,28	1646,6	501,88	-0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1896451,8	578,04	1634,2	498,10	-0,5	1,52	1148,96	16	25,75		0	0
1896565	578,07	1633,6	497,92	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1897106,5	578,24	1630,9	497,10	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1898983	578,81	1621,5	494,23	-0,5	-0,66	2646,04	25	40,23		0	0
1900173,9	579,17	1615,6	492,43	0	-0,66	2646,04	25	40,23		0	0
1902093,3	579,76	1615,6	492,43	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1903162,8	580,08	1615,6	492,43	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1903215,3	580,10	1615,6	492,43	0	0	0,00	19	30,58	ZUC - FIM	0	2
1903323,5	580,13	1615,6	492,43	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	1
1903733,6	580,26	1613,5	491,79	-0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	1
1904530,9	580,50	1609,6	490,61	-0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	1
1904534,3	580,50	1609,5	490,58	-0,5	1,52	1148,96	25	40,23	UCHOA	8	1
1904635,9	580,53	1609	490,42	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	1
1905443	580,78	1613,1	491,67	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	1
1905495,5	580,80	1613,3	491,73	0,5	1,52	1148,96	19	30,58	ZUC - INICIO	0	3
1906506	581,10	1618,4	493,29	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1908566,3	581,73	1628,7	496,43	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1910338	582,27	1619,8	493,72	-0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1913159,5	583,13	1605,7	489,42	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1913182,5	583,14	1605,6	489,39	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1916200,8	584,06	1620,7	493,99	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1919589,9	585,09	1637,6	499,14	-0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
1920646,4	585,41	1632,4	497,56	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1921368,3	585,63	1628,7	496,43	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1922680,5	586,03	1635,3	498,44	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1925079,1	586,76	1623,3	494,78	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1925419,8	586,87	1621,6	494,26	-0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
1926978,4	587,34	1613,8	491,89	-0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1929176,6	588,01	1602,8	488,53	-0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1929242,3	588,03	1602,5	488,44	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1929898,3	588,23	1602,5	488,44	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1931866,8	588,83	1592,7	485,45	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1937116,3	590,43	1618,9	493,44	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1938428,5	590,83	1612,3	491,43	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1940987,6	591,61	1625,1	495,33	0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1941939	591,90	1629,9	496,79	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1943021,8	592,23	1635,3	498,44	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1943038,1	592,24	1635,2	498,41	-0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1944655,6	592,73	1627,1	495,94	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1945902,3	593,11	1633,4	497,86	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1946706,3	593,36	1637,4	499,08	0,5	0	0,00	9	14,48		0	0
1947434,4	593,58	1641	500,18	0,5	-1,52	1148,96	9	14,48		0	0
1948271	593,83	1645,2	501,46	-0,5	-1,52	1148,96	9	14,48		0	0
1948631,9	593,94	1643,4	500,91	-0,5	0	0,00	9	14,48		0	0
1950452,6	594,50	1634,3	498,13	-0,5	0	0,00	9	14,48		0	0
1952208	595,03	1625,5	495,45	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1952831,4	595,22	1628,6	496,40	0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1953520,4	595,43	1632,1	497,46	-0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1955390,5	596,00	1622,7	494,60	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1956220,5	596,26	1618,6	493,35	-0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1958057,8	596,82	1609,4	490,55	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1959557,1	597,27	1609,4	490,55	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1959818,8	597,35	1609,4	490,55	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1960032,9	597,42	1609,4	490,55	0	0	0,00	12	19,31	PN - Perímetro urbano	0	0
1960085,3	597,43	1609,4	490,55	0	0	0,00	12	19,31	ZCT - FIM	0	2
1960410,1	597,53	1609,4	490,55	0	1,52	1148,96	12	19,31	PN - Perímetro urbano	0	1
1960670,3	597,61	1609,4	490,55	0	1,52	1148,96	12	19,31	PN - Perímetro urbano	0	1
1960836,8	597,66	1609,4	490,55	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	1
1961177,9	597,77	1611,1	491,06	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	1
1961181,1	597,77	1611,1	491,06	0,5	1,52	1148,96	25	40,23	CATIGUA	8	1
1961509,3	597,87	1612,8	491,58	0,5	0	0,00	25	40,23		0	1
1962263,8	598,10	1616,5	492,71	0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	1
1962303,3	598,11	1616,7	492,77	0,5	-1,52	1148,96	25	40,23	ZCT - INICIO	0	3
1963905,8	598,60	1624,8	495,24	0,5	-1,52	1148,96	19	30,58		0	0
1964246,3	598,70	1626,5	495,76	0,5	-1,52	1148,96	19	30,58		0	0
1965357,8	599,04	1632	497,43	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1966315,8	599,33	1636,8	498,90	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1969071,6	600,17	1650,6	503,10	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1970105	600,49	1655,7	504,66	0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1972614,9	601,25	1668,3	508,50	-0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1973205,4	601,43	1665,3	507,58	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1974271,8	601,76	1660	505,97	-0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1976092,6	602,31	1650,9	503,19	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1976355	602,39	1652,2	503,59	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1980029,6	603,51	1670,6	509,20	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1981109	603,84	1665,2	507,55	-0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1981899,8	604,08	1661,2	506,33	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1982621,4	604,30	1657,6	505,24	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1982910,1	604,39	1659,1	505,69	0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1984822,9	604,97	1668,6	508,59	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1985738,3	605,25	1673,2	509,99	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1985935,1	605,31	1674,2	510,30	-0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1987903,6	605,91	1664,4	507,31	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1988290,8	606,03	1664,4	507,31	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1989340,6	606,35	1664,4	507,31	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1991496,1	607,01	1664,4	507,31	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1993609	607,65	1664,4	507,31	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1994793,4	608,01	1664,4	507,31	0	0	0,00	25	40,23		0	0
1995449,5	608,21	1664,4	507,31	-0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
1997943	608,97	1651,9	503,50	-0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
1999960,8	609,59	1641,8	500,42	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2000164,1	609,65	1641,8	500,42	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2000830,1	609,85	1641,8	500,42	0	-7,74	225,80	25	40,23		0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
2001237,5	609,98	1641,8	500,42	0	-7,74	225,80	25	40,23		0	0
2002149	610,25	1641,8	500,42	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
2002929,8	610,49	1641,8	500,42	0	7,74	225,80	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
2003107	610,55	1641,8	500,42	0	7,74	225,80	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
2003159,5	610,56	1641,8	500,42	0	7,74	225,80	16	25,75	ZCV - FIM	0	2
2003280,9	610,60	1641,8	500,42	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2004186,4	610,88	1641,8	500,42	0	10,15	172,28	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2005170,6	611,18	1641,8	500,42	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2005416,8	611,25	1641,8	500,42	0	-10,15	172,28	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2005420	611,25	1641,8	500,42	0	0	0,00	19	30,58	CATANDUVA	8	1
2005636,5	611,32	1641,8	500,42	0	-4,32	404,35	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2006282,9	611,52	1641,8	500,42	0	-4,32	404,35	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2006335,3	611,53	1641,8	500,42	0	-4,32	404,35	16	25,75	ZCV - INICIO	0	3
2006998,1	611,73	1641,8	500,42	0,5	-4,32	404,35	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
2007785,5	611,97	1645,7	501,61	0,5	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
2009673	612,55	1655,2	504,50	0,5	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
2010032,9	612,66	1657	505,05	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2012897	613,53	1671,3	509,41	0,3	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2012952,8	613,55	1671,5	509,47	0,3	0	0,00	25	40,23		0	0
2017168,8	614,83	1684,1	513,31	0,3	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2019498,1	615,54	1691,1	515,45	0,3	0	0,00	25	40,23		0	0
2025036,1	617,23	1707,7	520,51	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2027404,9	617,95	1684	513,28	-1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2030292	618,83	1655,2	504,50	-0,34	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2030315	618,84	1655,1	504,47	-0,34	0	0,00	25	40,23		0	0
2030997,4	619,05	1652,8	503,77	-0,34	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2033444,9	619,79	1644,4	501,21	-0,34	0	0,00	25	40,23		0	0
2034288,1	620,05	1641,6	500,36	-0,34	3,35	521,38	25	40,23		0	0
2037099,8	620,91	1632	497,43	-0,34	0	0,00	25	40,23		0	0
2037427,9	621,01	1630,9	497,10	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
2037677,3	621,08	1630,9	497,10	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
2037729,8	621,10	1630,9	497,10	0	0	0,00	12	19,31	ZPN - FIM	0	2
2038956,8	621,47	1630,9	497,10	0	-4,32	404,35	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2039412,8	621,61	1630,9	497,10	0,6	-4,32	404,35	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2039967,3	621,78	1634,2	498,10	0,6	-4,32	404,35	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2039970,5	621,78	1634,2	498,10	0,6	-4,32	404,35	19	30,58	PINDORAMA	8	1
2040899	622,07	1639,8	499,81	0,6	-4,32	404,35	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2040951,5	622,08	1640,1	499,90	0,6	-4,32	404,35	12	19,31	ZPN - INICIO	0	3
2041223,3	622,16	1641,8	500,42	0,6	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
2041223,3	622,16	1641,8	500,42	0,6	-4,32	404,35	16	25,75	PN - Perímetro urbano	0	0
2041578,1	622,27	1643,9	501,06	1	-4,32	404,35	16	25,75		0	0
2041742,3	622,32	1645,5	501,55	1	0	0,00	16	25,75		0	0
2043216	622,77	1660,3	506,06	1	0	0,00	16	25,75		0	0
2046174,6	623,67	1689,9	515,08	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2047542,8	624,09	1703,5	519,23	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2049124,1	624,57	1719,3	524,04	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2051584,8	625,32	1744	531,57	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2053536,8	625,92	1763,5	537,51	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2056148,3	626,71	1789,6	545,47	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2056998,1	626,97	1798,1	548,06	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2058572,9	627,45	1813,8	552,85	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2059360,3	627,69	1813,8	552,85	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2060020,8	627,89	1813,8	552,85	0	0	0,00	16	25,75		0	0
2060872,8	628,15	1813,8	552,85	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
2061017	628,20	1814,6	553,09	0,5	0	0,00	16	25,75		0	0
2061164,8	628,24	1815,3	553,30	0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2063166,1	628,85	1825,3	556,35	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2064839,3	629,36	1842	561,44	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2065987,6	629,71	1853,5	564,95	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2068481	630,47	1878,4	572,54	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2069268,4	630,71	1886,3	574,94	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2071417,4	631,37	1907,8	581,50	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2074714,6	632,37	1940,8	591,56	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2075446,3	632,60	1948,1	593,78	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2078070,9	633,40	1974,3	601,77	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2078586	633,55	1979,5	603,35	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2079258,6	633,76	1979,5	603,35	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2081063	634,31	1979,5	603,35	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2081115,5	634,32	1979,5	603,35	0	0	0,00	12	19,31	ZSD - FIM	0	2
2081866,8	634,55	1979,5	603,35	-0,92	0	0,00	25	40,23		0	1
2082375,4	634,71	1974,8	601,92	-0,92	0	0,00	25	40,23		0	1

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
2082378,8	634,71	1974,8	601,92	-0,92	0	0,00	25	40,23	SANTA ADELIA	8	1
2082523	634,75	1973,5	601,52	-0,92	1,52	1148,96	25	40,23		0	1
2082594	634,77	1972,8	601,31	-0,92	1,52	1148,96	16	25,75		0	1
2083583,8	635,08	1963,7	598,54	-0,92	1,52	1148,96	16	25,75		0	1
2083589,3	635,08	1963,7	598,54	-0,92	0	0,00	25	40,23		0	1
2084494,8	635,35	1955,3	595,98	-0,92	0	0,00	25	40,23		0	1
2084547,3	635,37	1954,8	595,82	-0,92	0	0,00	12	19,31	ZSD - INICIO	0	3
2084770,4	635,44	1952,8	595,21	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2088133,3	636,46	1952,8	595,21	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2089117,5	636,76	1952,8	595,21	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2091384,6	637,45	1952,8	595,21	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2092654,3	637,84	1952,8	595,21	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2093687,8	638,16	1952,8	595,21	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2098208,8	639,53	1952,8	595,21	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2100505,3	640,23	1952,8	595,21	0	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2103192,3	641,05	1952,8	595,21	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2106161,5	641,96	1952,8	595,21	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2108376	642,63	1952,8	595,21	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2108438,5	642,65	1953,4	595,40	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2110475,8	643,27	1973,8	601,61	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2111689,8	643,64	1973,8	601,61	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2112434,5	643,87	1973,8	601,61	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2113100,5	644,07	1973,8	601,61	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2113363	644,15	1971,2	600,82	-1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2115620	644,84	1948,6	593,93	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2116473	645,10	1940,1	591,34	-1	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2117424,5	645,39	1930,5	588,42	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2118540	645,73	1919,4	585,03	-1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2119662	646,07	1908,2	581,62	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2121302,5	646,57	1908,2	581,62	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2122040,8	646,80	1915,5	583,84	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2124255,3	647,47	1937,7	590,61	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2125239,5	647,77	1937,7	590,61	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2127126	648,35	1937,7	590,61	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2131030,3	649,54	1937,7	590,61	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2131949	649,82	1937,7	590,61	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2134097,8	650,47	1937,7	590,61	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2134458,8	650,58	1934,1	589,51	-1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2134741	650,67	1931,3	588,66	-1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2134744	650,67	1931,2	588,63	-1	1,52	1148,96	25	40,23	F. PRESTES (demolida)	8	0
2135216,5	650,81	1926,5	587,20	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2137706,8	651,57	1901,6	579,61	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2138625,5	651,85	1901,6	579,61	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2138691	651,87	1901,6	579,61	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2142070,3	652,90	1935,4	589,91	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2142631,3	653,07	1941	591,62	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2143284,3	653,27	1941	591,62	0	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2143615,5	653,37	1941	591,62	-0,7	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2147450,8	654,54	1914,2	583,45	-0,7	0	0,00	25	40,23		0	0
2148304	654,80	1908,2	581,62	-0,7	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2149708	655,23	1898,4	578,63	-0,7	0	0,00	25	40,23		0	0
2150174	655,37	1895,1	577,63	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2150551,3	655,49	1895,1	577,63	0	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2150830	655,57	1895,1	577,63	1	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2152473,8	656,07	1911,5	582,63	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2153261,3	656,31	1919,4	585,03	1	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2154412,5	656,66	1930,9	588,54	1	2,24	779,68	16	25,75		0	0
2154537,5	656,70	1932,2	588,93	1	0	0,00	16	25,75		0	0
2155095,3	656,87	1937,7	590,61	0	0	0,00	16	25,75		0	0
2155396	656,96	1937,7	590,61	0	0	0,00	16	25,75		0	0
2156342	657,25	1937,7	590,61	0	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2156998	657,45	1937,7	590,61	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2157391,8	657,57	1937,7	590,61	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2158216	657,82	1929,5	588,11	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2158678	657,97	1924,9	586,71	-1	-2,24	779,68	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
2159360,3	658,17	1918,1	584,64	0	-2,24	779,68	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
2159754	658,29	1918,1	584,64	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
2159836	658,32	1918,1	584,64	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
2159888,5	658,33	1918,1	584,64	0	0	0,00	19	30,58	ZCZ - FIM	0	2
2161328,8	658,77	1918,1	584,64	-1	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2161735,5	658,90	1914	583,39	-1	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
2161739	658,90	1914	583,39	-1	0	0,00	19	30,58	CANDIDO RODRIGUES	8	1
2161853,8	658,93	1912,8	583,02	-1	2,24	779,68	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2162806,3	659,22	1903,3	580,13	-1	2,24	779,68	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2162870,8	659,24	1902,6	579,91	-1	2,24	779,68	25	40,23		0	1
2162923,3	659,26	1902,1	579,76	-1	2,24	779,68	25	40,23	ZCZ - INICIO	0	3
2163363	659,39	1897,7	578,42	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2166250	660,27	1868,9	569,64	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2167841,3	660,76	1868,9	569,64	0	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2168422	660,94	1868,9	569,64	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2168874,8	661,07	1868,9	569,64	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2169202,8	661,17	1865,6	568,63	-1	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2170689	661,63	1850,7	564,09	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2171755,3	661,95	1840	560,83	-1	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2174452	662,77	1813,1	552,63	0	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2175108,3	662,97	1813,1	552,63	1	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2175370,8	663,05	1815,7	553,43	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2176348,5	663,35	1825,5	556,41	1	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2177405	663,67	1836	559,61	0	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2178061	663,87	1836	559,61	-0,5	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2180029,5	664,47	1826,2	556,63	-0,24	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2181276,3	664,85	1823,2	555,71	-0,24	0	0,00	25	40,23		0	0
2182057	665,09	1821,3	555,13	-0,24	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2184163,5	665,73	1816,3	553,61	0	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2185213,3	666,05	1816,3	553,61	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2186007,3	666,30	1816,3	553,61	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2186010,5	666,30	1816,3	553,61	0	0	0,00	25	40,23	JURUPEMA (demolida)	8	0
2186197,5	666,35	1816,3	553,61	0,45	0	0,00	25	40,23		0	0
2191053,3	667,83	1838,1	560,25	0,45	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2191978,5	668,12	1842,3	561,53	0	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2192634,5	668,31	1842,3	561,53	-1	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2193235	668,50	1836,3	559,70	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2194170	668,78	1826,9	556,84	-1	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2194268,5	668,81	1826	556,56	0	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2195256	669,11	1826	556,56	1	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2197418	669,77	1847,6	563,15	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2198235	670,02	1855,7	565,62	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2200498,8	670,71	1878,4	572,54	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2201155	670,91	1878,4	572,54	-1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2201876,8	671,13	1871,2	570,34	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2202880,5	671,44	1861,1	567,26	-1	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2204439	671,91	1845,5	562,51	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2205636,5	672,28	1833,6	558,88	-1	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2206821	672,64	1821,7	555,25	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2209032,3	673,31	1799,6	548,52	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2209688,5	673,51	1799,6	548,52	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2209823	673,55	1801	548,94	1	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2211447	674,05	1817,2	553,88	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2211702,8	674,13	1819,8	554,68	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2212446,3	674,35	1819,8	554,68	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2212660,8	674,42	1819,8	554,68	0	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	0
2212713,3	674,43	1819,8	554,68	0	0	0,00	12	19,31	ZTQ - FIM	0	2
2213756,5	674,75	1819,8	554,68	-0,87	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2213783	674,76	1819,5	554,58	-0,87	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2213786	674,76	1819,5	554,58	-0,87	0	0,00	19	30,58	TAQUARITINGA	8	1
2214078	674,85	1817	553,82	-0,87	-2,24	779,68	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2214937,8	675,11	1809,5	551,54	-0,87	-2,24	779,68	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2214990,3	675,13	1809	551,38	-0,87	-2,24	779,68	12	19,31	ZTQ - INICIO	0	3
2216735,5	675,66	1793,8	546,75	-0,87	-2,24	779,68	19	30,58	Perímetro urbano	0	0
2217398,3	675,86	1788,1	545,01	0	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2217628	675,93	1788,1	545,01	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2218218,5	676,11	1788,1	545,01	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2218382,5	676,16	1788,1	545,01	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2220580,8	676,83	1810,1	551,72	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2222008	677,27	1824,3	556,05	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2224321	677,97	1847,5	563,12	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2226420,5	678,61	1868,5	569,52	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2227076,8	678,81	1868,5	569,52	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2227228,5	678,86	1866,9	569,03	-1	0	0,00	16	25,75		0	0
2228979,8	679,39	1849,4	563,70	-1	1,52	1148,96	16	25,75		0	0
2229197,5	679,46	1847,2	563,03	-1	1,52	1148,96	16	25,75		0	0
2231112,3	680,04	1828,1	557,20	-1	0	0,00	25	40,23		0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
2235279	681,31	1786,4	544,49	-1	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2238166	682,19	1757,6	535,72	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2239216	682,51	1747,1	532,52	-1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2240987,5	683,05	1729,3	527,09	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2242234,3	683,43	1716,9	523,31	-1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2242365,5	683,47	1715,6	522,91	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2242972,5	683,66	1715,6	522,91	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2244990,3	684,27	1715,6	522,91	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2246958,8	684,87	1735,2	528,89	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2247450,8	685,02	1735,2	528,89	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2247615	685,07	1735,2	528,89	-1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2248205,5	685,25	1729,3	527,09	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2249022,5	685,50	1721,2	524,62	-1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2250239,5	685,87	1709	520,90	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2250735	686,02	1709	520,90	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2250895,8	686,07	1709	520,90	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2251552	686,27	1715,6	522,91	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2253422	686,84	1734,3	528,61	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2257457,5	688,07	1774,6	540,90	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
2259836	688,80	1786,5	544,53	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2262706,8	689,67	1800,9	548,91	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2263329,5	689,86	1800,9	548,91	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2263461,3	689,90	1800,9	548,91	0	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	0
2264777	690,30	1800,9	548,91	0	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	0
2264829,5	690,32	1800,9	548,91	0	0	0,00	19	30,58	ZSH - FIM	0	2
2265397	690,49	1800,9	548,91	0	-2,24	779,68	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2265462,5	690,51	1800,9	548,91	1	-2,24	779,68	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2265656,3	690,57	1802,8	549,49	0	-2,24	779,68	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2265659,5	690,57	1802,8	549,49	1	-2,24	779,68	19	30,58	SANTA ERNESTINA	8	1
2266328,8	690,78	1809,5	551,54	1	-2,24	779,68	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2266381,3	690,79	1810	551,69	1	-2,24	779,68	19	30,58	ZSH - INICIO	0	3
2266574,3	690,85	1811,9	552,27	1	-2,24	779,68	19	30,58	PN - Perímetro urbano	5	0
2266975	690,97	1816	553,52	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2267733	691,20	1823,5	555,80	1	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2270571	692,07	1851,9	564,46	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2271243,5	692,27	1858,6	566,50	1	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2272621,5	692,70	1872,4	570,71	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2277277	694,11	1919	584,91	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2277844,5	694,29	1924,7	586,65	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2279083,8	694,66	1937	590,40	1	0	0,00	12	19,31		0	0
2280561	695,11	1951,8	594,91	0	0	0,00	12	19,31		0	0
2283362	695,97	1951,8	594,91	0	0	0,00	12	19,31		0	0
2283901	696,13	1951,8	594,91	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2284409,5	696,29	1951,8	594,91	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2284412,8	696,29	1951,8	594,91	0	-1,52	1148,96	25	40,23	DOBRADA (demolida)	8	0
2287142,5	697,12	1951,8	594,91	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2288061	697,40	1951,8	594,91	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2292136	698,64	1951,8	594,91	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2295373,3	699,63	1951,8	594,91	0	0	0,00	16	25,75		0	0
2295702,5	699,73	1951,8	594,91	0	0	0,00	16	25,75		0	0
2297483,5	700,27	1951,8	594,91	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2298499,5	700,58	1941,7	591,83	-1	0	0,00	16	25,75		0	0
2301748,8	701,57	1909,2	581,92	-1	-1,52	1148,96	16	25,75		0	0
2302942,3	701,94	1897,2	578,27	-1	-1,52	1148,96	16	25,75		0	0
2304173,3	702,31	1884,9	574,52	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2306112,3	702,90	1865,5	568,60	-1	1,93	904,90	25	40,23		0	0
2308868,3	703,74	1838	560,22	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2312782,3	704,94	1798,8	548,27	-1	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2313678	705,21	1789,9	545,56	0	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2314624,5	705,50	1789,9	545,56	0	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2316184,5	705,97	1789,9	545,56	0	-2,24	779,68	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	0
2316237	705,99	1789,9	545,56	0	-2,24	779,68	12	19,31	ZMA - FIM	0	2
2316991,5	706,22	1789,9	545,56	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	5	1
2318558,3	706,70	1789,9	545,56	0	0	0,00	19	30,58	PN - Perímetro urbano	0	1
2319032,3	706,84	1789,9	545,56	0	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2319035,5	706,84	1789,9	545,56	0	0	0,00	19	30,58	MATAO	8	1
2319137,3	706,87	1789,9	545,56	0	-1,88	928,96	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2319983,5	707,13	1789,9	545,56	1	-1,88	928,96	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2320515	707,29	1795,2	547,18	1	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2321935,8	707,73	1809,4	551,51	1	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2321988,3	707,74	1809,9	551,66	1	0	0,00	12	19,31	ZMA - INICIO	0	3

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
2323463	708,19	1824,7	556,17	1	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	0
2323723,8	708,27	1827,3	556,96	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2325495,5	708,81	1845	562,36	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2326479,8	709,11	1854,8	565,34	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2329055,3	709,90	1880,6	573,21	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2329977	710,18	1889,8	576,01	1	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2331223,8	710,56	1902,3	579,82	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2331945,5	710,78	1909,5	582,02	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2333487,5	711,25	1924,9	586,71	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2337195	712,38	1962	598,02	1	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2343658,3	714,35	2026,6	617,71	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2345712	714,97	2047,2	623,99	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2349107,8	716,01	2081,1	634,32	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2350554,5	716,45	2095,6	638,74	1	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2351342	716,69	2103,5	641,15	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2352191,5	716,95	2112	643,74	1	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2355800,5	718,05	2148	654,71	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2355882,5	718,07	2148,9	654,98	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2356850,5	718,37	2148,9	654,98	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2356903	718,38	2148,9	654,98	0	0	0,00	25	40,23	ZZL - FIM	0	2
2357503,3	718,57	2148,9	654,98	0	0	0,00	25	40,23		0	1
2357506,5	718,57	2148,9	654,98	0	0	0,00	25	40,23	SILVANIA	8	1
2357567,3	718,59	2148,9	654,98	0	0	0,00	25	40,23		0	1
2357654,3	718,61	2148,9	654,98	1	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2358223	718,79	2154,6	656,72	1	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2359317,5	719,12	2165,5	660,04	1	0	0,00	25	40,23		0	1
2359370	719,14	2166	660,20	1	0	0,00	25	40,23	ZZL - INICIO	0	3
2361804,5	719,88	2190,4	667,63	1	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2362349	720,04	2195,8	669,28	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2363133,3	720,28	2199,7	670,47	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
2364757,3	720,78	2207,9	672,97	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2375682,5	724,11	2207,9	672,97	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2376460	724,34	2207,9	672,97	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2376847,3	724,46	2207,9	672,97	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2376899,8	724,48	2207,9	672,97	0	0	0,00	25	40,23	ZDZ - FIM	0	2
2377568,5	724,68	2207,9	672,97	0	0	0,00	25	40,23		0	1
2378399	724,94	2207,9	672,97	0	0	0,00	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2378402,3	724,94	2207,9	672,97	0	0	0,00	19	30,58	BUENO DE ANDRADE	8	1
2378992,8	725,12	2207,9	672,97	0	1,52	1148,96	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2379208	725,18	2207,9	672,97	0	1,52	1148,96	19	30,58	Perímetro urbano	0	1
2379262	725,20	2207,9	672,97	0,32	1,52	1148,96	25	40,23		0	1
2380705,5	725,64	2212,5	674,37	0,32	0	0,00	25	40,23		0	1
2380797,3	725,67	2212,8	674,46	0	0	0,00	25	40,23		0	1
2382670,5	726,24	2212,8	674,46	0	0	0,00	25	40,23		0	1
2382723	726,25	2212,8	674,46	0	0	0,00	25	40,23	ZDZ - INICIO	0	3
2383422	726,47	2212,8	674,46	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2383651,5	726,54	2215,1	675,16	1	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2386076,3	727,28	2239,3	682,54	1	0	0,00	25	40,23		0	0
2392280,3	729,17	2301,4	701,47	-1	0	0,00	25	40,23		0	0
2395397	730,12	2270,2	691,96	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2396873,5	730,57	2270,2	691,96	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2397733	730,83	2270,2	691,96	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2402277	732,21	2270,2	691,96	-0,6	0	0,00	25	40,23		0	0
2404967,3	733,03	2254	687,02	-0,6	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2405033	733,05	2253,6	686,90	0	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2405971,3	733,34	2253,6	686,90	0,5	-1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2409055,3	734,28	2269,1	691,62	0,5	0	0,00	25	40,23		0	0
2411204	734,93	2279,8	694,88	0,5	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2413992,8	735,78	2293,8	699,15	0	1,52	1148,96	25	40,23		0	0
2415010	736,10	2293,8	699,15	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2417503,3	736,85	2293,8	699,15	0	2,49	701,41	25	40,23		0	0
2417861	736,96	2293,8	699,15	1,2	2,49	701,41	25	40,23		0	0
2419862,3	737,57	2317,8	706,47	1,2	0	0,00	25	40,23		0	0
2420715,3	737,83	2328	709,57	1,2	-2,18	801,14	25	40,23		0	0
2421762	738,15	2340,6	713,41	0	-2,18	801,14	25	40,23		0	0
2422424,5	738,35	2340,6	713,41	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2423389,3	738,65	2340,6	713,41	-1,2	0	0,00	25	40,23		0	0
2425849,8	739,40	2311	704,39	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2428179,3	740,11	2311	704,39	0	2,49	701,41	25	40,23		0	0
2428891	740,33	2311	704,39	1,2	2,49	701,41	25	40,23		0	0
2431319	741,07	2340,2	713,29	1,2	0	0,00	25	40,23		0	0

Posição		Elevação		rampa	curva		Limite de velocidade		nome do local	C 1	C 2
(feet)	(km)	(feet)	(m)	(%)	°	(m)	MPH	km/h			
2431410,8	741,09	2341,3	713,63	1,2	0	0,00	25	40,23		0	0
2431463,3	741,11	2341,9	713,81	1,2	0	0,00	12	19,31	ZTO - FIM	0	2
2431830,8	741,22	2346,3	715,15	0	0	0,00	25	40,23		0	1
2432044	741,29	2346,3	715,15	0	-2,18	801,14	25	40,23		0	1
2433651,5	741,78	2346,3	715,15	0	0	0,00	25	40,23		0	1
2436502,8	742,65	2346,3	715,15	0	0	0,00	25	40,23		0	1
2436506	742,65	2346,3	715,15	0	0	0,00	25	40,23	TUTOIA	8	1
2436834	742,75	2346,3	715,15	0	2,24	779,68	25	40,23		0	1
2437195	742,86	2346,3	715,15	0	2,24	779,68	25	40,23		0	1
2437247,5	742,87	2346,3	715,15	0	2,24	779,68	12	19,31	ZTO - INICIO	0	3
2437450,8	742,93	2346,3	715,15	-1,2	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2439780,3	743,65	2318,4	706,65	-1,2	0	0,00	25	40,23		0	0
2442733	744,54	2282,9	695,83	-1,2	2,24	779,68	25	40,23		0	0
2444599,8	745,11	2260,5	689,00	-1,2	0	0,00	25	40,23		0	0
2445420	745,36	2250,7	686,01	-1,2	-1,73	1009,50	25	40,23		0	0
2446010,5	745,54	2243,6	683,85	0	-1,73	1009,50	25	40,23		0	0
2448372,8	746,26	2243,6	683,85	-1,4	-1,73	1009,50	25	40,23		0	0
2450078,8	746,78	2219,7	676,56	-1,4	0	0,00	25	40,23		0	0
2455554,5	748,45	2143,1	653,22	-1,4	-2,24	779,68	25	40,23		0	0
2457037,5	748,91	2122,3	646,88	-1,4	0	0,00	25	40,23		0	0
2458176	749,25	2106,4	642,03	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2459554	749,67	2106,4	642,03	0	0	0,00	25	40,23		0	0
2459606,3	749,69	2106,4	642,03	0	0	0,00	12	19,31	ZAR - FIM	0	2
2459918	749,78	2106,4	642,03	0	-5,79	301,75	25	40,23		0	1
2460137,8	749,85	2106,4	642,03	0	0	0,00	25	40,23		0	1
2460308,5	749,90	2106,4	642,03	0	0	0,00	25	40,23		0	1
2460311,8	749,90	2106,4	642,03	0	0	0,00	25	40,23	ARARAQUARA	8	1
2460991	750,11	2106,4	642,03	0	-5,79	301,75	25	40,23		0	1
2461515,8	750,27	2106,4	642,03	-1,5	-5,79	301,75	25	40,23		0	1
2461670	750,32	2104	641,30	-1,5	-5,79	301,75	25	40,23		0	1
2461722,5	750,33	2103,3	641,09	-1,5	-5,79	301,75	12	19,31	ZAR - INICIO	0	3