

FORTALEZA 近郊鉄道  
電化計画調査報告書

(ブラジル)

1987. 5. 15

国際協力事業団

19453

JICA LIBRARY



1065941[5]

19853

## Í N D I C E

	Pág.
INTRODUÇÃO .....	1
1. Histórico e Objetivo do Estudo .....	1
2. Objetos Considerados no Estudo .....	1
3. Escopo sobre o Plano e Cronograma do Estudo .....	2
4. Composição do Grupo de Estudo .....	3
I - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	4
II - SÍNTESE .....	6
III - PREVISÃO DA DEMANDA .....	16
1. Rodovia Tronco e Transporte de Ônibus	17
2. Plano de Construção de um Conjunto Ha bitacional .....	18
3. Previsão de Demanda de Passageiros do Plano de Transporte .....	20
4. Transporte de Carga .....	30
IV - PLANO DE TRANSPORTE .....	40
V - PLANO DE OPERAÇÃO .....	45

	Pág.
VI - PLANEJAMENTO DAS INSTALAÇÕES .....	48
1. Construção Civil, Via Permanente e Pátios de Parada .....	48
2. Instalação da Eletrificação e Ener- gia Elétrica .....	88
3. Instalação de Comando .....	103
4. Sinalização .....	112
5. Telecomunicação .....	132
6. Passagem de Nível .....	141
7. Materiais Rodantes .....	151
8. Base de Materiais Rodantes .....	170
VII - PLANO DE OBRA .....	186
VIII - COMPARAÇÃO ECONÔMICA ENTRE ELETRIFICA ÇÃO E DIESEL .....	190
1. Comparação Econômica .....	190
2. Resultados da Eletrificação da Ferro via de Fortaleza .....	202
IX - ETAPAS DO PROJETO .....	221
X - CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROJETO DE CORTE DO CENTRO DA LINHA TRONCO SUL .....	223
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	236

## INTRODUÇÃO

### 1. HISTÓRICO E OBJETIVO DO ESTUDO

De 1970 a 1980, a população da região metropolitana de Fortaleza tem aumentado 4,9% por ano e está previsto que, no futuro próximo, deve atingir a cifra de 2.000.000 de habitantes. Concorreu para este aumento, a construção de conjuntos habitacionais destinados à população de baixa renda, implementada pelo estado e município. O transporte urbano, decorrente deste aumento populacional, constitui um problema que requer urgente solução. E, neste sentido, o Governo vem empenhando o seu esforço desde 1984 e, nesta oportunidade, incumbiu a CBTU e a missão japonesa de estudar o assunto.

### 2. OBJETOS CONSIDERADOS NO ESTUDO

Elaboração de um Plano Diretor para eletrificar os troncos Norte (João Felipe a Caucaia) e Sul (João Felipe a Maracanaú) os quais operam,

atualmente, os trens suburbanos, e sua avaliação.

3. ESCOPO SOBRE O PLANO E CRONOGRAMA DO ESTUDO.

	1986		1987					
	11	12	1	2	3	4	5	6
Projeto Conceitual	■							
Demanda Atualizada		■						
Projeto Básico	■	■	■	■	■	■	■	
Missão Japonesa				■	■	■	■	
Levantamento no Campo					■	■		

#### 4. COMPOSIÇÃO DO GRUPO DE ESTUDO

	MISSÃO JICA	CONTRAPARTE
Coordenação Geral (Comparação Econômica)	Mikiro Matsuzawa	Ronaldo Afonso
Infra Estrutura	Susumu Terui	Paulo Roberto da Sil va Carvalho
Superestrutura	Susumu Terui	Eurico Correa Duarte
Edificação	Susumu Terui	Paulo Roberto Po- rillo Pinto
Obras Especiais, Túneis	Susumu Terui	Flávio Mota Monteiro
Eletrificação	Mikiro Matsuzawa	Luís Carlos Rodrigues
Telecomunicação	Yuzi Kato	Tomas Alberto D'Agos- tini Aquino
Sinalização	Yuzi Kato	Chum-Itiro Hori
Materiais Rodantes	Kazumi Honnabeta	José Valadão Duarte
Operação	Yuzi Kato	Mário Guilherme de Castro Campos



## I - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A eletrificação dos Troncos Sul (23 km) e Norte (20 km) da região metropolitana de Fortaleza em corrente contínua de 3.000 V, mantendo a bitola métrica, é, viável, técnica e economicamente.

O aumento da capacidade de transporte, para atender a demanda dos referidos Troncos, Norte e Sul, como uma medida para solucionar o problema dos trabalhadores do subúrbio desta cidade, é decorrência de uma forte necessidade social. O Governo está empenhando na solução do problema, juntamente com os órgãos regionais. Como se vê claramente pela Comparação Econômica, como ferrovia, a medida que deve ser adotada é a eletrificação.

A obra no Tronco Sul deve ser iniciada imediatamente e, por mais que retarde, no início de 1990, deve inaugurar a operação eletrificada.

O Tronco Norte tem ainda alguma tolerância. Entretanto, economicamente, é mais vantajoso eletrificá-lo, o quanto rápido possível, enquanto os DELs do Tronco Sul, que serão transferidos para

a linha Tronco Norte, estiverem em condição de operação.

O sistema em corrente contínua de 3.000 V é um sistema padronizado mundialmente. Para a operação em alta densidade e curta distância, semelhante às condições desta região, é um sistema mais econômico do que a corrente alternada em 25 kV.

Coincide também com o sistema das linhas eletrificadas do Brasil, apresentando boas condições também no aspecto de manutenção.

## II - SÍNTESE

### 1. DEMANDA DE TRANSPORTE (POR HORA NO PICO DO PERCURSO DE UM SENTIDO)

ANO	1.988	1.992	1.997	2.002	2.007
LTS	5.200	6.500	8.700	11.900	16.200
LTN	2.500	3.300	4.600	6.300	8.500

### 2. ETAPAS NO PLANO OPERACIONAL

	HEADWAY	CARROS	
1º Estágio	Pico 15'	4	(5520/Hora) ∴ 346/Carro
	Vale 15'	4	
2º Estágio	Pico 10'	4	(8304/Hora)
	Vale 10'	4	
3º Estágio	Pico 5'	4	(16608/Hora)
	Vale 5'	4	

Obs.: No futuro, considerar 8 carros.

### 3. PLANO DE OPERAÇÃO

- (1) Faixa de horário da operação do trem de carga: 22:00 até 4:00.
- (2) A circulação do trem de longa distância será interrompida nas estações de Maracanau e Caucaia.
- (3) Velocidade média (incluindo tempo de parada nas estações)

	TEMPO DE PARADA	VELOCIDADE MÉDIA	
1º Estágio	40"	40.3 Km/H	$26 + 0.25 + 8 = 34.25$ $\frac{23 \times 60}{34.25} = 40.3$
2º Estágio	40"	40.3 Km/H	
3º Estágio	30"	42.8 Km/H	$26 + 0.25 + 6 = 32.25$ $\frac{23 \times 60}{32.25} = 42.8$

#### 4. PLANO DE INSTALAÇÃO

##### 4.1 Construção Civil, Via Permanente e Estações

- (1) Pátio de estacionamento      J. Felipe
- (2) Estações                      LTS = 3      LTN = 4
- (3) Duplicação
- (4) Quanto à estrutura do leito das linhas o Tronco Sul e Tronco Norte, a obra deve ser executada conforme o atual plano.
- (5) Providenciar, urgentemente, o cerco de vedação ao longo da linha, para impedir o acesso ilegal.
- (6) As obras de melhoria da curva e dos elevados deverão ser feitas conforme o plano.
- (7) As obras de melhoria da estação de João Felipe e cruzamento em viaduto das passagens de nível devem ser definidas cuidadosamente para não influir na seleção da localização das bases de materiais rodantes.

(8) Crê-se que o projeto para encurtar a li nha Tronco Sul, aproveitando o arranjo da rua do centro, é um meio eficiente para estimular um novo desenvolvimento, e dinamização da cidade e ampliar o número de usuários da ferrovia.

#### 4.2 Instalação para eletrificação e energia elétrica.

(1) Fica estabelecido que o sistema elétrico será de 3.000 V em corrente contínua.

(2) A capacidade da fonte elétrica é suficiente. Quanto a linha Tronco Norte, embora, hoje, esteja desprovida de fonte de energia elétrica, a COELCE está planejando construí-la em 1988.

(3) Há um sistema de desconto da tarifa aplicado à ferrovia.

(4) Subestações            LTS: 3            LTN: 2

(5) Catenária            LTS: 23 Km    LTN: 20 Km

Na linha Tronco Sul não há problema de altura das estruturas existentes. Na linha Tronco

Norte há 2 pontes ferroviárias com altura insuficiente. Porém, ambas já estão envelhecidas e deterioradas, fazendo parte do plano de substituição.

- (6) Instalar, como fonte para sinalização automática, a fonte e linha de distribuição de alta tensão de 6.6 kV.

#### 4.3 Instalações de comando

- (1) Quanto à instalação de comando de operação, é recomendável o comando pelo equipamento. Por esta razão, é necessário e laborar um estudo em nível de automação.
- (2) Quanto às instalações de comando de sinalização e telecomunicação, é recomendável instalar o equipamento de controle centralizado.

#### 4.4 Sinalização

1ª - 2ª Estágio	Automação, intertravamento do relé, automação de barreira
3ª Estágio	+ ATC, CTC

#### 4.5 Telecomunicação

1º Estágio Sistema de transmissão de rádio  
(sistema de transmissão em cabo  
óptico)

Sistema de Telefone

Sistema de Controle Centralizado

2º Estágio. Sistema Especial

. Sistema de sonorização da es-  
tação

. Sistema de cronometragem da  
estação

. Painel de aviso da saída do  
trem

#### 4.6 Passagem de nível

(1) É recomendável transformar urgentemente  
as passagens de nível das regiões urba-  
nas em viadutos.

(2) É necessário tornar automática as passa-  
gens de níveis localizadas fora da re-  
gião urbana.

#### 4.7 Material rodante

(1) Composição PMMR.



(2) Tipo de trem elétrico

(a) Lotação: 346/Carro

(b) Comprimento: 20 m

(c) Peso: em média menor que 40 t/carro

(d) Potência de motor: 200 kW

(e) Velocidade máxima: 80 km/h

(3) Diferença com os trens elétricos convencionais.

(a) Como a bitola é de 1.000 mm, o diâmetro do motor torna-se maior, aumentando também o diâmetro da roda para 38"

(b) O peso da caixa de carro foi reduzido para alcançar a taxa de aceleração de  $0,7 \text{ m/s}^2$ .

(c) Foi adotado o freio direto eletromagnético ao invés do freio automático

4.8 Bases do material rodante e oficinas.

Providenciar a linha para colocação (reten-

ção) do trem.

Embora a localização das oficinas não tenha sido determinada de modo definitivo, pensou-se em locá-las em Rocket.

## 5. PLANO DE OBRA

(1) A eletrificação da linha Tronco Sul deve ser executada imediatamente. A eletrificação da linha Tronco Norte deve ser feita aproximadamente em 1995. Nesta linha deve ser executada uma obra para reforçar a capacidade de transporte, que permita, até a eletrificação, oferecer um serviço flexível com os materiais rodantes transferidos da linha Tronco Sul.

(2) Os preços da obra de eletrificação são: US\$ 154.000.000 para linha Tronco Sul e US\$ 89.000.000 para linha Tronco Norte, totalizando US\$ 242.000.000. O valor total da obra para alcançar o headway de 10 minutos na linha Tronco Sul e de 15 minutos na linha Tronco Norte, que será operada em diesel antes da sua eletrificação, é de US\$ 198.000.000.

## 6. COMPARAÇÃO ENTRE A OPERAÇÃO EM ELETRIFICAÇÃO E DIESEL

### 6.1 Comparação econômica

- (1) Na linha Tronco Sul, o valor da despesa anual da operação em eletrificação e em diesel se iguala quando o headway atingir 25 minutos com 4 carros. No 1º estágio, quando headway alcançar 15 minutos, há uma economia de aproximadamente US\$ 1.000.000, ou seja, será auferido o lucro.
- (2) Na linha Tronco Norte serão aproveitadas as instalações construídas em linha Tronco Sul. Por isso, o valor da despesa anual correspondente às duas modalidades de operação se iguala com o headway de 30 minutos, com 4 carros. No 1º estágio a economia será aproximadamente de US\$ 1.400.000,00
- (3) A taxa de rendimento interno de investimento, com a eletrificação é de 13,6%, sendo extremamente boa. Isto é, este em

preendimento é viável.

## 6.2 Resultado da eletrificação da ferrovia de Fortaleza

A eletrificação da ferrovia de Fortaleza trará os seguintes resultados:

- (1) Melhoria no gerenciamento da ferrovia;
- (2) Desenvolvimento da indústria nacional brasileira e desenvolvimento social da região de Fortaleza; e
- (3) Aproveitamento eficiente da energia e dos ricos recursos hidrelétricos.

### III - PREVISÃO DA DEMANDA

O volume atual de transporte de passageiros da ferrovia suburbana é de 32.000 por dia e 3.800 no momento de pico, na linha Tronco Sul (quilometragem comercial 22,7 km) e 16.000 por dia e 1.900 no momento do pico, na linha Tronco Norte (quilometragem comercial 19,5 km).

Pelo resultado do estudo feito em 27 de novembro de 1986, tanto na linha Tronco Sul como na Tronco Norte, o número de passageiros que circulam no trem foi de 14.900 por dia.

Parece haver bastante variação no número de usuários, durante o ano. Apresentamos nos Quadros III-1 e 2 o resultado do movimento, no período de 1978 a 1986.

Estima-se, atualmente, que há cerca de 35% de passageiros que viajam sem pagar. As instalações atuais não permitem que elimine completamente estes viajantes e, por isso, é recomendável proteger completamente a parte do terreno da ferrovia, em torno da estação.

## 1. RODOVIA TRONCO E TRANSPORTE DE ÔNIBUS

Há 02 troncos rodoviários principais, que se estendem paralelos e em cruzamento com a ferrovia suburbana. Sobretudo, a linha Tronco Sul, corre paralelamente a uma linha de ônibus. Isso, para a ferrovia representa transferências dos passageiros de ônibus para trem ou vice-versa, o que permite reformular o seu papel no transporte.

Estes troncos rodoviários são denominados de Corredor A e Corredor B. O Corredor A exerce influência sobre a linha Tronco Norte e o Corredor B influi sobre a linha Tronco Sul. No Gráfico III-1-1 apresentamos a sua localização.

Pelo resultado do estudo desenvolvido pela GEIPOT em 1986, que considerou na contagem os usuários do ônibus da faixa de hora da manhã, de 5 horas até 8 horas, e de cada hora, há na linha Tronco Norte 25.000 passageiros de ônibus e na linha Tronco Sul 37.700. Pode-se prever que, com a eletrificação, 65% dos passageiros de cada linha passam a ser passageiros transferidos para a ferrovia.

As linhas de ônibus, que constituem a atual fonte de demanda e oferta, reúnem os usuários, tanto para linha Tronco Norte como para a Tronco Sul, na estação de origem, e organizam a praça de trânsito. Com isso, aumenta o número de passageiros que viajam pela ferrovia, que, por sua vez, desempenha o transporte de grande massa, de modo rápido e confortável, cumprindo, assim, a sua real função.

O Gráfico III-1-2 mostra o estudo do GEIPOT referente ao sistema de transporte composto de Corredores e Ferrovia.

Os valores que influem na demanda das linhas Tronco Norte e Tronco Sul estão apresentados nos Quadros III-1-1 e III-1-2.

## 2. PLANO DE CONSTRUÇÃO DE UM CONJUNTO HABITACIONAL

No Gráfico III-2 apresentamos os Conjuntos Habitacionais cuja construção está planejada ao longo da ferrovia das linhas Tronco Norte e Tronco Sul, e os conjuntos já construídos. Os conjuntos já habitados são 11 (onze) em linha Tronco

Norte, a quantidade de habitações é de 18.387 e o número de habitantes é de 91.685. Os conjuntos planejados são em número de 3 (três) com 12.395 unidades habitacionais. O número de habitantes planejado para este valor é de 61.975. Na linha Tronco Sul já se encontram habitados 10 (dez) conjuntos com 22.181 unidades habitacionais e o número de habitantes é de 110.905. Os conjuntos planejados ao longo desta linha é de 5 (cinco) com 4.680 unidades habitacionais e 50.295 habitantes.

O plano prevê que, nas linhas Tronco Norte e Tronco Sul, a quantidade de unidades habitacionais seja de 63.022 com 314.860 habitantes. No Quadro III-2-1 apresentamos o detalhe dos valores.

Na época da conclusão destes conjuntos habitacionais a ferrovia suburbana passará a exercer uma importante função como um tronco transportador, absorvendo, ao mesmo tempo, a grande demanda dos passageiros que se transferem dos Corredores mencionados para o trem.



3. PREVISÃO DA DEMANDA DE PASSAGEIROS DO PLANO DE TRANSPORTE,

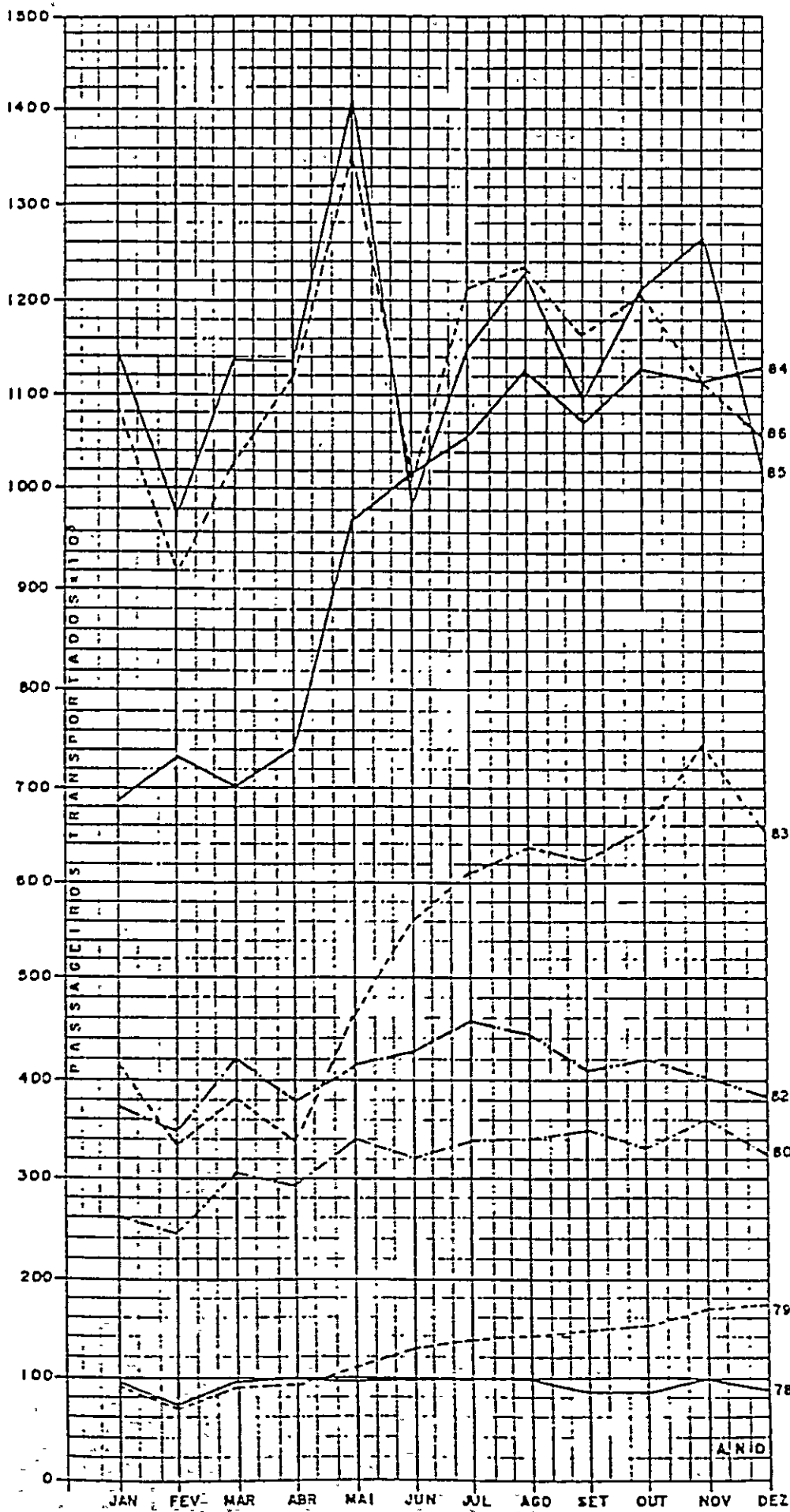
Conforme descrevemos, podem ser previstos diversos valores possíveis de constituir a demanda, no futuro, advindos da população que movimentam as estações e plano de habitação. Entretanto, estabeleceu-se desenvolver o presente estudo do Plano de Eletrificação conforme os seguintes valores adotados pela CBTU:

Por 01 hora de pico

ANOS	1.988	1.992	1.997	2.002	2.007
LINHAS					
LTS	5.200	6.500	8.700	11.900	16.200
LTN	2.500	3.300	4.600	6.300	8.500

No Gráfico III-3-1, apresentamos, os números no momento de pico.

QUADRO III-1



EVOLUÇÃO MENSAL DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

\* FONTE: RELATÓRIO CTM/FOR

QUADRO 111-2

MOVIMENTO DIÁRIO DE VENDA DE BILHETES NAS ESTAÇÕES (L.T. SUL)

BILHETES VENDIDOS POR ESTAÇÃO

SENTIDO: CENTRO - BAIRRO

DIA: 27/11/86

ESTACÃO PARTIDA	JOÃO FELIPE	OTÁVIO BONFIM	COUTO FERNAN- DES	PARAN- GABA	VILA PERY	MANOEL SÁTIRO	MONDUBIM	ESPERAN- ÇA	ARACAPÉ	PAJUÇARA	TOTAL
04:00	-	-	03	02	-	-	-	02	06	19	32
05:30	15	15	20	08	04	12	08	09	25	28	142
06:00	39	51	45	41	26	30	18	18	10	16	354
06:30	89	44	57	71	30	20	14	20	30	20	395
07:00	64	52	58	35	06	16	13	14	15	12	285
08:00	115	66	58	97	33	33	22	10	20	15	469
09:30	510	112	25	83	46	30	26	19	15	25	891
11:00	922	143	30	121	70	25	39	18	50	20	1438
12:00	823	98	35	54	20	24	31	17	15	54	1171
13:00	240	106	35	63	23	18	46	13	15	04	563
14:30	313	114	27	65	48	26	55	30	25	07	710
16:00	407	174	36	153	32	30	51	19	50	15	967
16:30	302	90	50	146	32	28	24	20	05	12	709
17:00	403	120	90	116	51	18	22	17	10	04	851
17:30	500	259	90	119	17	22	29	03	05	13	1057
18:00	493	290	98	104	36	25	41	07	05	06	1105
18:30	944	-	67	103	23	17	34	08	03	06	1205
19:00	701	-	60	39	21	20	55	06	03	04	909
19:30	790	-	50	88	04	13	41	04	04	04	998
20:00	379	-	45	47	14	12	09	08	05	-	519
20:30	130	-	15	30	07	10	15	14	-	05	226
TOTAL	8179	1732	994	1585	543	429	593	276	316	349	14996

SENTIDO: BAIRRO - CENTRO

DIA: 27/11/86

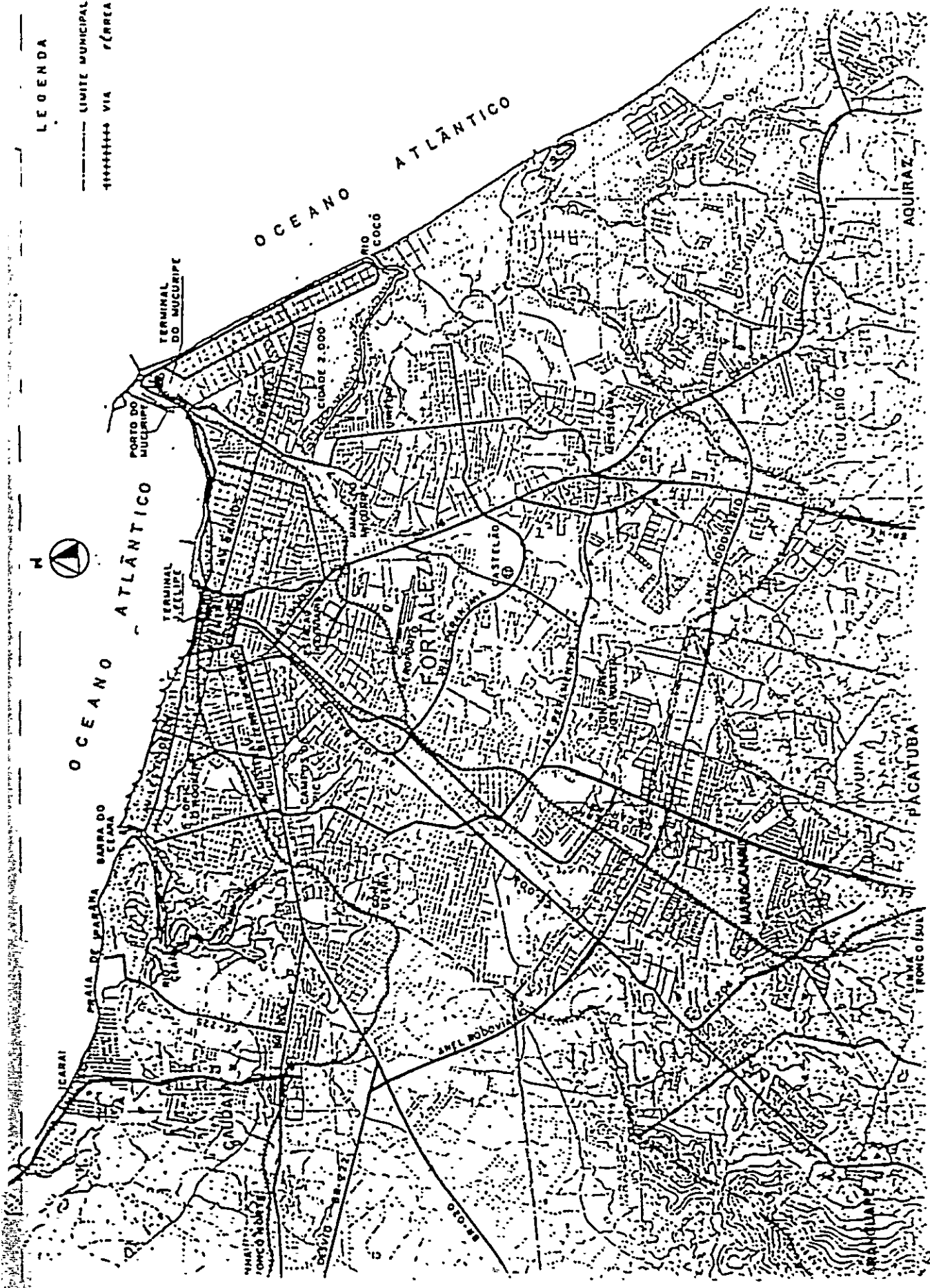
ESTACÃO PARTIDA	MARA- CANAÚ	PAJUÇARA	ARACAPÉ	ESPERAN- ÇA	MONDUBIM	MANOEL SÁTIRO	VILA PERY	PARAN- GABA	COUTO FERNAN- DES	OTÁVIO BONFIM	TOTAL
04:56	541	90	58	24	07	29	07	04	15	02	777
05:26	680	189	91	44	25	19	20	06	30	02	1106
05:56	756	183	60	68	19	26	20	22	60	04	1218
06:26	1017	200	65	63	21	55	77	08	90	03	1599
06:56	887	200	40	88	09	35	27	20	70	01	1377
07:26	598	150	30	30	11	22	25	05	48	01	920
07:56	623	140	40	27	23	35	10	04	30	04	936
08:56	646	135	50	25	24	25	26	10	30	02	973
09:26	482	110	20	24	10	15	20	11	40	02	734
11:56	636	200	50	30	16	20	23	04	45	03	1033
12:56	359	150	30	35	11	37	25	27	30	05	709
13:56	333	32	20	24	14	12	22	08	35	02	552
15:26	471	73	23	27	05	18	10	43	35	03	710
16:56	361	110	10	24	07	15	26	16	25	04	598
17:26	174	58	20	06	13	10	08	24	15	03	331
17:56	161	100	10	04	06	11	12	19	20	06	349
18:26	98	100	05	08	03	15	07	21	19	03	279
18:56	109	40	04	06	08	16	07	06	15	-	211
19:26	79	20	04	05	04	05	03	10	10	-	140
20:26	108	30	04	04	01	08	04	09	02	-	170
21:26	136	30	00	04	00	06	01	04	02	-	183
TOTAL	9255	2390	636	576	237	434	380	281	666	50	14905

MALHA VIÁRIA BÁSICA DE ACESSO A FORTALEZA

GRÁFICO III-1-1

LEGENDA

- LIMITE MUNICIPAL
- +++++ VIA
- ÁREA



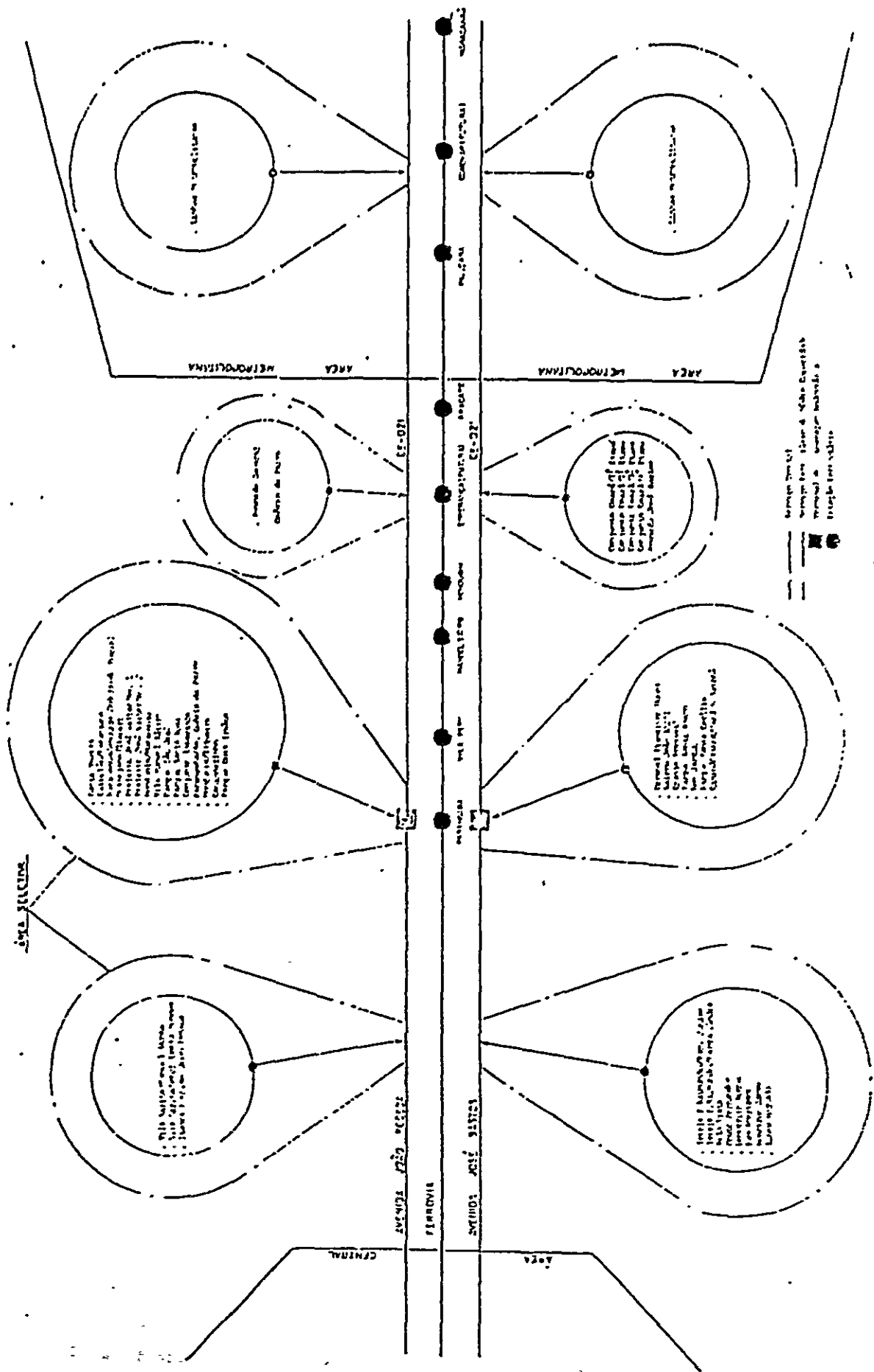


GRÁFICO III-1-2

DEMANDA DE PASSAGEIROS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA LTN

CORREDOR A

AV. BEZERRA DE MENEZES - MISTER HULL E RODOVIAS BR 220-020  
LINHA TRONCO NORTE - TRECHO JOÃO FELIPE - CAUCAIA

QUADRO III-1-1

ORDEM	DESCRIÇÃO	VALORES
01	Passageiros/dia ônibus urbano	187.000
02	Passageiros/dia ônibus metropolitano	25.000
03	Passageiros/dia trem metropolitano	20.000
04	Total de passageiros de todo o sistema	232.000
05	* Passageiros na hora de pico (6:00 às 7:00)	24.000
06	Passageiros de ônibus que poderiam ser absorvidos pelo trem com integração	127.000
07	Passageiros de ônibus que poderiam ser absorvidos pelo trem sem integração	25.000
08	Acréscimo estimado do número de passageiros/dia proveniente da ocupação total dos conjuntos habitacionais	53.000
09	Demanda potencial do trem (Itens 03+06+08)	200.000
10	** População da área de influência do corredor/segmento urbano	401.000
11	População da área de influência do corredor/segmento metropolitano	175.000
12	População total da área de influência do corredor	576.000
13	Conjuntos habitacionais na área de influência da ferrovia	16
	quantidade.	
	número de casas	30.780
	população estimada	153.660

Obs: DADOS ATUALIZADOS PARA 1986

- \* Passageiros de todo o sistema nos dois sentidos
- \*\* Há superposição em áreas de influência dos corredores no segmento urbano
- \*\*\* A população dos conjuntos já ocupados está incluída na população total.

FUNTES:

- Itens 01 a 07, 09, 10 e 11
- Projeto Físico e Operacional do Corredor A - GEIPOP/1984
- Itens 08 e 12
- Estudo Simplificado da Demanda Ferroviária na RMF GEIPOP/1985

# DEMANDA DE PASSAGEIROS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA LTS

## CORREDOR B

AV. JOSÉ BASTOS - JOÃO PESSOA E RODOVIAS CE 004 - 021  
LINHA TRONCO SUL - TRECHO JOÃO FELIPE - MARACANAÚ

QUADRO III-1-2

ORDEM	DESCRIÇÃO	VALORES
01	Passageiros/dia ônibus urbano	296.000
02	Passageiros/dia ônibus metropolitano	23.000
03	Passageiros/dia trem metropolitano	38.500
04	Total de passageiros de todo o sistema	357.500
05	* Passageiros na hora de pico (6:00 às 7:00)	40.000
06	Passageiros de ônibus que poderiam ser absorvidos pelo trem com integração	198.500
07	Passageiros de ônibus que poderiam ser absorvidos pelo trem sem integração	37.700
08	Acréscimo estimado do número de passageiros/dia proveniente da ocupação total dos conjuntos habitacionais	44.600
09	Demanda potencial do trem (Itens 03+06+08)	261.600
10	** População da área de influência do corredor/segmento urbano	650.000
11	População da área de influência do corredor/segmento metropolitano	190.000
12	População total da área de influência do corredor	840.000
13	Conjuntos habitacionais na área de influência da ferrovia	17
	quantidade.	
	número de casas	32.240
	população estimada	161.200

CEB: DADOS ATUALIZADOS PARA 1986

- \* Passageiros de todo o sistema nos dois sentidos
- \*\* Há superposição em áreas de influência dos corredores no segmento urbano
- \*\*\* A população dos conjuntos já ocupados está incluída na população total.

FUNTES:

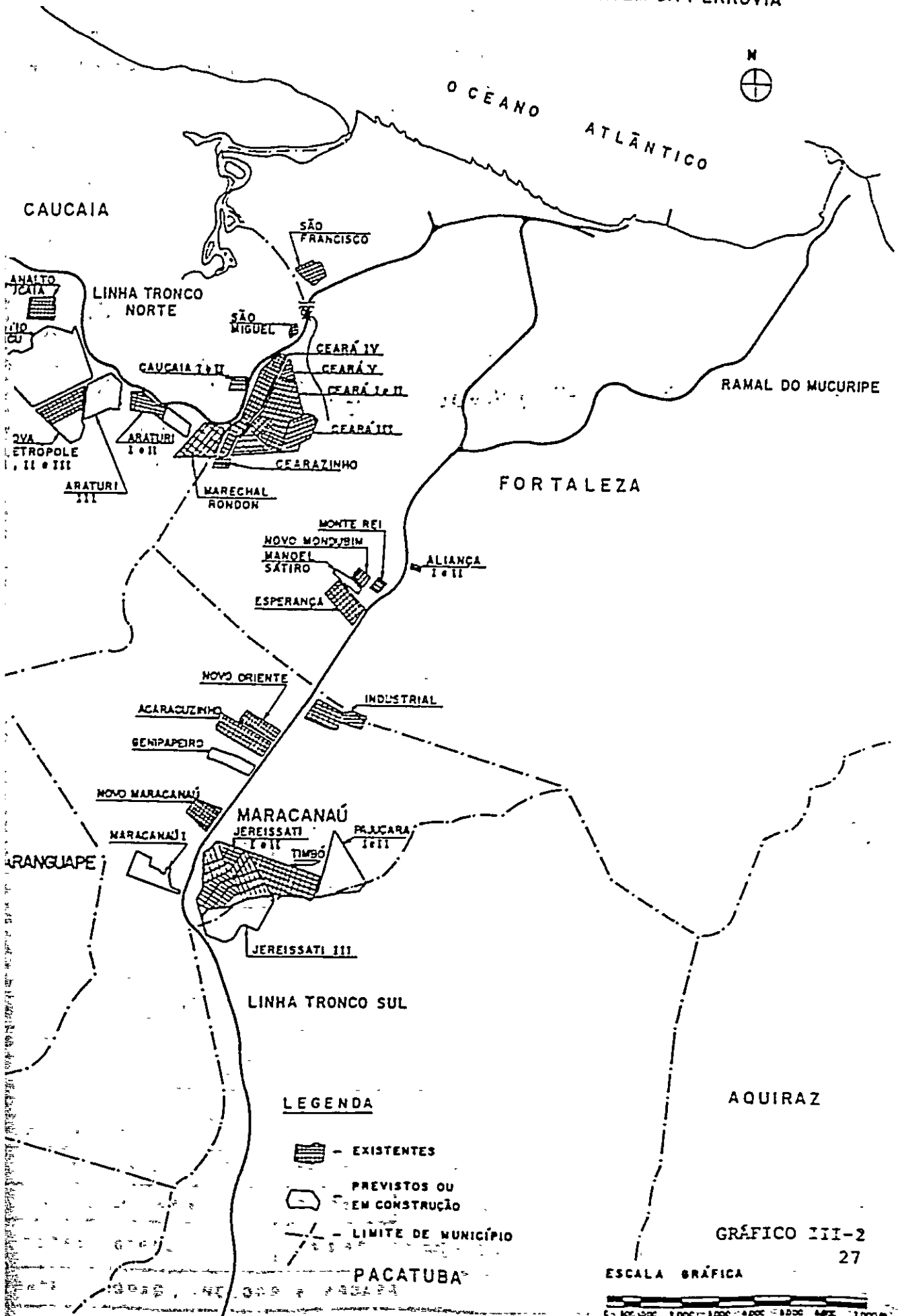
Itens 01 a 07, 09, 10 e 11 -

Projeto Físico e Operacional do Corredor B - GEIPOP/1984

Itens 08 e 12

Estudo Simplificado da Demanda Ferroviária na RNF GEIPOP/1985

CONJUNTOS HABITACIONAIS LOCALIZADOS À MARGEM DA FERROVIA





CONJUNTOS HABITACIONAIS LOCALIZADOS À MARGEM DA FERROVIA

LINHA TRONCO SUL

CONJUNTOS HABITACIONAIS	CONSTRUÍDOS ATÉ 1986		PROJETO / CONSTRUÇÃO		JURISDIÇÃO
	Nº DE CASAS	POPULAÇÃO PROVAVEL	Nº DE CASAS	POPULAÇÃO PROVAVEL	
ALIANÇA I e II	132	860	—	—	COHAB
NOVO MONDUBIM	720	3.600	—	—	COHAB
MANOEL SÁTIRO	—	—	1.656	8.280	INOCOOP
MONTE REI	800	4.000	—	—	PARTICULAR
ESPERANÇA	2.039	10.195	—	—	COHAB
INDÚSTRIAL	1.276	6.380	—	—	COHAB
NOVO ORIENTE	838	4.190	—	—	INOCOOP
ACARACUZINHO	1.976	9.880	—	—	COHAB
GENIPAPEIRO	—	—	1.138	5.690	COHAB
NOVO MARACANAÚ	1.500	7.500	—	—	INOCOOP
JEREISSATI I, II e III	10.000	50.000	1.334	6.670	COHAB
MARACANAÚ	—	—	1.251	6.255	COHAB
TIMBÓ	2.900	14.500	—	—	COHAB
PAJUÇARA I e II	—	—	4.680	23.400	COHAB
T O T A L	22.181	110.905	10.059	50.295	
TOTAL DE CASAS	32.240	TOTAL DA POPULAÇÃO		161.200	

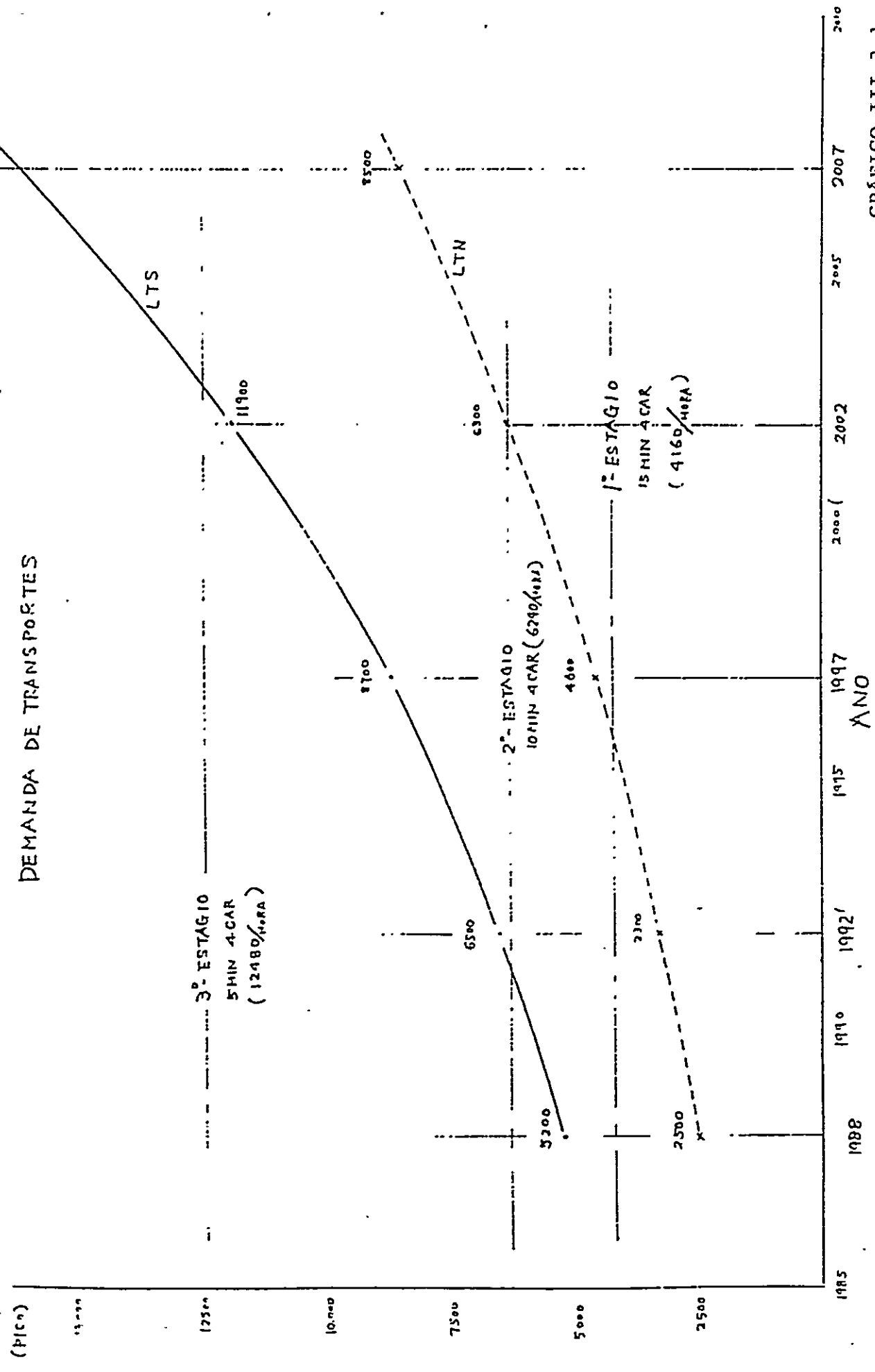
LINHA TRONCO NORTE

CONJUNTOS HABITACIONAIS	CONSTRUÍDOS ATÉ 1986		PROJETO / CONSTRUÇÃO		JURISDIÇÃO
	Nº DE CASAS	POPULAÇÃO PROVAVEL	Nº DE CASAS	POPULAÇÃO PROVAVEL	
SÃO MIGUEL	163	815	—	—	PROAFA
CEARÁ V	281	1.405	—	—	COHAB
CEARÁ I, II e III	5.519	27.595	—	—	COHAB
CEARÁ IV	3.150	15.750	—	—	COHAB
CEARAZINHO	155	775	—	—	PARTICULAR
MARECHAL RONDON	1.500	7.500	—	—	PROAFA
ARATURI I e II	2.280	11.150	—	—	COHAB
ARATURI III	—	—	2.010	10.050	COHAB
NOVA METRÓPOLE I e II	2.996	14.980	—	—	COHAB
NOVA METRÓPOLE III	—	—	2.541	12.705	COHAB
SÍTIO PICÚ	—	—	7.844	39.220	COHAB
PLANALTO CAUCAIA	1.264	6.320	—	—	COHAB
CAUCAIA I e II	80	400	—	—	COHAB
SÃO FRANCISCO	999	4.995	—	—	PROAFA
T O T A L	18.387	97.685	12.395	61.975	
TOTAL DE CASAS	30.782	TOTAL DA POPULAÇÃO		153.660	
TOTAL GERAL	CASAS → 63.022		POPULAÇÃO → 314.860		

FONTE: COHAB, INOCOOP e PROAFA

NUMERO  
POR HORA

DEMANDA DE TRANSPORTES



#### 4. TRANSPORTE DE CARGA

Atualmente, o transporte de carga parte do terminal de Mucuripe, que fica defronte ao porto, e a partir da estação de Parangaba da linha Tronco Norte marcha na mesma linha de transporte dos passageiros, passa pela estação de Maracanaú e desce para o sul, alcançando o interior. Encontra-se, ainda, constituído entre a rota que alcança a estação terminal de João Felipe nas linhas Tronco Norte e Sul, partindo da estação Parangaba, subindo para o norte e passando pela estação de Otávio Bonfim e a estação Álvaro Weyne da linha Tronco Norte, uma rota de carga em forma de delta, que alcança o interior passando pela estação de Caucaia. Este transporte de carga constitui a linha comercial da RFFS/A, que apresenta lucro.

As principais mercadorias transportadas são: açúcar, álcool, asfalto, cimento, gasolina, gesso, milho, óleo diesel, materiais de construção e outros muitos itens. Transporta, principalmente, os derivados de petróleo do porto para o interior e do interior para o porto e cidades, os produtos agrícolas. Nos Quadros III-4-1 e III-4-2 apresenta

mos os resultados deste transporte.

Está previsto que, nos próximos 5 anos, este volume de transporte de carga aumentará para o dobro do atual. Por conseguinte, a faixa de horário de operação de transporte dos passageiros do subúrbio e da carga constituirá um ponto importante no planejamento da eletrificação.

O Gráfico III-4-1 apresenta o atual gráfico do trem de carga de marcha longa, que opera passando pelas ferrovias suburbanas das linhas Troncos Norte e Sul. O Gráfico III-4-2 é o gráfico de operação do trem de carga correspondente ao trecho da ferrovia suburbana.

No capítulo do plano de operação, faremos a referência de que a atual operação diurna do transporte de carga, prejudicará a eletrificação da ferrovia suburbana. O sistema recomendável de transporte de carga para o futuro é o sistema de linhas separadas. Concluindo simultaneamente a duplicação da atual linha Tronco Sul a implantação de uma nova linha, poderá estabelecer a grande artéria de transporte regular de carga, entre Mucuripe e Maracanaú, e reduzir o custo.

Há um plano de construção do pátio de carga entre as estações de Arcapé e Pajuçara. Há, ainda, uma idéia de fazer a ligação das linhas Tronco Norte e Tronco Sul, na proximidade deste pátio planejado, mediante uma rota de corte (cut-off line).

A idéia é construir esta linha específica para a carga, de rota de corte, paralelamente à atual rodovia principal (03 pistas em cada lado x 2). O terreno para isso já está assegurado; porém, como a extensão da linha chega a ser de 13 km, a sua construção ainda não se iniciou.

A conclusão da nova rota não fará com que a atual rota de carga, que parte de Caucaia, e que se liga à linha Tronco Sul, antes da estação João Felipe, constitua uma rota de retorno para operação em diesel. A atual rota integrar-se-á com as funções do pátio planejado, trazendo grande contribuição na redução do custo de marcha. Assim sendo, deve-se proceder, urgentemente, a coordenação com os órgãos interessados, objetivando a viabilização do projeto da construção da rota de corte de carga.

No Gráfico III-4-3 apresentamos o plano da linha de carga separada e o plano da linha de corte.

O Gráfico III-4-4 apresenta a concepção do plano de construção do pátio de carga.

DISCRIMINAÇÃO	TONELADAS					TONELADAS x Km				
	1981	1982	1983	1984	1985	1981	1982	1983	1984	1985
ACÚCAR	54.368	60.723	56.662	95.369	71.270	36.258,942	36.006,630	35.343,142	70.388,620	50.226,547
ALCOOL	35.767	61.080	57.767	75.011	73.416	29.097,791	47.051,168	43.021,074	54.566,075	49.395,940
ALGODÃO EM CARÇO	—	—	1.500	2.576	4.291	—	—	210,016	2.320,882	1.298,116
ARROZ	8.932	21.680	11.726	22.517	13.191	5.792,002	13.723,052	6.061,478	12.793,240	7.161,189
ASFALTO	5.777	14.067	10.016	10.803	16.531	3.870,076	9.861,838	7.215,334	7.786,738	11.242,616
BOTIJÕES DE AÇO OU FERRO	—	—	—	2.049	4.515	—	—	—	1.232,861	2.723,548
CAL	—	—	—	639	—	—	—	—	479,284	—
CARVÃO DE PEDRA OU MINERAL	—	936	—	—	2.349	—	431,496	—	—	610,818
CIMENTO	88.492	130.355	96.108	105.931	127.164	35.798,005	70.051,120	39.262,257	44.400,808	54.119,366
FARELOS	5.987	3.831	—	—	—	3.746,895	2.366,842	—	—	—
FARINHA DE MANDIOCA	—	—	—	2.036	—	—	—	—	923,783	—
FARINHA DE TRIGO	15.199	12.500	11.222	6.117	12.980	8.800,760	7.342,470	6.170,369	3.166,590	7.249,063
FEIJÃO	—	—	8.156	2.753	1.013	—	—	3.924,742	1.369,247	619,936
FORRAGENS	—	—	4.410	1.846	3.647	—	—	2.562,637	758,871	2.260,319
GASOLINA	69.988	76.317	58.906	52.604	50.204	46.350,414	50.812,117	39.364,698	35.168,123	33.277,475
GASES COMBUSTÍVEIS LIQUEF.	—	—	—	3.079	8.274	—	—	—	2.331,955	4.982,790
GESSO	24.876	23.468	19.830	19.763	23.482	14.713,047	13.893,047	11.738,479	11.642,430	13.889,131
LADRILHOS	—	—	—	1.138	2.479	—	—	—	543,190	1.420,929
MADEIRA	—	619	1.142	—	—	—	613,178	1.197,335	—	—
MAGNESITA	2.475	2.680	3.124	3.654	3.102	1.009,800	1.083,542	1.274,742	1.490,832	1.265,616
MA MONA	—	2.621	1.852	4.035	7.029	—	562,444	604,188	1.910,346	3.258,068
MILHO	33.797	15.347	39.581	32.671	17.401	24.068,025	9.877,982	24.943,335	20.897,221	11.395,564
OLEO COMBUSTÍVEL	52.150	46.259	32.104	14.637	3.744	20.891,896	16.916,813	12.457,247	5.529,481	1.958,848
OLEO DIESEL	195.318	206.335	192.693	196.880	228.547	130.468,048	138.230,410	129.455,606	132.421,195	153.292,347
OLEO VEGETAL	6.491	5.463	5.312	8.893	10.008	2.227,832	2.249,023	1.588,773	3.239,167	3.602,925
PEDRA COMUM BRITADA	9.766	25.807	—	—	1.934	6612,809	17.489,702	—	—	1.153,922
PRODUTOS QUÍMICOS	—	—	1.731	2.431	5.289	—	—	975,112	1.701,080	4.473,831
PRODUTOS SIDERÚRGICO	—	—	—	3.042	—	—	—	—	3.872,466	—
QUEROSENE	9.190	11.336	10.205	9.156	10.878	6.596,969	8.156,551	7.352,235	6.607,033	7.632,031
RAÇÕES BALANCEADAS	1.197	—	—	—	—	644,265	—	—	—	—
RESÍDUOS METÁLICOS	—	—	2.078	1.814	—	—	—	1.326,154	1.406,552	—
SEMENTES	—	14.324	11.968	—	9.091	—	3.600,691	5.059,430	—	3.816,310
SUCATA DE AÇO OU FERRO	3.827	3.662	—	—	—	2.590,549	2.127,622	—	—	—
TIJOLOS E TELHAS	13.717	35.813	22.515	23.729	28.648	2.551,977	9.623,766	5.350,791	10.959,013	14.065,709
TORTAS DIVERSAS	834	—	1.948	3.413	3.642	4.993,356	—	684,364	1.315,045	1.636,938
TRILHOS	—	775	—	—	—	—	861,408	—	—	—
OUTRAS	11.728	19.415	26.189	42.681	21.378	4.400,434	9.112,713	12.795,482	11.009,510	1.000,179

## RESULTADOS DOS TRANSPORTES DE CARGAS NA SPII-ANO 1986

MERCADORIA	EM: OUTUBRO/1986			ATÉ OUTUBRO/1986		
	V	TU'S	TKU'S x1000	V	TU'S	TKU'S x1000
D. P. CLAROS	1327	35724.0	23938.7	10881	288861.0	193549.0
D. P. ESCUROS	90	2831.0	1520.2	462	14324.0	7134.2
ALCOOL	265	6898.0	4801.3	2921	79322.0	48968.8
ASFALTO	128	3980.0	2754.8	850	26146.0	18045.7
AÇUCAR	229	8899.0	6385.3	1316	51505.0	34736.1
GESSO	76	2310.0	1365.3	629	20555.0	12217.5
CIMENTO	275	10846.0	4588.4	1763	69322.0	27843.6
MAGNESITA	7	228.0	92.7	54	1788.0	719.4
S. CÁUSTICA	24	816.0	803.6	127	4109.0	4092.9
MILHO	13	442.0	163.8	331	11464.0	5686.2
ARROZ	62	2142.0	1294.9	378	12691.0	7092.1
F. DE TRIGO	91	3077.0	1825.5	490	16445.0	9105.5
OLEO VEGETAL	6	174.0	92.1	285	7039.0	2684.9
PCERAMICOS	59	1878.0	754.8	511	15681.0	7924.4
SUCATA	11	260.0	184.5	61	1045.0	691.0
G. L. P.	37	1029.0	615.1	315	8808.0	5267.2
BOTIJÕES	36	555.0	331.9	314	4725.0	2824.6
OUTRAS	362	9686.0	8835.1	2836	68143.0	43441.6
TOTAIS	3098	91775.0	60348.0	24524	701973.0	432025.0



DEPARTAMENTO REGIONAL DE TRANSPORTES

TOP - 1.1

GRÁFICO DE CIRCULAÇÃO DE TRENS

LINHA SUL

P	S	T	O	O	S	S
---	---	---	---	---	---	---

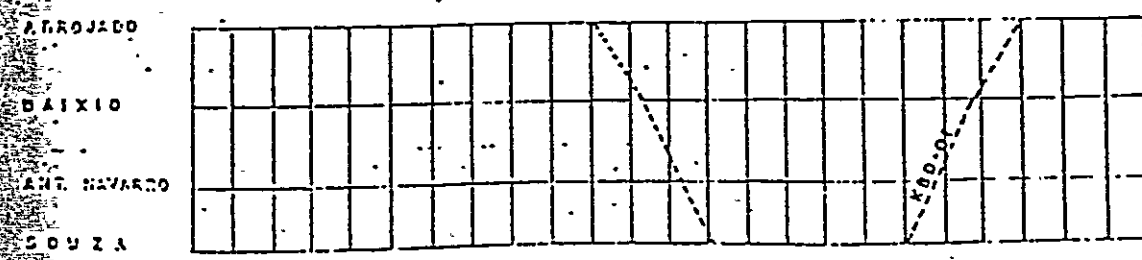
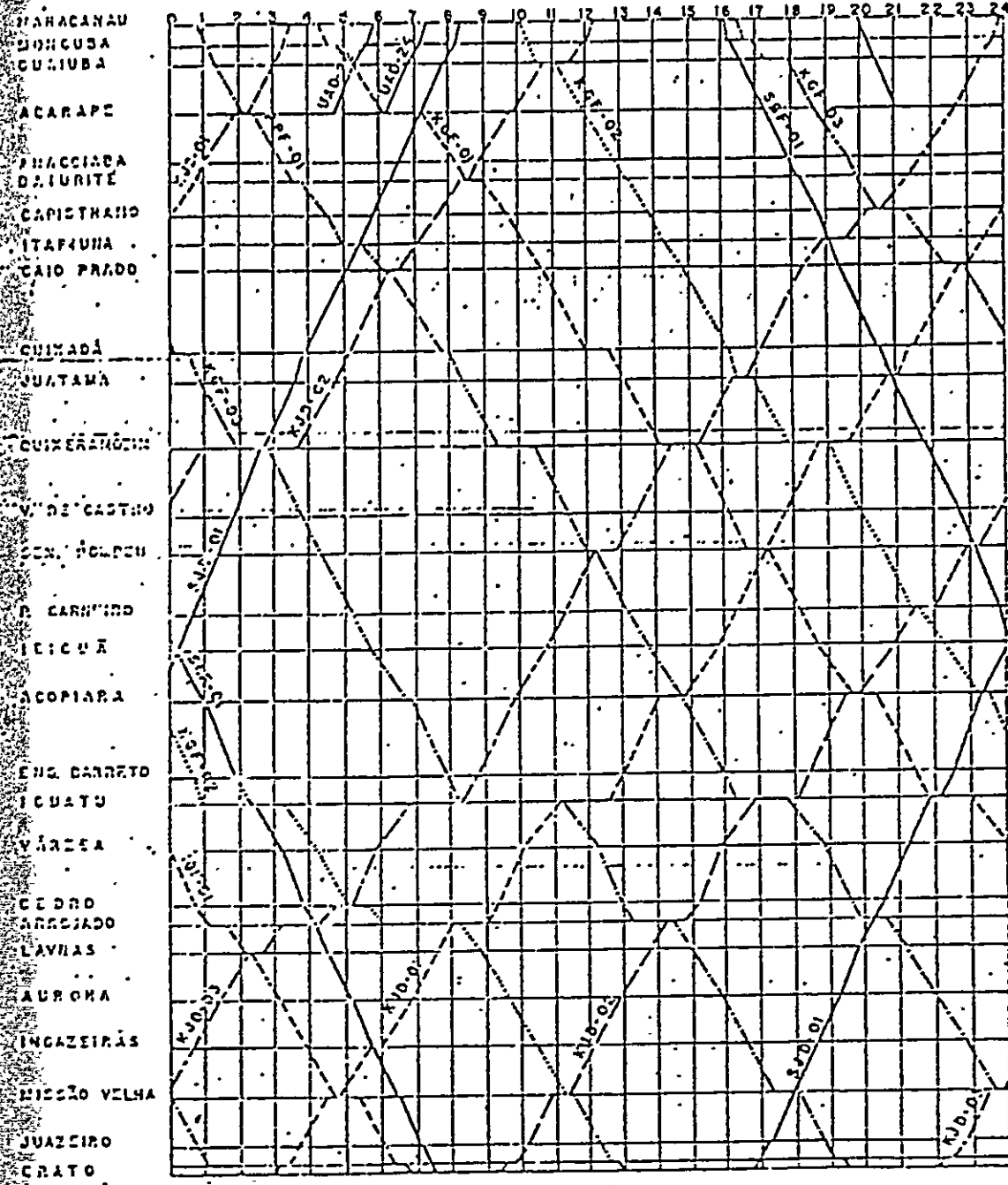
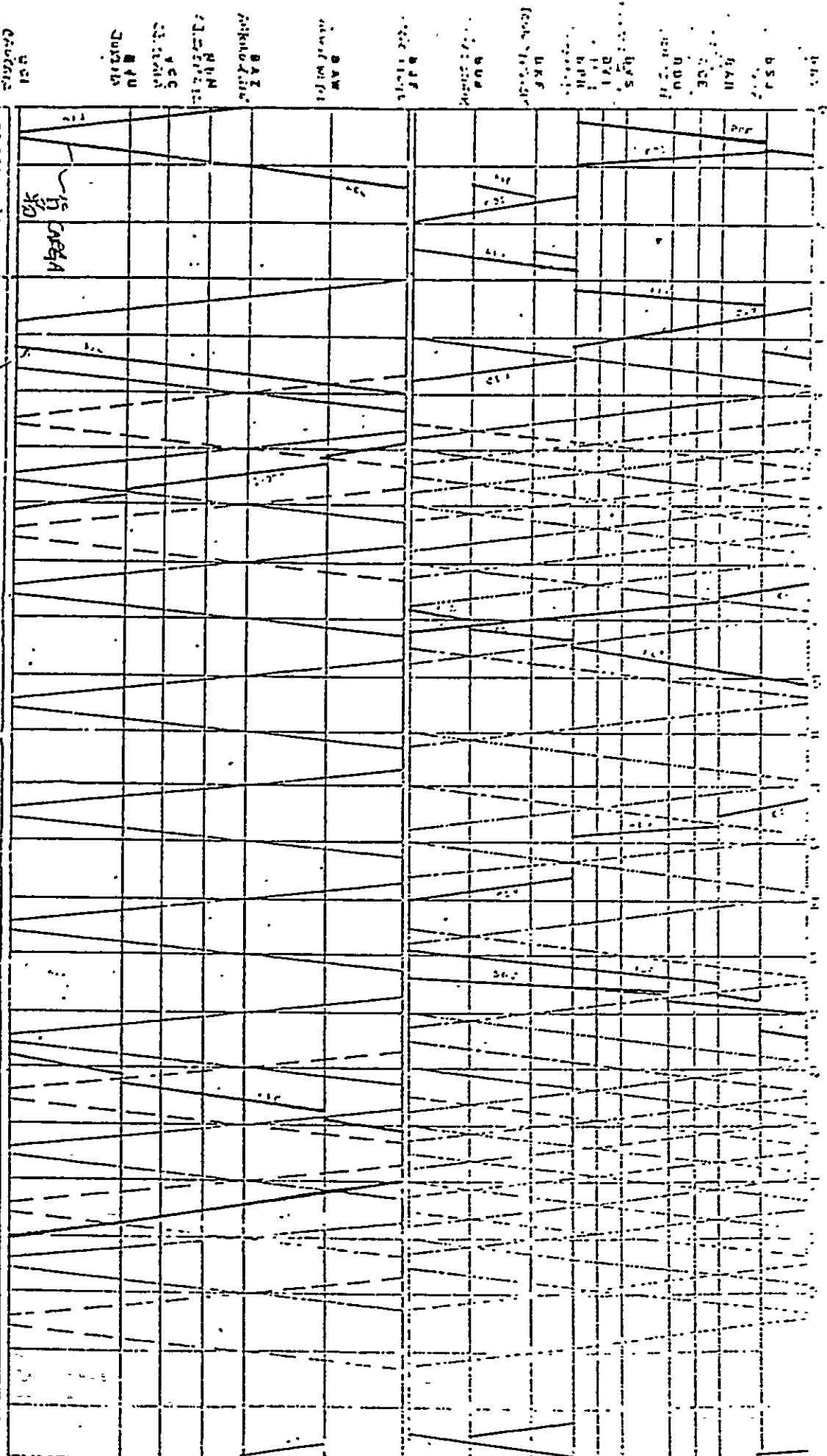


GRÁFICO III-4-1

GRÁFICO III-4-1



无距離列車 週/回 (不定期)

GRÁFICO III-4-2

# PLANO DE SEPARAÇÃO FÍSICA CARGA-SUBÚRPIO

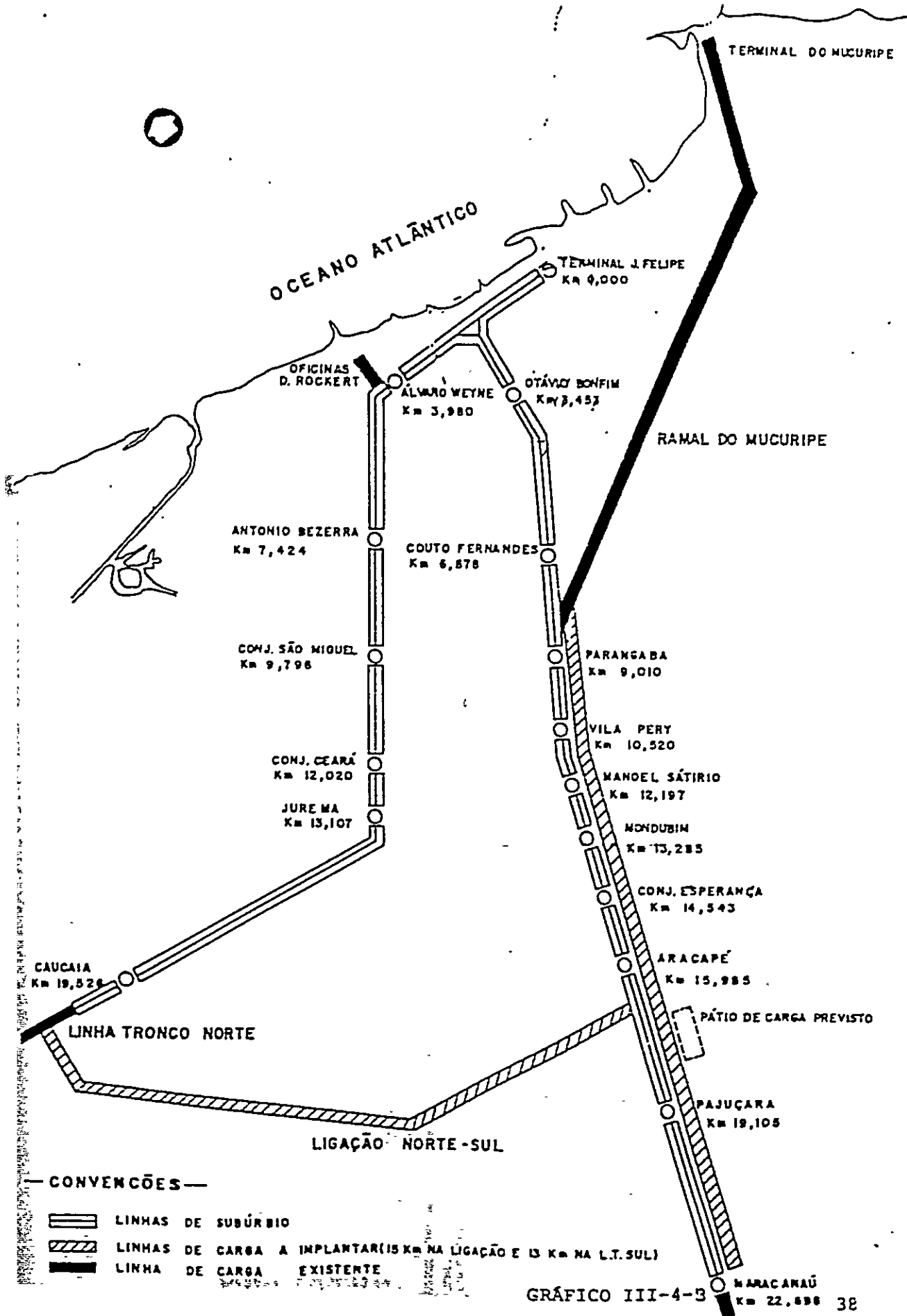
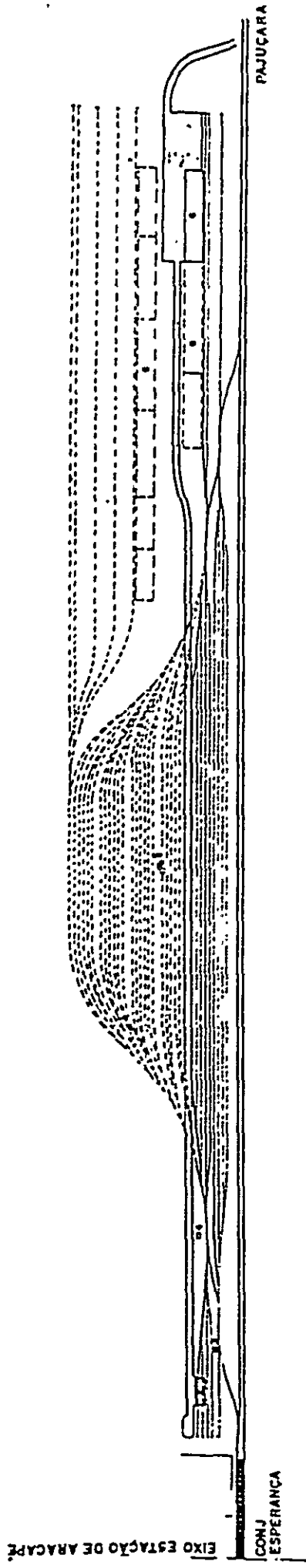


GRÁFICO III-4-3

ESQUEMA PREVISTO PARA O PATIO EXTERNO DE CARGAS (ARACAPÉ-PAJUCARA)



ESCALA GRÁFICA  
0 20 40 60 80 100

CONVENÇÕES

- - LINHA EXISTENTE
- - " " PREVISTA 1ª ETAPA
- - - - - " " PREVISTA ETAPAS FUTURAS
- ||||| - PLATAFORMA ESTAÇÃO DE ARACAPÉ
- ==== - ACESSO RODOVIÁRIO

LEGENDA

- 1 - ESTAÇÃO DE ARACAPÉ
- 2 - OFICINA PARA MANUTENÇÃO DE VAGÕES
- 3 - POSTO PARA ABASTECIMENTO DE LOCOMOTIVAS
- 4 - COMANDO CENTRALIZADO DE MANOBRAS
- 5 - BALANÇA FERROVIÁRIA
- 6 - ARMAZÉM

GRÁFICO III-4-4

#### IV - PLANO DE TRANSPORTE

A atual ferrovia da região metropolitana está realizando 03 modalidades de transportes, de características diferentes: transporte de passageiros de longa distância; transporte de passageiros do subúrbio e transporte de carga.

Para realizar eficientemente o transporte de passageiros do subúrbio, descrito detalhadamente no item de Demanda de Transporte, é necessário introduzir algumas restrições nas duas outras modalidades. O plano de transporte, a seguir descrito, foi elaborado considerando este aspecto.

##### 1. TRANSPORTE DE PASSAGEIROS DO SUBÚRBIO

Como foi mencionado no item anterior, esta modalidade de transporte deve apresentar crescimento no seu volume.

Para alcançar a expansão do volume de transporte há 02 formas: uma é aumentar a capacidade unitária de transporte aumentando o comprimen-

to da composição do trem e a outra é transportar frequentemente um volume menor.

Por outro lado, crê-se que, considerando os aspectos tais como, frequência, utilização eficiente etc, a ferrovia suburbana necessita de uma operação com intervalo máximo de cerca de 15 minutos, embora a definição destes pontos de vista dependa em grande parte da sensibilidade.

Tendo em vista este aspecto e considerando a sua relação com a demanda do transporte, elaboramos um plano de transporte constituído de 3 est t á g i o s.

(1) Itens comuns:

(a) Horário de transporte: 5<sup>o</sup>00 até 20<sup>o</sup>00

(b) Faixa do pico de transporte:

de manhã: 5<sup>o</sup>00 até 7<sup>o</sup>00

à noite : 17<sup>o</sup>00 até 20<sup>o</sup>00

(2) Número de materiais rodantes e headway de cada estágio

(2) Número de materiais rodantes e headway de cada estágio

INTERVALO DE OPERAÇÃO		NÚMERO DE MATERIAIS RODANTES/COMPOSIÇÃO
1º Estágio Pico	15'	04 Carros
Fora do Pico	15'	04 Carros
2º Estágio Pico	10'	04 Carros
Fora do Pico	10'	04 Carros
3º Estágio Pico	5'	04 Carros
Fora do Pico	5'	04 Carros

## 2. TRANSPORTE DE PASSAGEIROS DE LONGA DISTÂNCIA

A demanda do transporte de passageiros de longa distância é na ordem de 1 até 2 trens/semana. O investimento necessário para realizar a viagem direta de longa distância é grande. Não se pode esperar o resultado deste investimento. Por esta razão, neste plano, estabeleceu-se que o transporte de longa distância deve terminar a sua viagem nas duas estações extremas, isto é, estações Maracanaú e de Caucaia. A modalidade de trans

porte nos trechos do subúrbio deve ser por baldeação.

### 3. TRANSPORTE DE CARGA

A demanda atual do transporte de carga é aproximadamente de 08 trens/dia. Está previsto que nos próximos 05 anos esta demanda vai duplicar, chegando perto de 16 trens/dia.

As faixas atuais de horário desta modalidade de transporte são três: 22<sup>00</sup> até 4<sup>00</sup>; 9<sup>00</sup> até 10<sup>00</sup>; 14<sup>30</sup>' até 15<sup>30</sup>'.

A faixa de maior peso é o tempo compreendido entre 22<sup>00</sup> as 4<sup>00</sup>. As outras 02 faixas podem ser consideradas como sendo de reserva para atender os eventuais atrasos do trem.

O plano de transporte apresentado a seguir foi elaborado, restringindo o transporte de carga, com intuito de realizar eficientemente o transporte de passageiros do subúrbio; porém, como crê-se que, já num futuro próximo, fica difícil a coexistência destas 02 modalidades, transporte de



carga e transporte de passageiros do subúrbio, de  
ve iniciar urgentemente o projeto que visa a sua  
separação.

(1) Faixa de horário de transporte: 22<sup>00</sup> até  
4<sup>00</sup>.

(2) Headway: igual ao transporte de passageiros.

## V - PLANO DE OPERAÇÃO

### 1. VELOCIDADE COMERCIAL POR ESTÁGIO

No Quadro V-1 apresentamos o resultado do cálculo da velocidade comercial, por estágio, para aprofundar e detalhar o plano geral, tomando como base uma hipótese.

Embora sejam valores que incluem fatores de incerteza, tais como, a performance de aceleração e desaceleração não determinada, a falta de correção da rampa, cremos que se situam dentro da faixa de erro de  $\pm 10\%$  e, por esta razão, adotamos estes valores nos estudos.

### 2. ESTIMATIVA DO GRÁFICO DE OPERAÇÃO

No Quadro V-2 apresentamos a estimativa do número de materiais rodantes de cada estágio.

QUADRO V-1 - ESTIMATIVA DA VELOCIDADE COMERCIAL  
POR ESTÁGIO

	LINHA SUL	LINHA NORTE
	TREM ELÉTRICO	TREM ELÉTRICO
Força Motriz	Elétrico	Elétrico
Taxa de Aceleração		
0 a 20 km/h	0.7 m/s <sup>2</sup>	0.7 m/s <sup>2</sup>
20 a 40 km/h	0.69 m/s <sup>2</sup>	0.69 m/s <sup>2</sup>
40 a 60 km/h	0.45 m/s <sup>2</sup>	0.45 m/s <sup>2</sup>
60 a 80 km/h	0.15 m/s <sup>2</sup>	0.15 m/s <sup>2</sup>
Taxa de Desaceleração		
0 a 20 km/h	0.7 m/s <sup>2</sup>	0.7 m/s <sup>2</sup>
20 a 40 km/h	0.7 m/s <sup>2</sup>	0.7 m/s <sup>2</sup>
40 a 60 km/h	0.7 m/s <sup>2</sup>	0.7 m/s <sup>2</sup>
60 a 80 km/h	0.7 m/s <sup>2</sup>	0.7 m/s <sup>2</sup>
Velocidade Máxima	80 km/h	80 km/h
Taxa de Desaceleração de Inércia	0.047 m/s <sup>2</sup>	0.047 m/s <sup>2</sup>
Restrição da Curva	km/h $V = 4.5\sqrt{R}$	Idem à Esquerda
Tempo de Parada		
1º Estágio	40'	40'
2º Estágio	40'	40'
3º Estágio	30'	30'
Velocidade Comercial:		
1º Estágio	40.3 km/h	40.3 km/h
2º Estágio	40.3 km/h	40.3 km/h
3º Estágio	42.8 km/h	42.8 km/h

QUADRO V-2 - ESTIMATIVA DO NÚMERO DE MATERIAIS RODANTES POR ESTÁGIO

LINHAS ESTÁGIOS	LINHA TRONCO SUL	LINHA TRONCO NORTE
<p>1º Estágio</p> <p>Headway: 15 minutos</p> <p>04 Carros/Composição</p>	<p>07 Carros</p> <p>Parauso (23km/40.3 (km/h) x60+5) x2: 15:5</p> <p>Reserva: 02</p>	<p>06 Carros</p> <p>Parauso (20km/40.3 (km/h) x60+5) x2: 15:5</p> <p>Reserva: 01</p>
<p>2º Estágio</p> <p>Headway: 10 minutos</p> <p>04 Carros/Composição</p>	<p>10 Carros</p> <p>Parauso (23km/40.3 (km/h) x60+5) x2: 10:8</p> <p>Reserva: 02</p>	<p>03 Carros</p> <p>Parauso (20km/40.3 (km/h) x60+5) x2: 10:7</p> <p>Reserva: 01</p>
<p>3º Estágio</p> <p>Headway: 5 minutos</p> <p>04 Carros/Composição</p>	<p>17 Carros</p> <p>Parauso (23km/42.8 (km/h) x60+5) x2: 5:15</p> <p>Reserva: 02</p>	<p>14 Carros</p> <p>Parauso (20km/42.8 (km/h) x60+5) x2: 5:13</p> <p>Reserva: 01</p>

## VI - PLANEJAMENTO DAS INSTALAÇÕES

### 1. CONSTRUÇÃO CIVIL, VIA PERMANENTE E PÁTIO DE PARADA

A linha Tronco Norte da ferrovia suburbana na parte da estação João Felipe e termina na estação de Caucaia. A sua extensão é de 19 k 526 m e entre as 2 estações há 5 estações.

Hã 4 novas estações planejadas juntamente com o plano de eletrificação. A distância média entre as estações será de 1.95 km (atualmente é de 3.25 km). A distância máxima atual entre as estações é de 6.42 km, entre as estações de Jurema e Caucaia. A distância mínima é de 1.09 km entre as estações de C. Ceará e Jurema.

A linha Tronco Sul parte da estação João Felipe e se alonga cerca de 1.6 km paralelamente à linha Tronco Norte, dobra para a esquerda e termina na estação de Maracanaú. A sua extensão é de 22 k 698 m. Entre as estações de partida e de chegada há 9 estações. Acrescentando-se a este número mais 3 novas estações planejadas a distância média entre as estações passa a ser de 1.75 km (hoje é de

2.27 km) .

A distância máxima atual entre as estações é de 3.59 km, entre as estações de Pajuçara e Maracanaú. A distância mínima é de 1.09 km, entre as estações de M. Sático e Mondubim.

No Gráfico VI-1-1 apresentamos a situação atual e no Gráfico VI-1-2 as estações planejadas.

Tanto a linha Tronco Norte e Tronco Sul apresentam a distância média adequada entre as estações como ferrovia da região metropolitana. O plano atual atende os requisitos deste tipo de ferrovia.

Nos Gráficos VI-1-3 e VI-1-4 apresentamos os arranjos de assentamentos das LTS e LTN.

## GEOMETRIA PLANA DAS LINHAS

### LINHA NORTE

Na extensão total de 19.5 km encontram-se 19 curvas. A extensão total das curvas é de

7.3 km, o que corresponde a 37,4% da extensão total da linha. Embora o raio máximo da curva seja de 2.455 m e o raio mínimo de 156 m, estas curvas serão melhoradas juntamente com a construção das novas pontes. E, o raio mínimo será de 320 m, restando apenas algumas curvas com 191 m. O trecho máximo da extensão em tangente é aproximadamente de 3.1 km tendo como centro as novas estações de Pé Andrade e Antonio Bezerra.

#### LINHA SUL

Há 12 pontos de curva na sua extensão total de 22.7 km. A extensão das curvas é de 3.4 km. Esta extensão é aproximadamente menos da metade da extensão total das curvas da linha Tronco Norte, correspondendo a 15% da extensão total da linha. O raio máximo é de 1.145 m e o mínimo é de 234 m. O trecho máximo em tangente é aproximadamente de 8.4 km, começando da estação Conj. Esperança até a estação terminal de Maracanaú, inclusive as 04 estações intermediárias. Esta extensão corresponde a 37% de extensão total da linha.

Pode-se dizer que, em comparação à linha

Tronco Norte, a linha Tronco Sul apresenta condições muito melhores, tanto em termos da quantidade de curvas como em comprimento das tangentes. Não há nenhuma inconveniência para a sua eletrificação

#### DESENHO DE CORTE LONGITUDINAL

##### LINHA NORTE

Comprimento do trecho plano	4.8 km
Rampa máxima	1.2%

##### LINHA SUL

Comprimento do trecho plano	2.4 km
Rampa máxima	1.314%

Nas curvas de transição, no planejamento longitudinal, há 6 pontos de alteração da rampa na linha Tronco Norte e 02 pontos na linha Tronco Sul.

É recomendável, implantar uma curva de transição no ponto de partida e no ponto de término das curvas, juntamente com a eletrificação, até para melhorar o conforto e como um serviço presta



do aos passageiros de transporte em alta velocidade. É necessário assentar 04 novas curvas de transição na linha Tronco Norte e 05 curvas de transição na linha Tronco Sul.

#### LEITO DA VIA

Abaixo apresentamos o Quadro que mostra o estado de evolução do leito da via.

LINHA	COMPRIMENTO TOTAL	EXTENSÃO COM DUPLICAÇÃO CONCLUÍDA	EXTENSÃO EM DUPLICAÇÃO	EXTENSÃO DA LINHA SINGELA (EXTENSÃO FUTURA DA DUPLICAÇÃO)
	NORTE	19.526 km	1.087 km	10.467 km
	100 %	5,6 %	53,6 %	40,8 %
LINHA	EXTENSÃO TOTAL	EXTENSÃO DUPLICADA	EXTENSÃO EM DUPLICAÇÃO	TRECHO DE LINHA SINGELA
	SUL	22.698 km	8.216 km	5.932 km
	100 %	36,2 %	26,1 %	37,7 %
TOTAL	42.224 km	9.303 km	16.399 km	16.522 km
	100%	22,0 %	38,8 %	39,2 %

Para proceder a eletrificação da linha Tronco Sul é necessário que se inicie rapidamente a duplicação dos trechos em linha singela. Apesar da longa extensão de 3 km, a taxa de evolução do trecho da obra de duplicação é apenas metade da taxa da linha Tronco Norte. A obra de duplicação, deste trecho deve ser executada o mais rápido possível, antes da obra de eletrificação.

E, quanto ao plano de assentamento da linha de carga específica, separada, o custo torna-se mais barato se for executado simultaneamente à duplicação do leito da linha Tronco Sul. Por esta razão, é recomendável que se inicie logo, também, a obra do leito da via singela, de aproximadamente 17,4 km de extensão.

#### EXTENSÃO DA OBRA DE DUPLICAÇÃO FUTURA

Linha Norte	18.439 km	
Linha Sul	Trecho eletrificado: 14.482 km	Total
	Linha de carga separada:	47.621 km
	14.7 km	

Na linha Tronco Norte há 02 pontes, apresentadas no Gráfico VI-1-5, que não se enquadram

no gabarito da construção, tornando-se obstáculos na ocasião da eletrificação futura. Estas pontes estão incluídas no plano de substituição correlacionado com a melhoria dos trechos da curva. A substituição que é eficiente até para a melhoria das curvas deverá ser estudada em detalhes, dentro do atual plano.

Nos Gráficos VI-1-6;VI-1-7 e VI-1-8 apresentamos o plano do leito da via e a sua evolução. Os Gráficos VI-1-9, VI-1-10 e VI-1-11 apresentam o padrão da estrutura do leito da via.

#### VIA PERMANENTE

Em relação à via permanente, tanto à linha Tronco Norte como a linha Tronco Sul, devem aumentar o peso dos trilhos atuais de 32 kg/m e 37 kg/m para atender ao transporte do tipo de ferrovia suburbana.

Tanto na linha Tronco Norte como na Tronco Sul, já se encontra assentado o trilho de 45 kg/m à disposição da operação comercial (diesel) e, simultaneamente, os dormentes de madeiras estão sendo substituídos para os dormentes de concreto

pre moldado. Principalmente, em relação aos dormentes, a sua necessidade é alta, para atender o transporte de grande massa e alta velocidade, no momento da conclusão da eletrificação. Por esta razão, deverão ser substituídos, tanto quanto possível, de madeira para o concreto.

Quanto ao lastro, como as britas deste país são muito boas, não há nenhum problema.

	E X T E N S Ã O	TRILHO DE 32 kg/m	TRILHO DE 37 kgm/m	TRILHO DE 45 kg/m
LINHA NORTE	19.526 kg/m 100 %	2.00 kg/m 10.2 %	6.352 kg/m 32.5 %	11.174 km 57.3 %
		12.771 km 65.4 %		
LINHA SUL	22.698 km 100 %	-	19.578 km 86.3 %	3.12 km 13.7 %

A extensão necessária para substituir o trilho para o 45 kg/m é de 8.352 km na linha Tronco Norte e de 19.578 km na linha Tronco Sul, totalizando 27.93 km; ou seja, a extensão da via permanente é de 55,86 km. Nos Gráficos VI-1-12, VI-1-13,

VI-1-14 e VI-1-15, apresentamos os dados referentes ao plano de via permanente.

### PÁTIOS DE PARADA

O Quadro apresenta o plano de cada estação.

### LINHA NORTE

Nº	QUILOMETRAGEM	NOME DAS ESTAÇÕES	
		FORMA E EXTENSÃO DA PLATAFORMA	
		EXISTENTES	NOVAS
1	0 k 000 m	João Felipe: Estação terminal	Plataforma de partida: 01 face x 210 m - plataforma de descida: 01 face x 210 m
2	2 k 260 m		Estação Francisco: plataformas opostas: 180 m x 2
3	3 k 980 m	Alvaro Weyne: plataforma em ilha - 180 m x 2	
4	6 k 240 m		Pe. Andrade: plataformas opostas: 180 m x 2
5	7 k 424 m	Antonio Bezerra: plataforma em ilha: 180 m x 1	
6	9 k 796 m	Conj. São Miguel: plataforma em ilha: 180 m x 1	

7	12 k 020 m	Conj. Ceará: plataforma em ilha: 180 m x 1	
8	13 k 107 m	Jurema: plataformas em ilha: 180 m x 1	
9	14 k 560 m		Conj. Araturiz: plataforma em ilha: 180 m x 1
10	16 k 060 m		Nova Metrôpole: plataformas opostas: 180 mx 2
11	19 k 526 m	Caucaia: plataformas opostas: 180 x 1	Plataformas opostas: 180 x 1
TOTAL			Plataformas opostas: 180 m x 2 x 3 estações Plataformas em ilha: 180 m x 1 x 01 estação Plataformas opostas: 180 m x 1 x 01 estação Comprimento de plataforma: 1440 m

LINHA SUL

Nº	QUILOMETRAGEM	NOMES DAS ESTAÇÕES	
		FORMA E EXTENSÃO DA PLATAFORMA	
		EXISTENTES	NOVAS
1	0 k 000 m	João Felipe: Estação terminal	Plataforma de partida: 01 face x 210 m - plataforma de descida: 01 face x 210 m

2	3 k 453 m	Otávio Bonfim: plataformas opostas: 180 m x 1 (100) 180 x 1	
3	5 k 680 m		Parangabussu: plataformas opostas: 180 m x 2
4	6 k 878 m	Couto Fernandes: plataformas opostas: 180 m x 2 (155 x 2)	
5	9 k 010 m	Parangaba: plataformas opostas: 180 m x 2	
6	10 k 520 m	Vila Pery: plataformas opostas: 180m x 2	
7	12 k 197 m	Manoel Sátiro: plataformas opostas: 180 m x 1	Plataformas opostas: 180 m x 1
8	13 k 285 m	Mondubin: Plataformas opostas: 180m x 2 160 m x 2	
9	14 k 543 m	Conj. Esperança: Plataforma em ilha: 180 m x 1	
10	15 k 985 m	Aracapê: plataforma em ilha: 180 m x 1	
11	17 k 590 m		Conj. Industrial: Plataformas opostas: 180 m x 2
12	19 k 105 m	Pajuçara: Plataformas em ilha: 180 m x 1	
13	21 k 380 m		Novo Maracanaú: Plataformas em ilha: 180 m x 2
14	22 k 698 m	Maracanaú: Plataformas opostas: 180 m x 1	Plataformas em ilha: 180 m x 1
TOTAL			Plataformas opostas: 180 m x 2 x 3 estações 180m x 1 x 1 estação

		Plataformas em ilha: 180 m x 1 x 1
		Extensão da linha: 1.440 m

Com relação à instalação da plataforma das estações, o comprimento entre os extremos deve ser de 100 m, considerando a folga, pois, no 1º Estágio da eletrificação da linha Tronco Sul, o número de carros é 4, sendo 80 m (20 m x 4).

O comprimento planejado de 180 m, pode ser feito, desde o início da construção, se o recurso destinado à obra assim permitir.

Quanto à ampliação das plataformas das linhas Tronco Norte, é necessário, mesmo na condição atual, de um comprimento superior a 150 m, pois, trata-se de ferrovia suburbana, que mantém, por ora, a operação em diesel. Por esta razão, o seu comprimento deve ser de 180 m, desde o início, para atender a futura situação. Esta questão deve ser estudada.

Quanto às instalações do prédio, cremos não haver nenhum problema em prosseguir com o plano atual.



## QUANTIDADE DE OBRAS DOS PÁTIOS DE PARADA

### LINHA NORTE

#### . Plataformas:

João Felipe		210 m x 4 = 840 m
Francisco Est	(opostas)	180 m x 2 = 360 m
Pe.. Andrade ..	(opostas)	180 m x 2 = 360 m
Conj. Araturi	(ilha)	180 m x 1 = 180 m
Nova Metrôpole	(opostas)	180 m x 2 = 360 m
Caucaia	(opostas)	<u>180 m x 1 = 180 m</u>

T O T A L 2280 m

#### . Prédio da estação e comparti-

mento de venda de bilhete 04 estações

### LINHA SUL

#### . Plataformas:

Parangabussu	(opostas)	100 m x 2 = 200 m
Manoel Sátiro	(opostas)	100 m x 1 = 100 m
Conj. Industrial	(opostas)	100 m x 2 = 200 m
Novo Maracanaú	(opostas)	100 m x 2 = 200 m
Maracanaú	(ilha)	<u>100 m x 1 = 100 m</u>

T O T A L 800 m

. Prédio da estação e comparti-

mento de venda de bilhete

04 estações

#### ESTAÇÃO TERMINAL (JOÃO FELIPE)

#### MELHORIA DA ESTAÇÃO JOÃO FELIPE

Embora esta estação tenha como terminal das linhas Troncos Norte e Sul, uma plataforma para cada 200 m x 2, deve sofrer uma modificação de grande porte, para atender à eletrificação da ferrovia suburbana.

A plataforma atual da estação é do tipo sem saída (dead-end), criando perigo ao tráfego dos trens, pois, os passageiros circulam e atravessam, bem perto da linha de manobra da locomotiva (troca de locomotiva de uma extremidade à outra) (locomotiva diesel). Os fatores que causam esta situação são: plataforma estreita, abertura das portas em ambos os lados, além das outras causas. Para assegurar o horário de movimento com a eletrificação futura, é necessário que a subida e a descida dos passageiros no trem, processem rápido e sem transtornos. Por esta razão, neste projeto, as li-

nhas Tronco Norte e Tronco Sul deverão ter, respectivamente, as suas próprias plataformas, 01 de chegada e 01 de descida.

Para definir a largura da plataforma de descida deve-se considerar o número de passageiros da futura linha Tronco Sul, eletrificada, com intervalo de 5 minutos, isto é, 11.900 passageiros (no momento de pico) (estimado para o ano 2.002). A largura deve ser de 4 m. A largura adequada da plataforma de chegada deve ser de cerca de 8 m.

A estação em questão está, atualmente, operando comercialmente. Acrescentar aqui 04 plataformas novas e 04 linhas, cria um grande problema, além da necessidade de uma modificação de grande porte no próprio prédio da estação. Por esta razão, em princípio, o atual prédio da estação deve ser mantido, construindo uma plataforma provisória e a linha principal.

ITENS ESTUDADOS PARA A MODIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO DE JOÃO FELIPE.

1. Localização da estação futura.
2. Relação da linha de movimento dos passageiros

- com a praça de tráfego.
3. Manutenção da operação comercial, sem causar grande influência no tratamento dos passageiros.
  4. Relação com as bases do trem elétrico que surge com a eletrificação.
  5. Aproveitamento eficiente das atuais instalações de manutenção devido à possibilidade de continuidade de seu uso.
  6. Coordenar a modificação da estação com o projeto de construção do viaduto, na passagem de nível existente no pátio da estação.
  7. Simplicidade no arranjo das linhas no pátio da estação. A construção, por estágio, com as linhas Norte e Sul em correspondência deve ser possível.

Estudando os itens mencionados, concluiu-se que a atual estação João Felipe deve ser mantida, embora a modifique internamente. Basicamente, a plataforma deve ser do tipo sem saída. As bases também podem ser construídas perto da estação. Concluímos, portanto, que a construção é viável por etapas.

(DADOS)

ITENS ESTUDADOS PARA A MODIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO JOÃO FELIPE

1. LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO FUTURA

Pontos estudados

- (a) Localização atual: é aproveitada, por longo tempo, pelos usuários. O seu valor arquitetônico também é alto. A modificação do interior também é fácil.
- (b) Construção de um novo pátio de João Felipe: a condição de ligação entre a rodovia e a praça é ruim. Necessita-se de uma nova praça no interior do terreno da ferrovia.

2. RELAÇÃO ENTRE A PRAÇA DE TRÁFEGO E A LINHA DE MOVIMENTO DOS PASSAGEIROS

A atual praça de tráfego também está bastante tumultuada. A sua distância com os usuários de trem deve ser pequena.

No futuro, com a eletrificação, se as instalações destinadas à carga for extinta do pátio da João Felipe, pode-se preparar uma praça com disponibilidade de terreno da ferrovia. Até neste caso, a proximidade da atual estação é vantajosa.

### 3. MANUTENÇÃO DA OPERAÇÃO COMERCIAL, SEM CAUSAR GRANDE INFLUÊNCIA NO TRATAMENTO DOS PASSAGEIROS

- (a) Construir uma plataforma provisória e rota provisória de linha principal nas linhas Tronco Norte ou na linha Tronco Sul e construir a nova plataforma numa obra executada próxima à linha comercial, implementando a mudança, por seqüência.
- (b) Construir nas linhas Tronco Norte e Sul a plataforma provisória e a rota provisória da linha principal, demolir a atual instalação e construir a nova plataforma.

Estudando as 02 possibilidades, concluiu-se que a aplicação da idéia do item (a) provocaria a divisão da instalação comercial, em atual prédio da estação e prédio provisório, duplicando

os serviços do escritório e a mão-de-obra, e que na praça de acesso dos usuários, criariam 02 linhas de movimento de passageiros em 02 sentidos, exercendo grande influência também na rodovia, logo, a melhor idéia é a do item (b).

#### 4. RELAÇÃO COM AS BASES DO TREM ELÉTRICO, QUE SURTEM COM A ELETRIFICAÇÃO

Embora seleção da localização da base de trens elétricos seja abordada no capítulo de base de materiais rodantes, foi decidido que o melhor ponto seria no interior do pátio de João Felipe devido às seguintes razões: inexistência de perda causada por trem de retorno vazio, proximidade com a oficina de Rockert da linha Tronco Norte, possibilidade de aproveitamento eficiente do terreno e possibilidade de garantir a extensão útil como base.

5. APROVEITAMENTO EFICIENTE DAS ATUAIS INSTALAÇÕES DE MANUTENÇÃO (INSPEÇÃO E REPARO DO DIESEL; REPARO DO CARRO E DO VAGÃO), DEVIDO À POSSIBILIDADE DE CONTINUIDADE DE SEU USO

Concentrando os serviços de reparo e inspeção dos carros e vagões na oficina de Rockert, preparada em termos de pessoas e instalações e aproveitando a atual instalação como uma parte que atende os serviços de inspeção e vistoria da locomotiva diesel, pode-se demolir e fazer uma transferência, por etapas dos prédios.

6. COORDENAR A MODIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO COM O PROJETO DE CONSTRUÇÃO DO VIADUTO NA PASSAGEM DE NÍVEL EXISTENTE NO PÁTIO DA ESTAÇÃO

Neste tocante deve-se levar em consideração o cruzamento em viaduto, das linhas assentadas na estação de parada, linhas internas da base do material rodante, linhas de acesso à base do material rodante, futuras linhas de acesso, com a linha principal (Norte e Sul). E feito este estudo a valiou ser possível.



O acesso às bases do material rodante, neste primeiro estágio, pode ser feito pelo cruzamento da superfície. Porém, a obra deve evoluir considerando o futuro, quando o tempo de impedimento do cruzamento aumentar.

7. SIMPLICIDADE NO ARRANJO DAS LINHAS NO PÁTIO DA ESTAÇÃO. A CONSTRUÇÃO, POR ESTÁGIO, COM AS LINHAS NORTE E SUL EM CORRESPONDÊNCIA, DEVE SER POSSÍVEL

(a) A construção das linhas Tronco Norte e Sul, na ocasião da construção provisória, é possível. A distribuição das linhas também é simples. Entretanto, na mudança e ligação com a atual linha principal necessita-se de uma preparação cuidadosa.

(b) A plataforma e as linhas da estação João Felipe deverão ter a sua atividade interrompida momentaneamente e deverão ser eliminadas. A construção da nova plataforma e nova linha, planejadas, é possível.

(c) Quanto às linhas envolvidas com a base dos materiais rodantes, o conjunto de linhas de colocação (detenção) poderão ser assentadas no lado oeste da estação; nas proximidades do centro ficará o conjunto de linhas de de<sub>u</sub>tenção correspondente ao 2º estágio da futura linha Tronco Norte e os conjuntos de linhas de inspeção regular de serviço e de inspeção periódica poderão ser assentados nas proximidades da plataforma da nova linha Tronco Sul.

Anexos

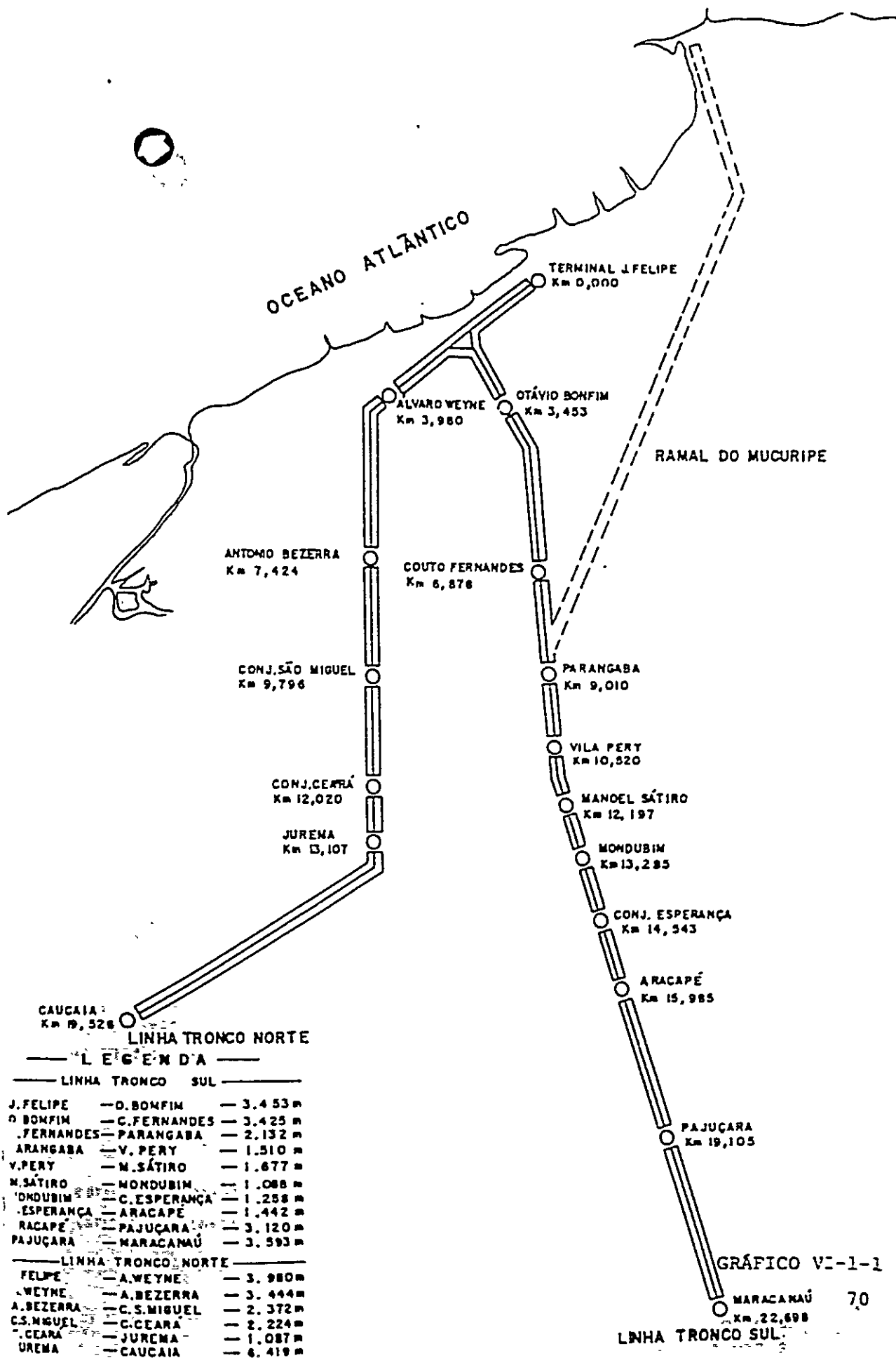
João Felipe Est. Provisória

João Felipe Pátio Plano

Gráfico VI-1-16 - Estudo das linhas Norte e Sul, linhas de acesso à base dos Materiais Rodantes e viaduto na passagem de nível

Gráfico VI-1-17 - Estudo do desenho esquemático dos arranjos das linhas

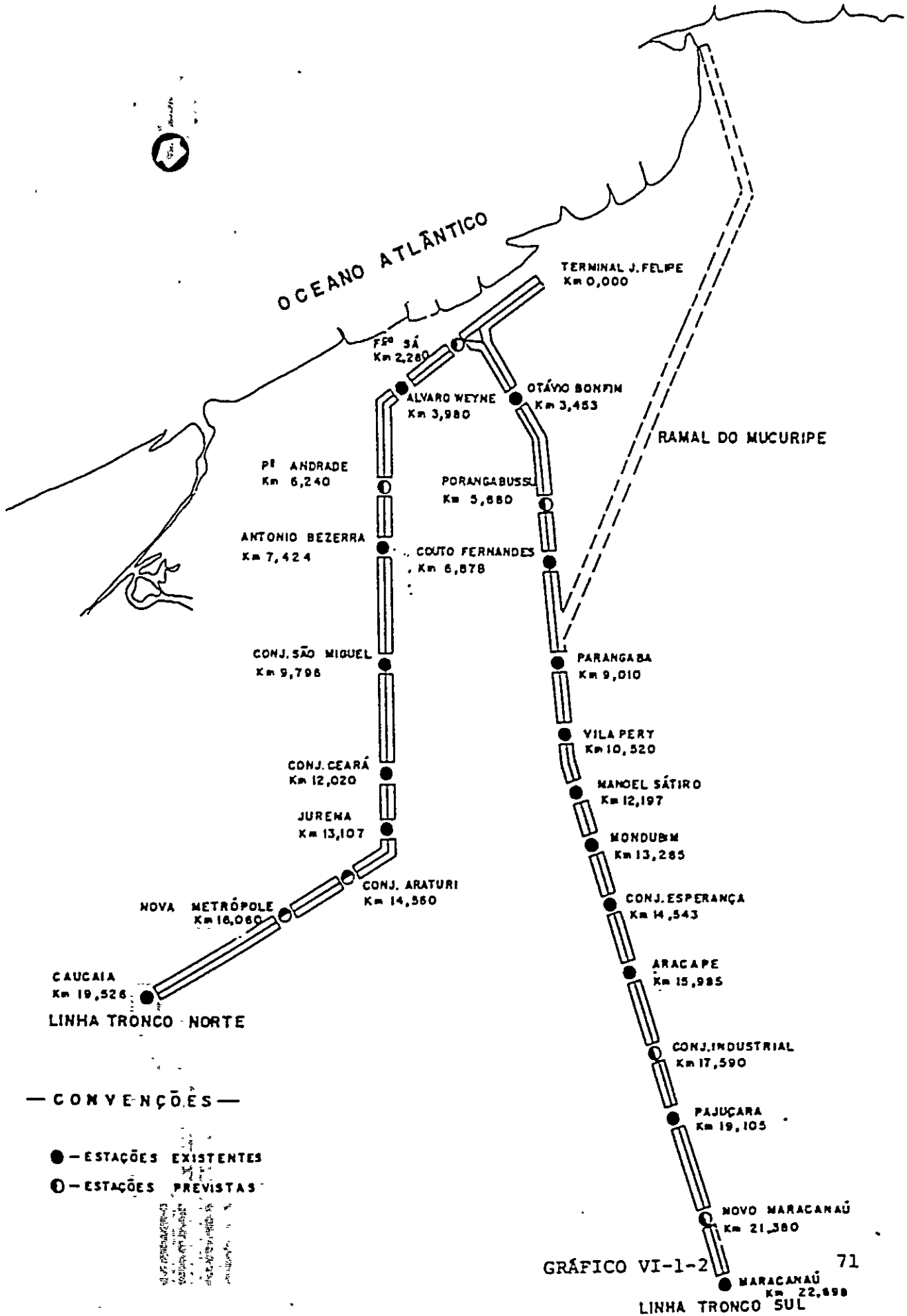
# LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES



LINHA TRONCO SUL		
J. FELIPE	— O. BONFIM	— 3.453 m
O. BONFIM	— C. FERNANDES	— 3.425 m
C. FERNANDES	— PARANGABA	— 2.132 m
PARANGABA	— V. PERY	— 1.510 m
V. PERY	— M. SÁTIRO	— 1.677 m
M. SÁTIRO	— MONDUBIM	— 1.088 m
MONDUBIM	— C. ESPERANÇA	— 1.258 m
C. ESPERANÇA	— ARACAPE	— 1.442 m
ARACAPE	— PAJUÇARA	— 3.120 m
PAJUÇARA	— MARACANAÚ	— 3.593 m

LINHA TRONCO NORTE		
FELIPE	— A. WEYNE	— 3.980 m
WEYNE	— A. BEZERRA	— 3.444 m
A. BEZERRA	— C. S. MIGUEL	— 2.372 m
C. S. MIGUEL	— C. CEARÁ	— 2.224 m
C. CEARÁ	— JUREMA	— 1.087 m
JUREMA	— CAUCAIA	— 6.419 m

# LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES EXISTENTES E PREVISTAS



PLANO DE VIA - LINHA TRONCO SUL ( PROPOSTA PRELIMINAR - OPÇÃO 1 )

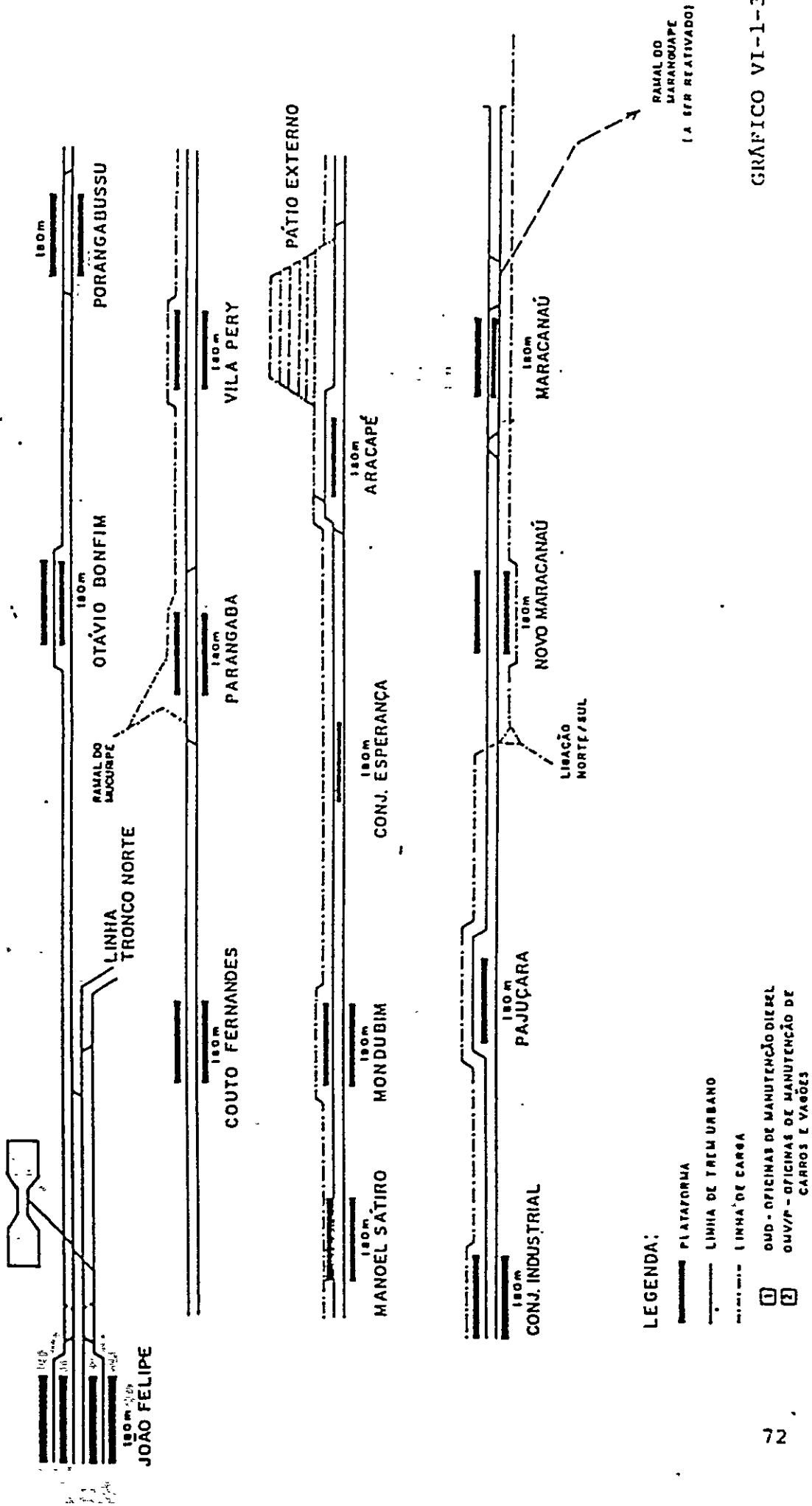
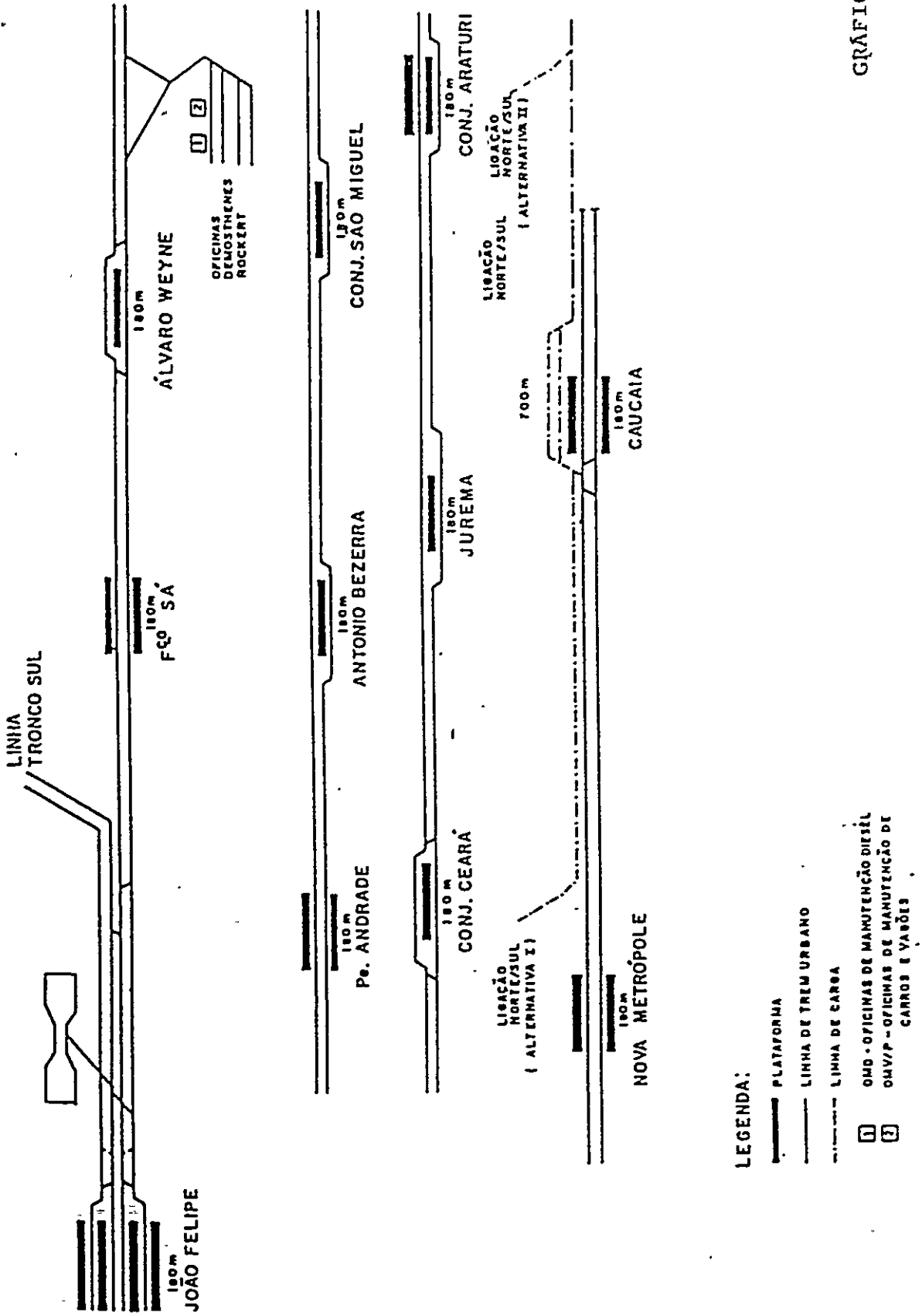


GRÁFICO VI-1-3

PLANO DE VIA - LINHA TRONCO NORTE (PROPOSTA PRELIMINAR-OPÇÃO 1)

2 2  
1 1 2 2



LEGENDA:

- PLATAFORMA
- LINHA DE TREN URBANO
- - - LINHA DE CARRA
- 1 OFICINAS DE MANUTENÇÃO DIESEL
- 2 OFICINAS DE MANUTENÇÃO DE CARROS E VAGÕES

GABARITOS DE PONTES METÁLICAS EXISTENTES

PONTE SOBRE O RIO CEARÁ  
Km 17.830

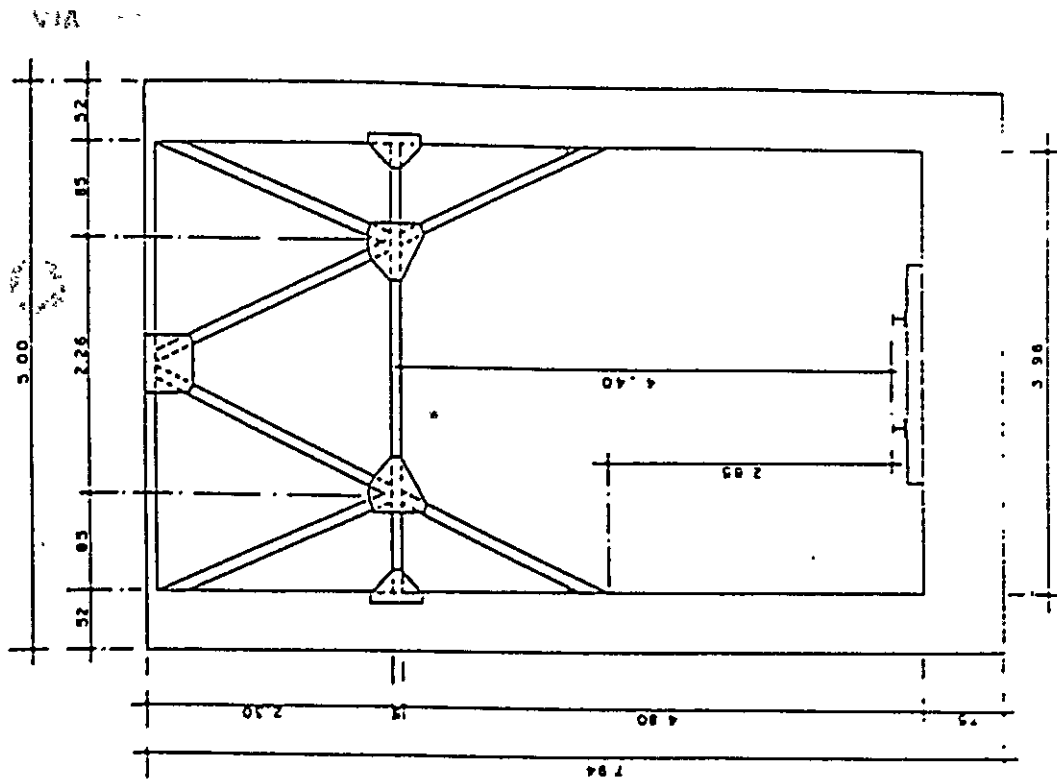
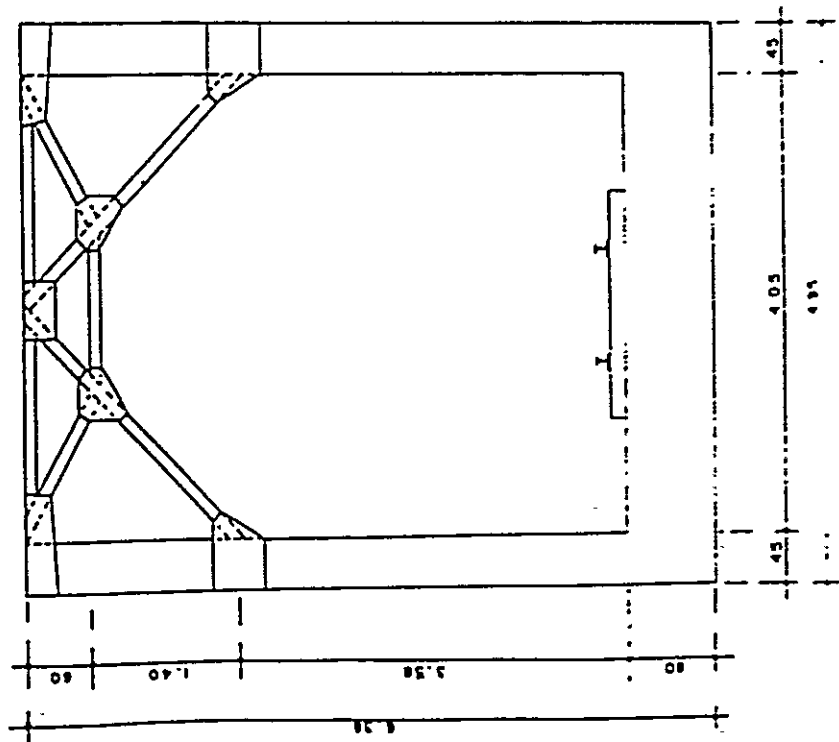
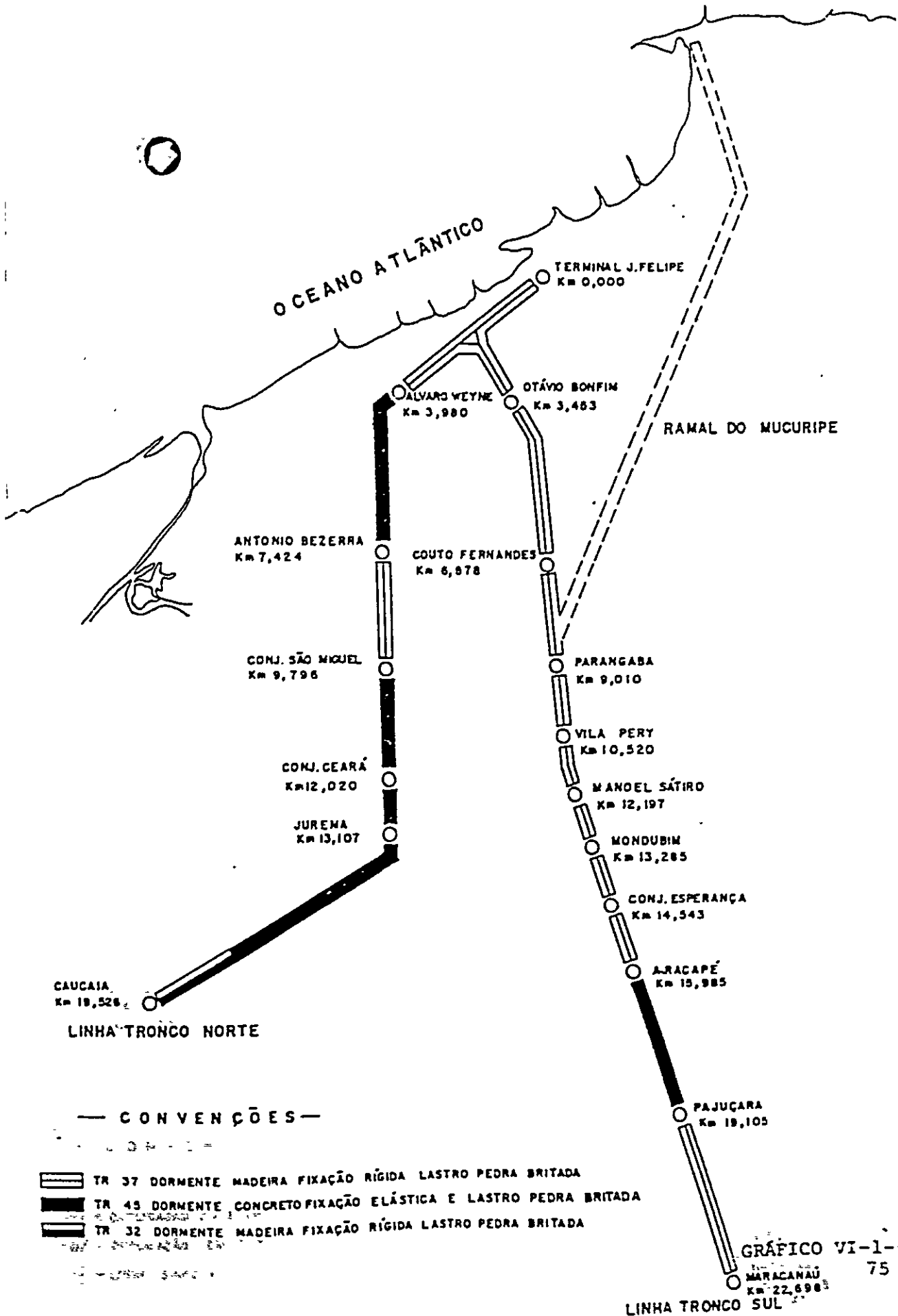


GRÁFICO VI-1-5

PONTE SOBRE O RIO MARANGUAPINHO  
Km 8.800



VIA PERMANENTE — CLASSIFICAÇÃO DA SUPERESTRUTURA





# DUPLICAÇÃO DE LINHAS

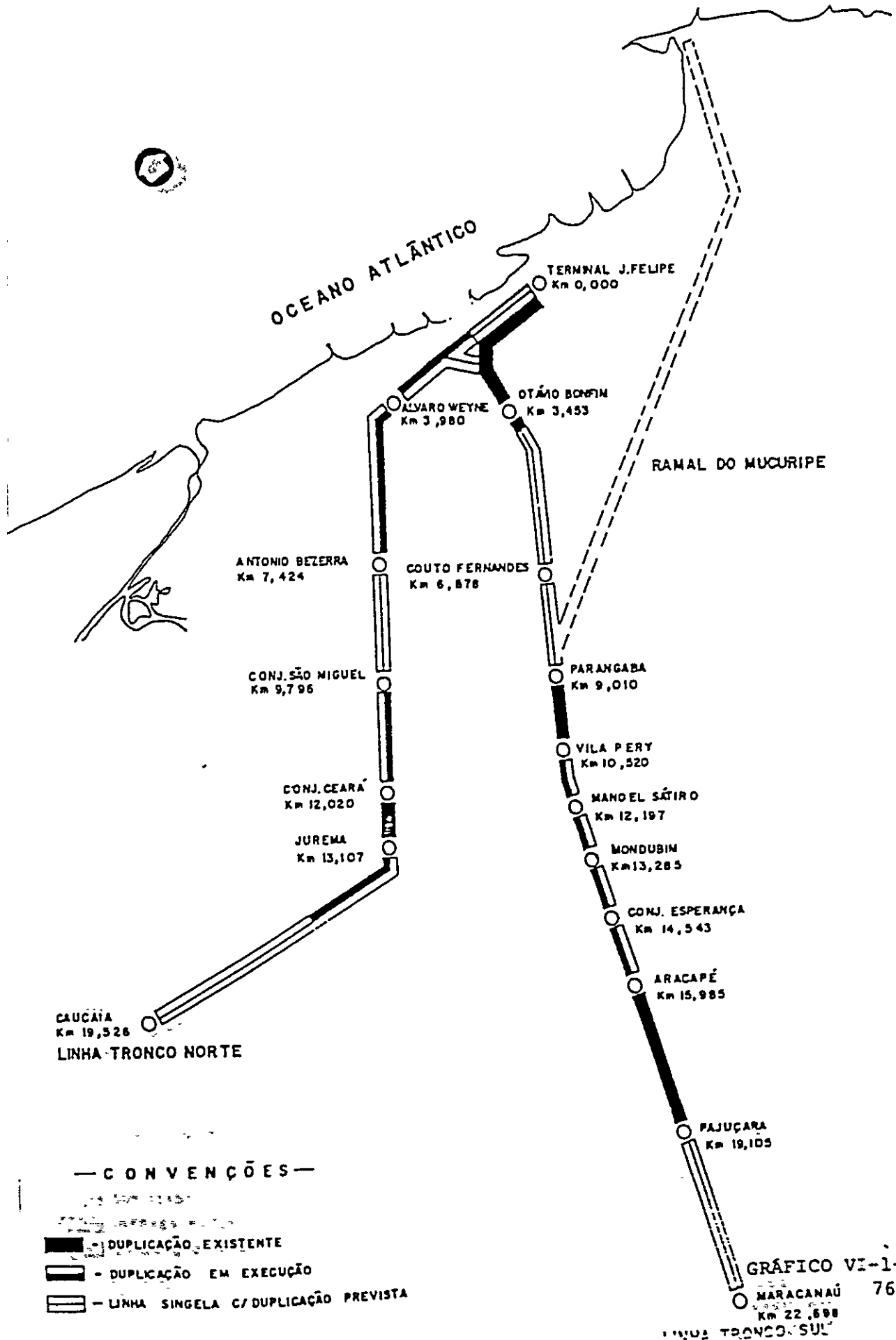
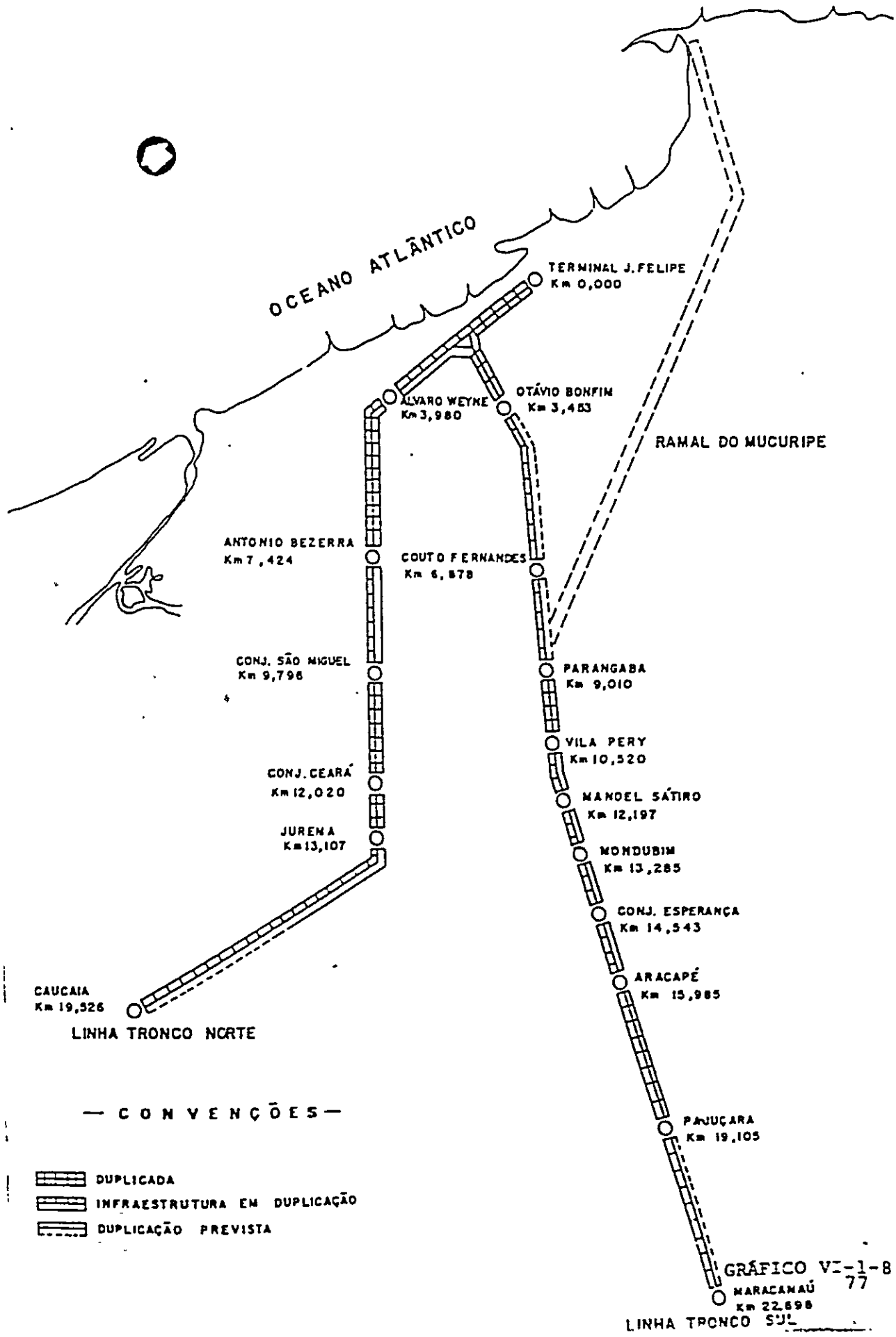
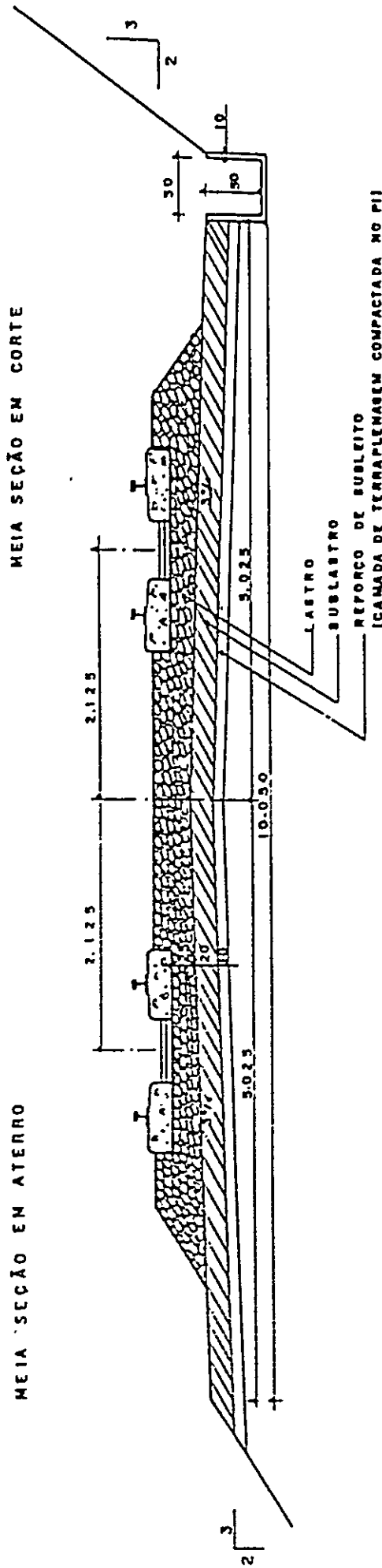


GRÁFICO VI-1-7 76

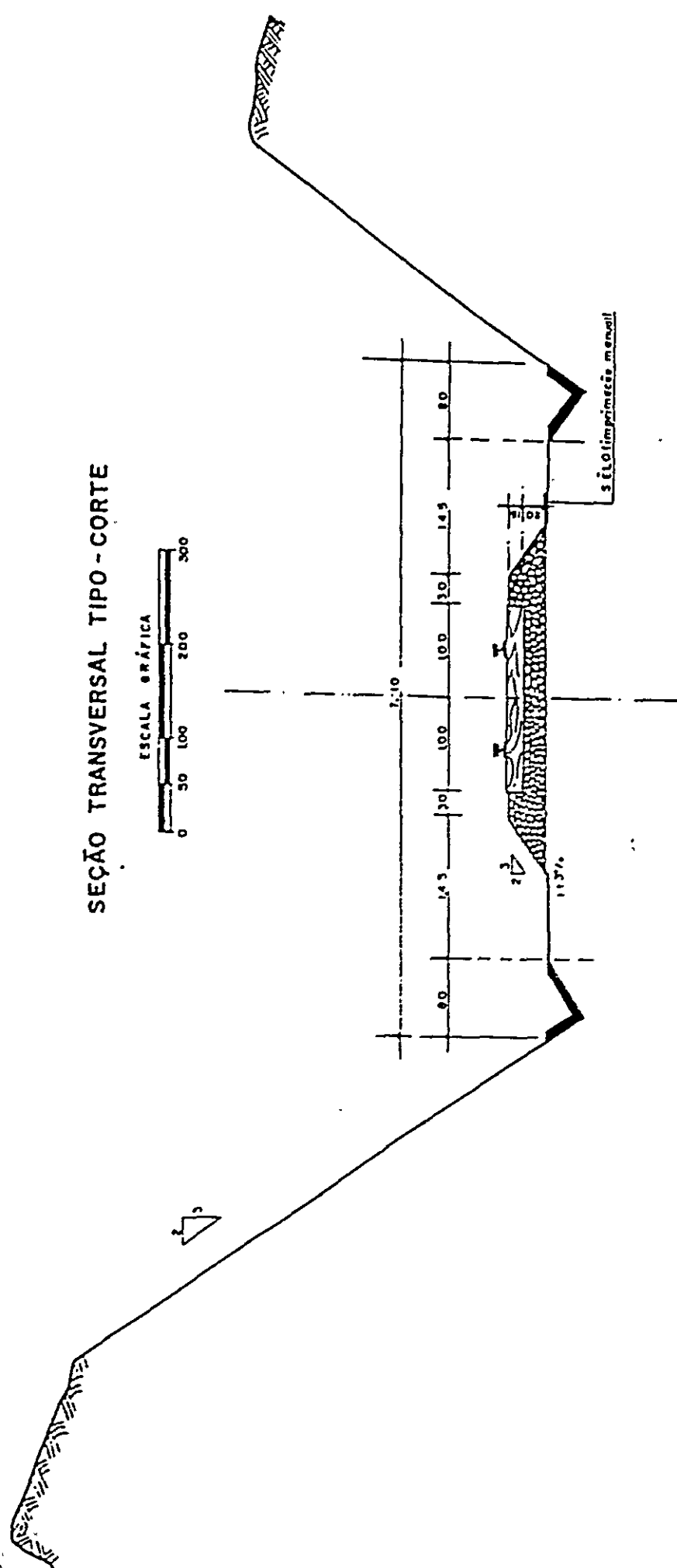
# ESQUEMA DE DUPLICAÇÃO DA INFRAESTRUTURA



SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO

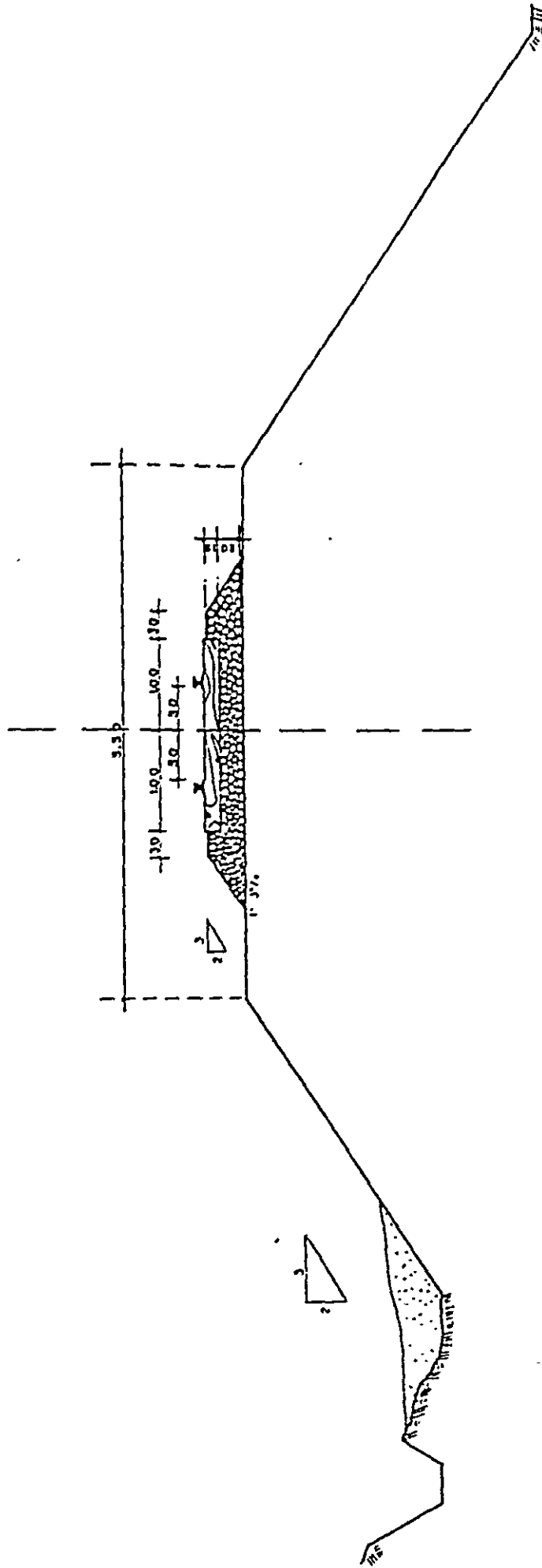


SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO - LINHA DUPLA



SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO(CORTE) - LINHA SINGELA

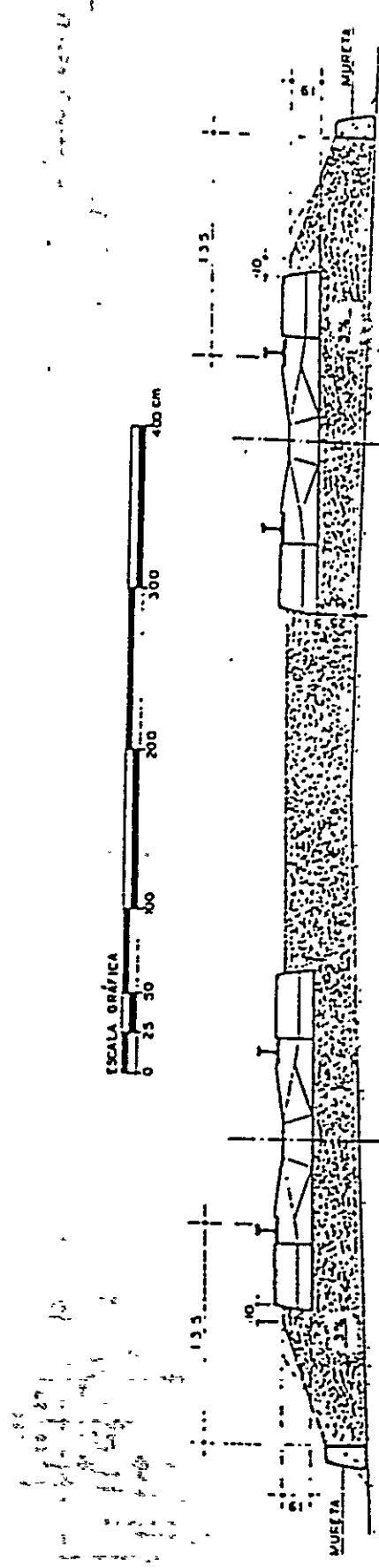
SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO - ATÉRRO



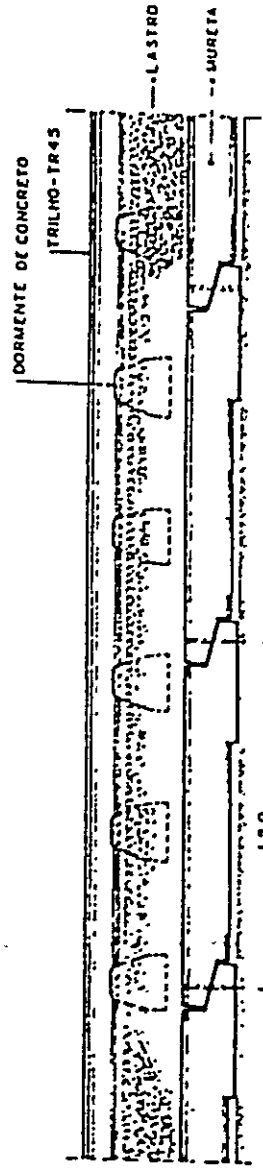
SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO (ATERRO) - LINHA SINGELA

GRÁFICO VI-1-1-11

MURETA DE CONTENÇÃO DO LASTRO - LOCAÇÃO

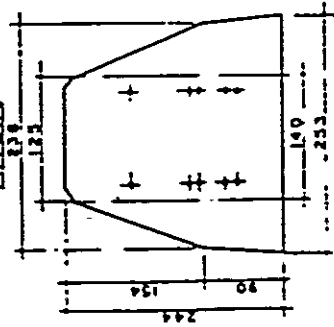
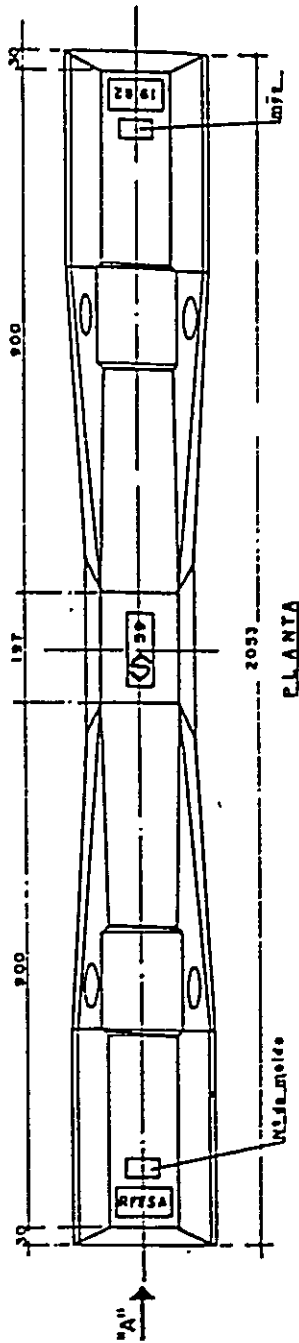
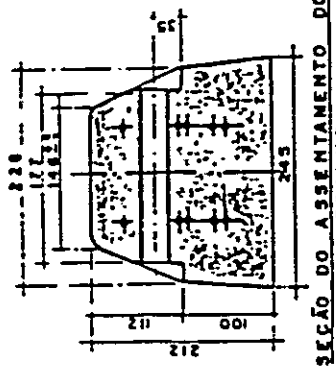
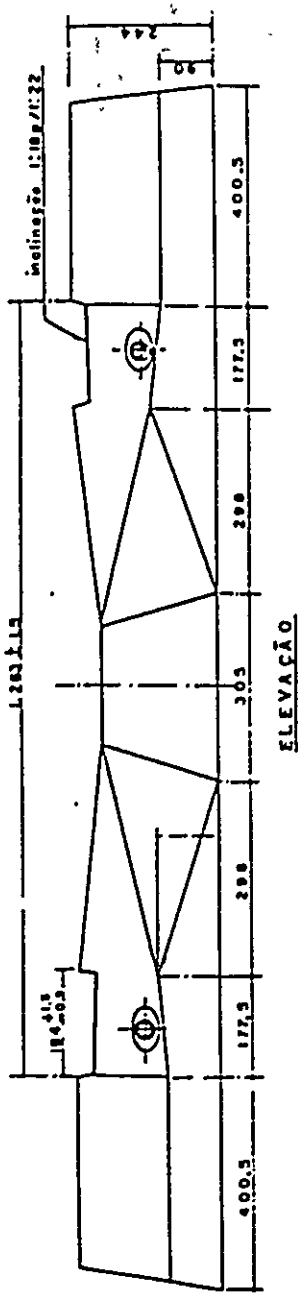
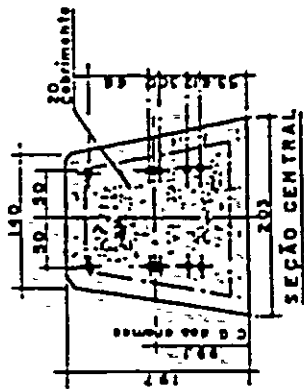


SEÇÃO TIPO - LINHA DUPLA - BITOLA MÉTRICA



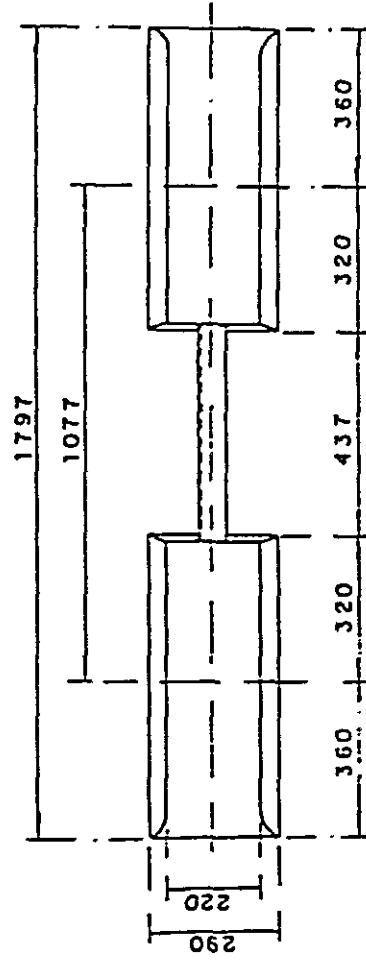
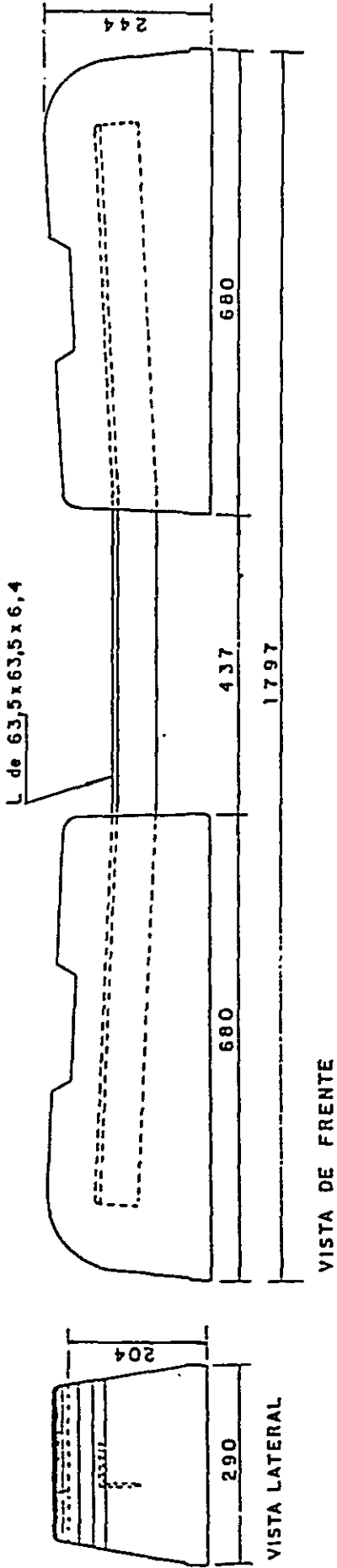
VISTA DE FRENTE - SISTEMA DE MONTAGEM DA MURETA

DORMENTE MONOBLOCO DE CONCRETO PROTENDIDO



- OBSERVAÇÕES:**  
 CONCRETO — Tensão de compressão no corpo de prova cilíndrica aos 28 dias 500kg/cm<sup>2</sup>  
 ARMADURA — Tensão mínima: 175 kg/mm<sup>2</sup>  
 FIXAÇÃO — Tipo "FIST"  
 PÊSO — Aproximadamente 217 kg  
 DIMENSÕES — Indicações em milímetros

DORMENTE BI-BLOCO DE CONCRETO ARMADO

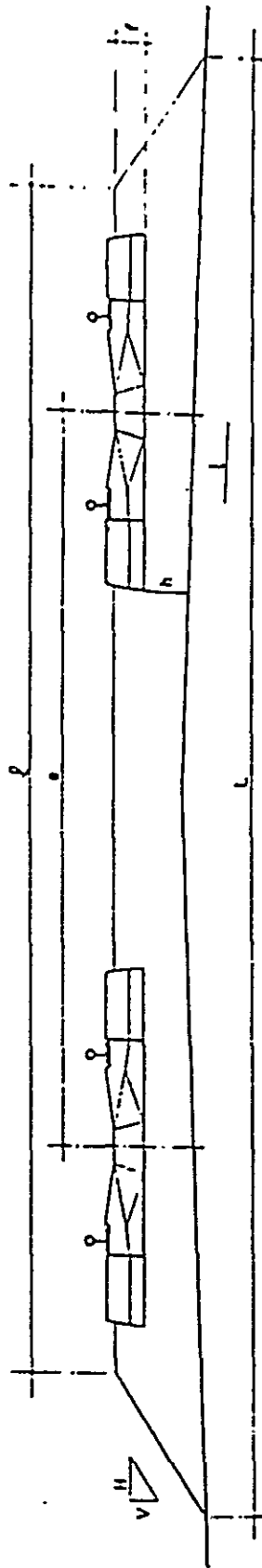


OBSERVAÇÕES:

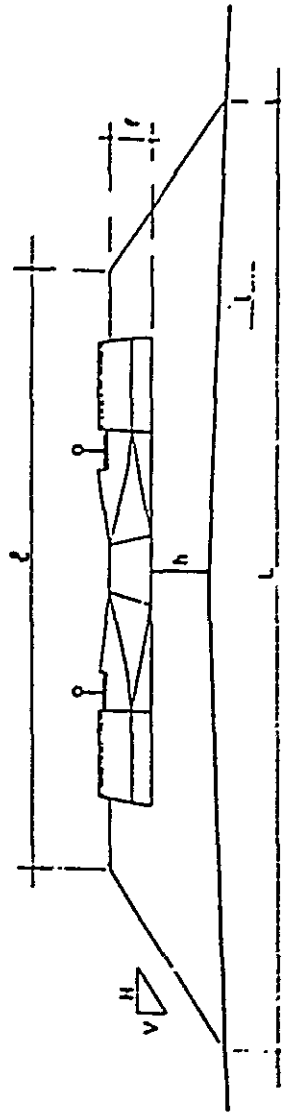
- CONCRETO — Tendo de compressão no corpo de prova cilíndrico aos 28 dias 390 kg/cm<sup>2</sup>
- ARMADURA — CA - 60
- FIXAÇÃO — Tipo "S75L"
- PÊSO — Aproximadamente 190 kg
- DIMENSÕES — Indicadas em milímetros



DIMENSÕES PADRÕES DO LASTRO DE BRITA



SEÇÃO TIPO - LINHA DUPLA - BITOLA MÉTRICA



SEÇÃO TIPO - LINHA SINGELA - BITOLA MÉTRICA

NÚMERO	VALORES DE SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO	
	LINHA SINGELA	LINHA DUPLA
f	200 mm	400 mm
L	600 mm	800 mm
h	50 mm	50 mm
e	50 mm	50 mm
v	—	40 mm
h	3%	3%
M.V.	5,0	5,0
VOLUME DE BOTA DE LITRO	1,000	2,000

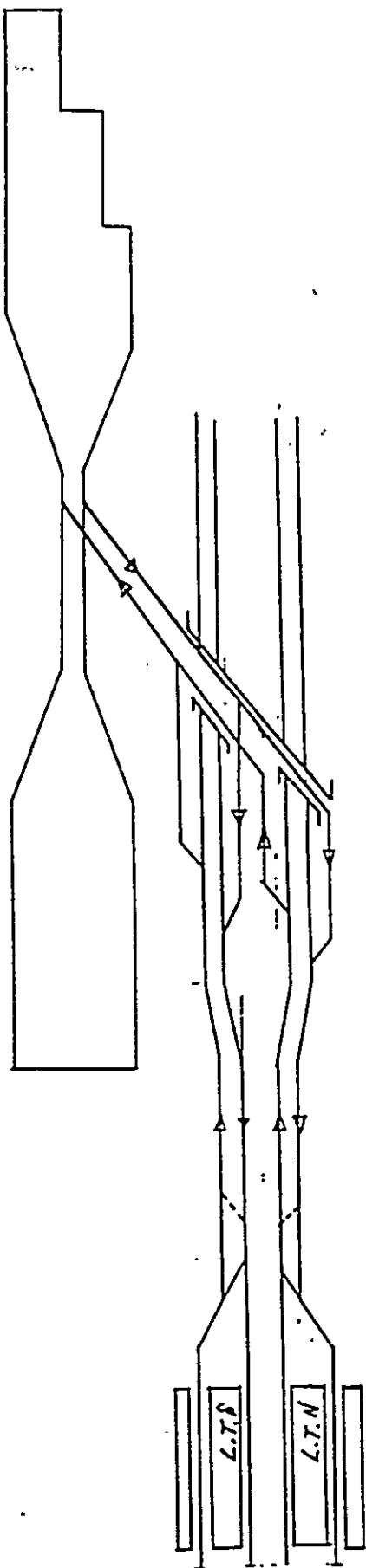
SISTEMA METRICO PROJECCAO ORTOGONAL  
 ESCALA 1:100  
 COM LINHA DE REFERENCIA DE 100 MM



PLANO DE CIRCUITO DA LINHA  
PARA/PATIO

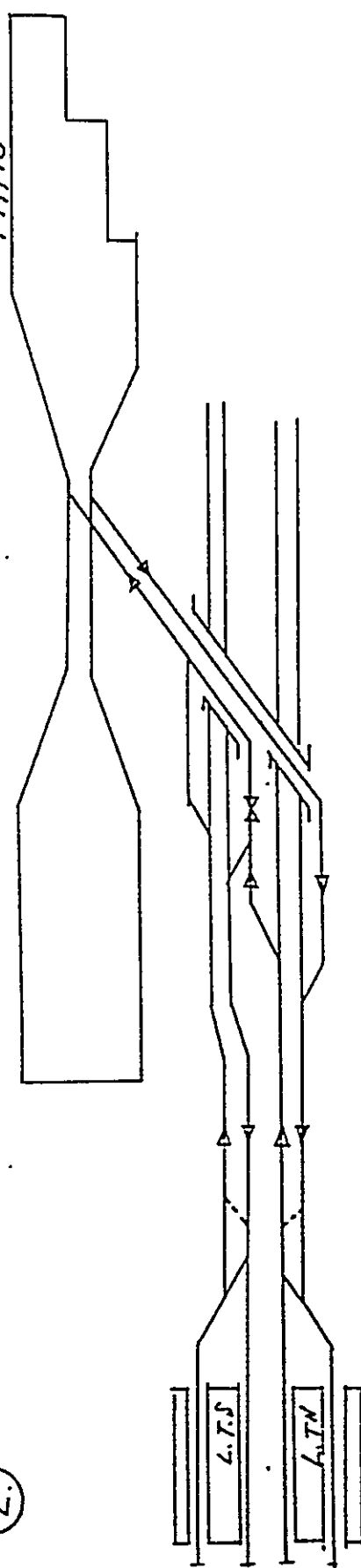
1.

PATIO.

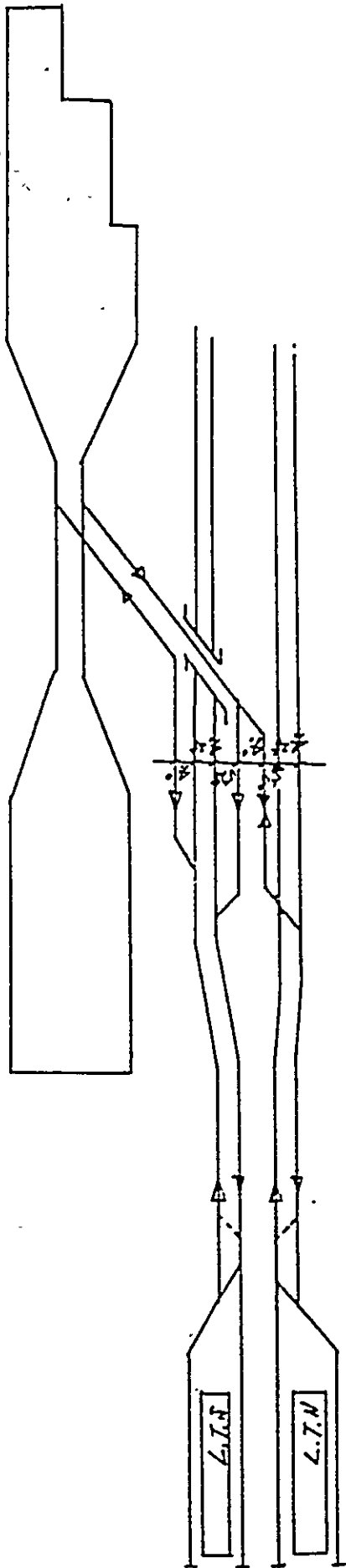


2.

PATIO



PATIO



PATIO

PLANO FINAL

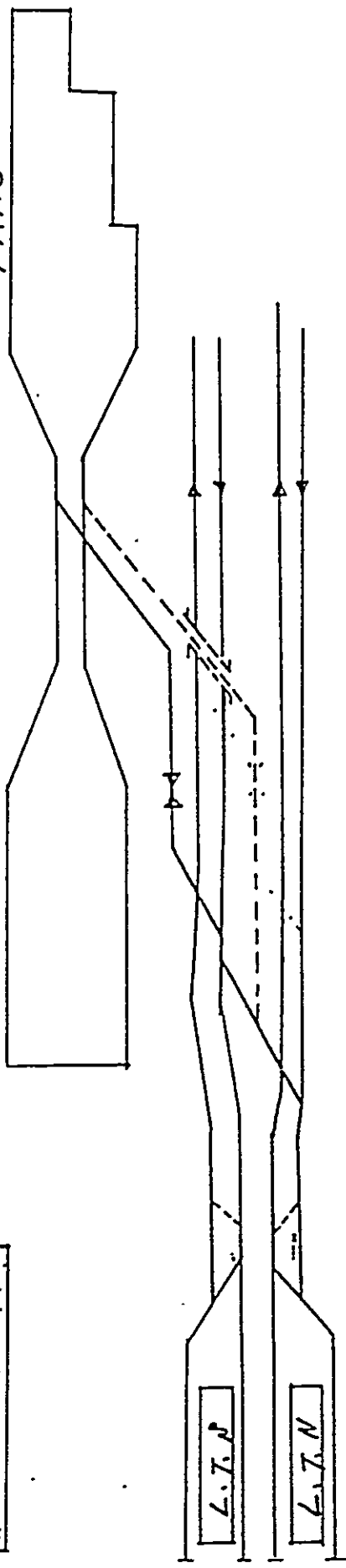


GRÁFICO VI-1-17

3.

## 2. INSTALAÇÃO DA ELETRIFICAÇÃO E ENERGIA ELÉTRICA

### 2.1 Seleção do Sistema Elétrico

Há, atualmente, no mundo todo, como sistema de eletrificação, o sistema de corrente contínua de 1.500 V a 3.000 V e em corrente alternada de 25 kV. Como a tensão do sistema em corrente contínua é baixa, as instalações do campo encarecem, pois, as distâncias entre as subestações se encurtam. Porém, os materiais rodantes tornam-se mais baratos, pois dispensam o conversor de energia elétrica. Portanto, nas linhas curtas, semelhantes às destinadas ao transporte suburbano, e com operação em alta densidade, o sistema em corrente contínua é mais barato do que o sistema em corrente alternada, no seu aspecto geral. E, acima de tudo, como as linhas já eletrificadas do Brasil é em corrente contínua de 3.000 V, é mais vantajoso adotar o mesmo sistema na eletrificação de Fortaleza, até pelo aspecto de manutenção. No Quadro VI-2-1, apresentamos a comparação.

QUADRO VI-2-1 - COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE ELETRIFICAÇÃO

SISTEMA DE ELETRIFICAÇÃO	MATERIAL RODANTE	INSTALAÇÕES DO CAMPO	DISTRIBUIÇÃO INDUTIVO DE COMUNICAÇÃO	OUTROS
3.000 V C.C.	E barato, pois, basta o motor de corrente contínua	Como a tensão é baixa, a corrente elétrica torna-se alta, sendo, portanto, grande a queda de tensão. Por esta razão, a distância entre as subestações torna-se curta, aumentando o número de subestações, encarecendo a instalação	Pouco	Como a tensão é baixa permite diminuir a distância de isolamento
25 KV C.A.	E caro, pois, os transformadores e o retificador são carregados no carro	Como a tensão é alta, ocorre o contrário do acima. A quantidade da subestação diminui. E as subestações dispensam os retificadores. Logo, torna-se mais barato	E necessário adotar medida contra distúrbio de Indução	A performance de aderência é boa

## 2.2 Situação da Fonte de Energia Elétrica

No Gráfico VI-2-1 apresentamos a situação atual e o plano futuro referentes às subestações das concessionárias e às linhas de transmissão superiores a 69 kV, envolvidas nos Troncos Norte e Sul de Fortaleza. Nesta região a companhia distribuidora de energia elétrica COELCE recebe a energia da empresa geradora CHESF mediante 03 circuitos de 230 kV na SE Fortaleza, que é distribuída na sua comarca.

A CHESF tem plano de ampliar mais 02 circuitos de 500 kV no período de 1993 a 1994; logo, a capacidade da fonte de energia é suficiente. Entretanto, como as instalações de subestações e das linhas de transmissão da COELCE são antigas e como o número de circuito também é pequeno, sua confiabilidade não é alta. Embora a COELCE esteja executando, uma após a outra, obras de ampliação, é oportuno solicitar que reforcem ainda mais esta atitude aproveitando a oportunidade que a eletrificação dos Troncos Norte e Sul oferece.

Na eletrificação do Tronco Sul, a CBTU recebe 69 kV da SE Presidente Kennedy, SE Bonsucess

so e SE Dif II, da COELCE.

SE Presidente Kennedy e SE Bonsucesso têm planos de ampliação, respectivamente, nos próximos anos e em 1992. A SE Dif II é uma subestação de grande porte, recentemente construída para atender o conjunto industrial.

Atualmente, não há subestação de COELCE, que seja capaz de receber a energia elétrica, ao longo do Tronco Norte. Porém, como há um plano de construção de SE Jurema em 1988, o tempo será suficiente para atender a eletrificação deste Tronco.

A tarifa mais barata de energia elétrica é de uso público e de iluminação das ruas da cidade. A seguir, em um nível mais alto, vêm as tarifas residenciais e industriais. A tarifa mais elevada corresponde à demanda comum, como por exemplo, de uso comercial. Há, ainda, o sistema de desconto da tarifa aplicado da seguinte forma: 50,6% para Ferrovia elétrica, 29,1% para empreendimento de fornecimento de água. Esta é uma das condições extremamente vantajosa para eletrificação.



## 2.3 Subestação

### (1) Localização das Subestações

A localização das subestações deverá ser selecionada de modo a satisfazer as seguintes condições:

- (a) A queda da tensão elétrica do ponto de pantógrafo do trem elétrico deve estar dentro da faixa tolerada. A faixa de tolerância define-se conforme o tipo do material rodante que será introduzido. A CBTU define esta faixa de 600 V.
- (b) Quando ocorrer curto-circuito no circuito de alimentação, provocado por acidente na via ou no trem elétrico, deve detectar e cortar rapidamente a corrente elétrica decorrente do acidente.
- (c) Deve haver na proximidade uma fonte adequada de energia elétrica.
- (d) Deve ser um ponto conveniente para a manutenção. Para isso, é recomendável que seja próximo da estação.

Para satisfazer as condições dos itens

(c) e (d) é recomendável encurtar a distância entre as subestações. Por outro lado, se proceder assim, aumenta a sua quantidade tornando-se anti-econômico. Deve-se, ainda, ponderar que, no futuro, ocorrendo o aumento de frequência de operação do trem ou quantidade de composição, a capacidade da subestação pode ser facilmente ampliada; porém, a sua localização não se pode mudar com facilidade.

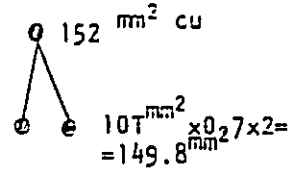
No caso da eletrificação de Fortaleza, se considerar a operação futura em 8 carros, além da necessidade de ter a distância entre as subestações menor que 10 km, também a confiabilidade da fonte de energia elétrica é muito baixa, como já foi mencionado, e por isso, definiu-se que no Tronco Sul o recebimento será feito em 03 pontos. Quanto ao Tronco Norte, a eletrificação será introduzida após alguns anos e a frequência de operação do trem também é menor do que no Tronco Sul. Por esta razão, deve-se estudar a possibilidade de atender à sua necessidade com a subestação de João Felipe, que será construída no Tronco Sul, e com a construção apenas de 01 subestação em Jurema. Entretanto, neste relatório prevê-se também a subestação em Caucaia. Apresentamos no Quadro VI-2-2 o cálculo da queda de tensão.

QUADRO VI-2-2

CÁLCULO DE DISTÂNCIA ENTRE SUBESTAÇÕES

1. DADOS BÁSICOS

- (1) Catenária e Trilho: Catenária 2 fios de contato =  $149,8 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}^2}$   
 Mensageiro =  $152 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}^2}$   
 Trilho 45 Kg/m  
 $\therefore$  Resistência elétrica  $\Omega/\text{Km}$   $\gamma_0 = 0,074 \Omega/\text{Km}$



- (2) Distância dos veículos (5' Headway)  
 Suposição Velocidade meta: 40 Km/h

$$L = 40 \times \frac{5}{60} = 3,3 \text{ (Km)}$$

- (3) Corrente elétrica (5 min. 8 Carros)  
 Máxima corrente elétrica  $i_m = 190 \text{ A} \times 1,3 \times 8 = 1976 \text{ A}$

2. QUEDA DE TENSÃO

$$\Delta v = \frac{1}{4} \cdot a \times \gamma_0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{a}{L} - 1 \right) i + i_m \right\}$$

Símbolo	a	= Distância das subestações	
	$\gamma_0$	= Resistência elétrica das catenária e trilho	$0,074 \Omega/\text{Km}$
	L	= Distância dos veículos	3,3 Km
	$i_m$	= Máxima corrente elétrica	1976 A
	i	= Média corrente elétrica	$\frac{i_m}{2}$ 988 A
	$\Delta v$	= Queda de Tensão	600 V

3. CÁLCULO

$$600 = \frac{1}{4} \times a \times 0,074 \left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{a}{3,3} - 1 \right) 988 + 1976 \right\}$$

$$600 = 0,0185 a \left\{ 494 \left( \frac{a}{3,3} - 1 \right) + 1976 \right\}$$

$$600 = 2,77a^2 + 27,42 a$$

$$a = \frac{-27,42 + \sqrt{27,42^2 + 4 \times 2,77 \times 600}}{2 \times 2,77} = 10,58$$

4. DISTÂNCIA ENTRE AS SUBESTAÇÕES

Portanto: Distância entre as subestações < 10 Km

$$\text{Distância entre extremidade Catenária} < \frac{10 \text{ Km}}{4} = 2,5 \text{ Km}$$

## (2) Capacidade da Subestação

A capacidade da subestação deve resistir perfeitamente à carga prevista do trem elétrico. Fêz-se um cálculo estimativo da força máxima em 01 hora e da potência momentânea máxima de saída, a partir da quantidade de trens em operação, de cada linha, no momento de pico; peso do trem elétrico; distância de alimentação e taxa de consumo de força, definindo a capacidade que resiste a qualquer um destes itens. Entretanto, como em muitos casos, é mais econômico ampliar a capacidade de subestação atendendo ao aumento futuro da carga, foi adotada, como condição de operação, a aplicação de 04 carros com intervalo de 10 minutos, no 2º estágio do Tronco Sul, e de 04 carros e intervalo de 15 minutos, no 1º estágio do Tronco Norte. O equipamento principal foi uniformizado para o tipo padrão de 3.000 kW. Nas subestações terminais foram previstos os equipamentos de reserva.

Apresentamos no Quadro VI-2-3 a capacidade de cada subestação e no Quadro VI-2-4 o cálculo.

QUADRO VI-2-3 - CAPACIDADE DA SUBESTAÇÃO

NOME DAS SUBESTAÇÕES	SE 1	SE 2	SE 3	SE 4	SE 5
EQUIPAMENTO PRINCIPAL	3 MW x 1	3 MW x 1	3 MW x 1	3 MW x 1	3 MW x 1
RESERVA	3 MW x 1		3 MW x 1		3 MW x 1
TOTAL	3 MW x 2	3 MW x 1	3 MW x 2	3 MW x 1	3 MW x 2

QUADRO VI-2-4

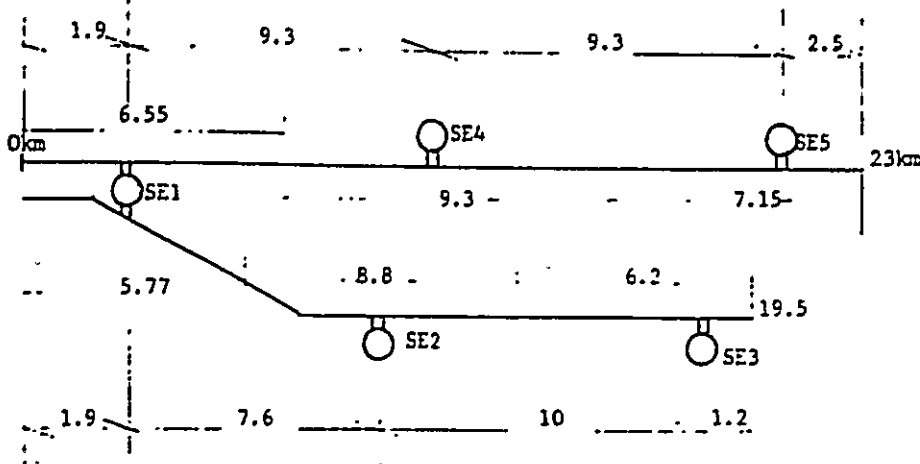
CÁLCULO DE POTÊNCIA DAS SUBESTAÇÕES

1. DADOS BÁSICOS

- (1) PROPORÇÃO DE CONSUMO DA FORÇA ELÉTRICA  $K = 60 \text{ kWh}/1.000 \text{ t} - \text{km}$
- (2) PESO DO VEÍCULO MRP (IVE)  $230^t$  ( $150^t - 0.07^t \times 1.040 = 222.6^t$ )

2. CÁLCULO

(1) DISTÂNCIA DE CARREGAMENTO DAS SUBESTAÇÕES



(2) QUANTIDADE DA FORÇA ELÉTRICA/km . TUE

$$W_1 = 60 \text{ kWh}/1.000^t \cdot \text{km} \times 230^t \times 1 \text{ km} = 13.8 \text{ kWh}$$

(3) RESULTADOS

NOME DE SE	ESTAGIO	$W_1$ (kWh)	DISTÂNCIA DE CARREGAMENTO DAS SUBESTAÇÕES (km)	Nº DE TUE/HORA	kw MÁXIMO/HORA (kw)	MÁXIMO NO MOMENTO (kw/2.5)	POTÊNCIA DAS SUBESTAÇÕES
SE 1	1	13.8	6.55	4 x 2	13.8 x 6.55 x 4x2 = 722	863	3 Mw x 2
	2		6.55+5.7 = 12.25	6 x 2	13.8 x 12.25 x 6x2 = 2026	1773	3 Mw x 2
	3		6.55+5.7 = 12.25	12 x 2	13.8 x 12.25 x 12x2 = 4057	2963	3 Mw x 3
SE 2	1	13.8	8.8	4 x 2	13.8 x 8.8 x 4x2 = 972	1055	3 Mw x 1
	2		8.8	6 x 2	13.8 x 8.8 x 6x2 = 1458	1399	3 Mw x 1
SE 3	1	13.8	6.2	4 x 2	13.8 x 6.2 x 4x2 = 684	832	3 Mw x 2
	2		6.2	6 x 2	13.8 x 6.2 x 6x2 = 1026	1095	3 Mw x 2
SE 4	1	13.8	9.3	4 x 2	13.8 x 9.3 x 4x2 = 1027	1095	3 Mw x 1
	2		9.3	6 x 2	13.8 x 9.3 x 6x2 = 1540	1454	3 Mw x 1
	3		9.3	12 x 2	13.8 x 9.3 x 12x2 = 3050	2417	3 Mw x 2
SE 5	1	13.8	7.15	4 x 2	13.8 x 7.15 x 4x2 = 789	916	3 Mw x 2
	2		7.15	6 x 2	13.8 x 7.15 x 6x2 = 1164	1209	3 Mw x 2
	3		7.15	12 x 2	13.8 x 7.15 x 12x2 = 2368	1987	3 Mw x 2

POTÊNCIA MÁXIMA MOMENTÂNEA  $Z = Y + C$  Y

$Y = \text{kw Máximo/hora}$

$C = 1.7$  1. Max. = 1.7 985 (A) = 53.4

### (3) Equipamento Principal

A CBTU está processando a padronização das instalações. Isso é bastante recomendável tanto no aspecto de manutenção como no aspecto econômico. O equipamento deve ser o mínimo necessário e o mais simples possível. No Gráfico VI-2-2 apresentamos o seu diagrama esquemático.

### (4) Controle de Inspeção Remota

No futuro, as subestações deverão ser remotamente controladas, pois, isso reduz o número de técnicos necessários e melhora a eficiência do grau de segurança, executando um controle único.

## 2.4 Via para Trem Elétrico

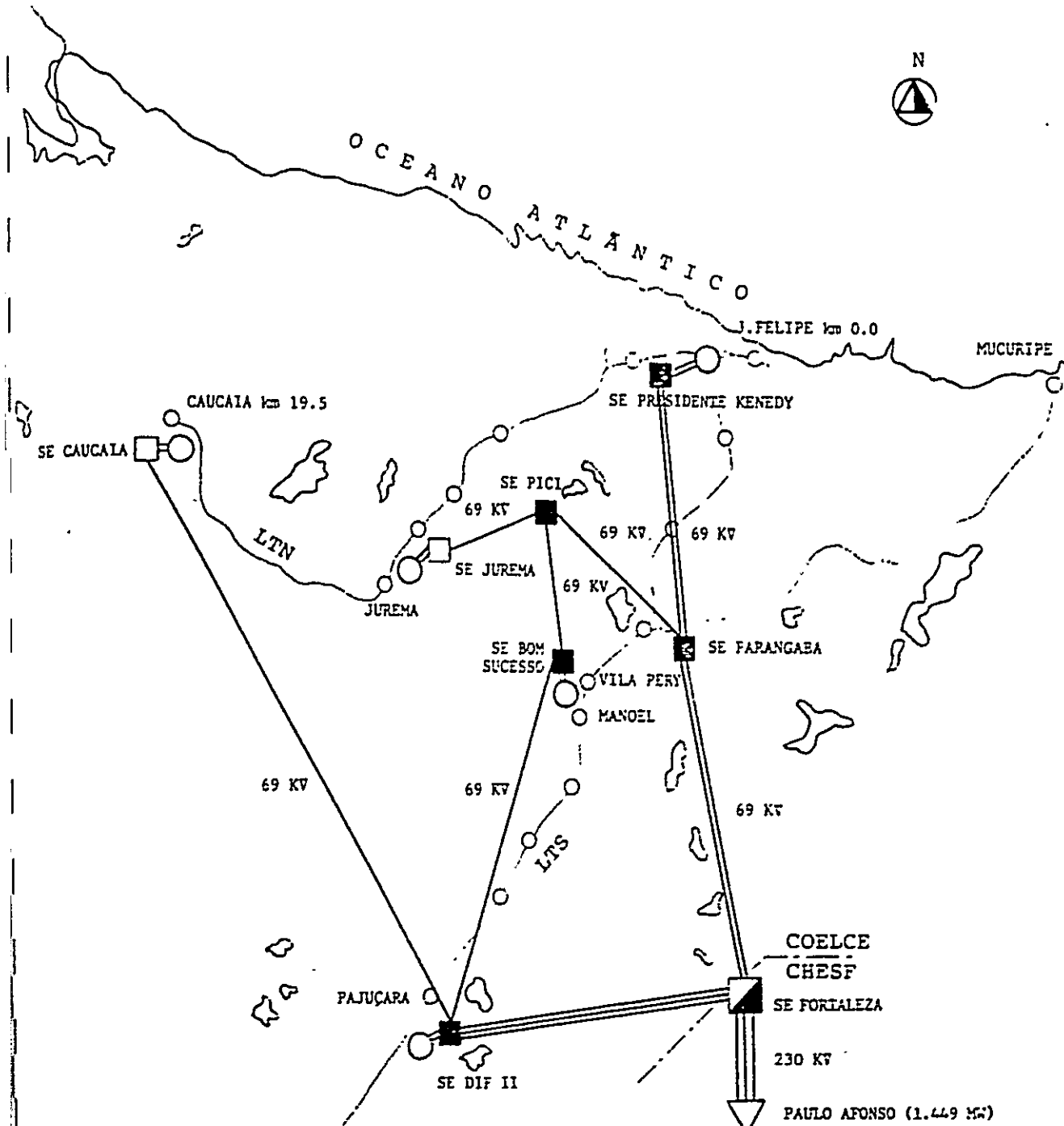
É necessário que a via seja de alta confiabilidade, econômica e apresente facilidade na manutenção, pois, trata-se de uma instalação que não tem reserva. Para atingir estas qualidades a instalação deve ser a mínima necessária, simples e pouca quantidade. Por exemplo, a rede aérea. Só deve ser construída nas linhas em que, de fato, é necessário operar o trem elétrico.

No Tronco Sul não há nada que prejudique a construção de catenária, por exemplo, a altura das estruturas. No Tronco Norte há 02 pontos onde a altura da ponte de ferro é insuficiente. Contudo, como estas pontes estão deterioradas e a sua substituição já está planejada, não constitui problema. Até a eletrificação deste tronco tem ainda tempo suficiente para executar a substituição. Foi também estudada a possibilidade de reaproveitamento do trilho velho montado para o poste de apoio, porém, como mesmo na região de Fortaleza é possível adquirir as colunas de concreto em custo barato, é mais econômico aplicar estas últimas. Porém, não se deve esquecer que os postes para a rede aérea são diferentes dos postes elétricos comuns. Deve-se ter normalizado não apenas a resistência, mas também o desvio. No Gráfico VI-2-3 apresentamos um exemplo do poste padronizado.

## 2.5 Instalações de Força

Será instalada a rede aérea de alta tensão de 6.6 kV, como fonte de energia elétrica para a sinalização automática. As fontes serão providenciadas em cada subestação e a linha de distribuição será aplicada nos postes de eletrificação.





LEGENDA

- ▣ SE FORTALEZA CHESF
- SE COELCE EM OPERAÇÃO
- SE COELCE EM PLANO
- SE CBTU EM PLANO
- ESTAÇÃO

GRÁFICO VI-2-1 MAPA ELETROGEOGRÁFICO

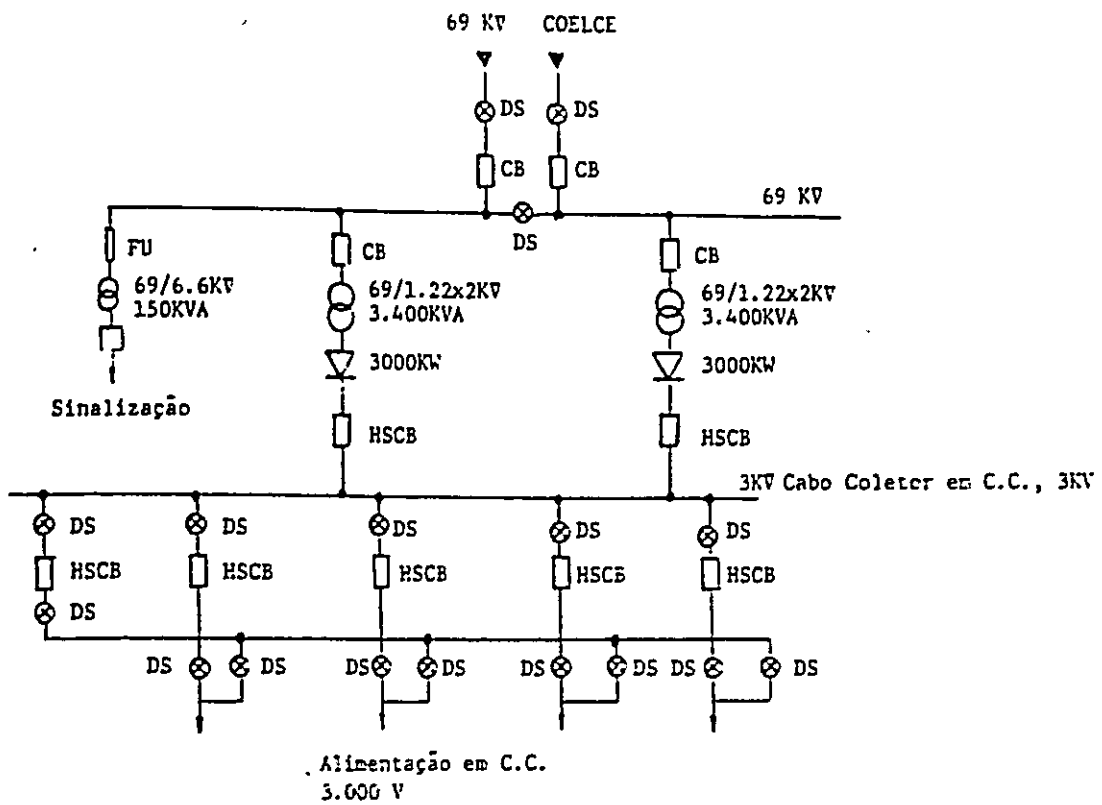


GRÁFICO VI-2-2 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DA SUBESTAÇÃO

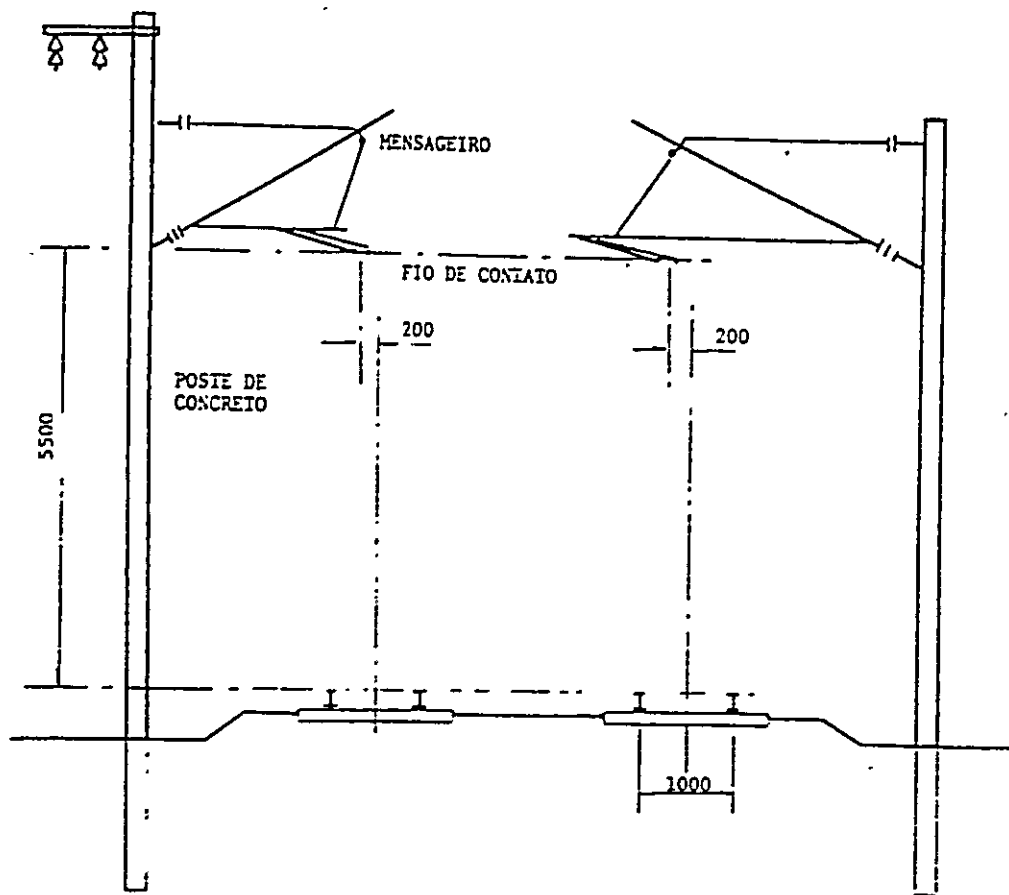


GRÁFICO VI-2-3 MONTAGEM TÍPICA EM POSTES INDEPENDENTES

### 3. INSTALAÇÃO DE COMANDO

#### 3.1 Instalação de Comando de Operação

##### 3.1.1 Sistema de comando de operação

Na ferrovia do trem suburbano de Fortaleza, os trens de passageiros do subúrbio, os trens de passageiros de longa distância e os trens de carga operarão na mesma linha até que se realize a separação da linha de carga.

A operação do trem de carga de longa distância e do trem de passageiro de longa distância processará sob controle da RFFS/A, enquanto que o trem de passageiro do subúrbio operará sob controle da CBTU.

Considerando este aspecto, elaboramos as hipóteses de operação dos trens para os sistemas de comando misto, com trem de carga e trem de passageiros, e separada, com o trem de carga separado, operando em linha específica separada.

## (1) Sistema de Comando na Operação Mista

### (a) Plano de Operação do Trem

A elaboração do plano de operação do trem nos trechos do subúrbio deve ser liderada pela CBTU, que executa a conservação e o controle das instalações, obedecendo-se as seguintes prioridades:

1<sup>a</sup> - Trem de passageiros de longa distância

2<sup>a</sup> - Trem suburbano de passageiro

3<sup>a</sup> - Trem de carga

No Gráfico VI-3-1 e VI-3-2 apresentamos a sua inter-relação.

### (b) Comando de Operação do Trem

Mesmo que opere o trem de passageiros de longa distância, trens do subúrbio e o trem de carga na mesma linha, se não provocar problemas no gráfico do trem, esta modalidade de operação não constituirá problema algum.

Porém, ocorrendo algum problema no gráfico (no caso de Fortaleza, prevê-se a grande frequência de distúrbios no gráfico do trem de carga de longa distância), o procedimento seria organi-

zar a operação obedecendo a prioridade mencionada para garantir um transporte eficiente, porém não há como evitar que esta seja a organização, principalmente, da operação do trem elétrico do subúrbio.

Para isso, há a necessidade de constituir um sistema de comando operacional, elaborado pela CBTU, como o Gráfico VI-3-1 mostra.

#### (2) Sistema de Comando com Operação Separada de Trens de Carga

No caso da operação separada do trem de carga, os canais de transporte do trem de carga e dos trens de passageiros do subúrbio estão independentes. Imprescindivelmente, os sistemas de comando também ficarão independentes; logo, não haverá nenhum problema.

#### 3.1.2 Instalação de Comando de Operação

Os serviços de comando de operação constituem-se de planejamento de operação dos trens, que os gráficos apresentam, e de inspeção de movimento de trens, organização do movimento de trens e registro e comunicação do comando, que o Gráfico

VI-3-2 mostra.

Hoje, é uma tendência mundial concentrar os serviços que constituem (liberam) os acessos, realizados nas estações, para um centro, coordenando-os para o serviço de comando de operação.

No caso da ferrovia da região metropolitana de Fortaleza, considerando que o trem entra em operação, desde o 1º estágio, com intervalo de 15 minutos, conclui-se que é necessário abandonar o comando convencional, que tem como elemento principal o telefone, para introduzir um comando equipado desde este estágio.

Os detalhes sobre esta instalação serão descritos nos itens VI-4 - SINALIZAÇÃO e VI-5 - TELECOMUNICAÇÃO.

Descrevemos, a seguir, o conceito do serviço de comando executado por equipamentos.

#### (1) Serviço de Planejamento da Operação do Trem

O serviço de planejamento da operação do trem com demanda inferior à prevista, depende, em grande parte, da avaliação empírica do homem. Assim sendo, mesmo introduzindo os equipamentos esta

introdução corresponderá à economia da mão-de-obra. E, isso leva ao pensar que a introdução dos equipamentos seja desnecessária.

### (2) Serviço de Inspeção do Movimento de Trens

Neste serviço incluem-se a inspeção da situação do movimento de trem e a traçagem do resultado deste movimento. A introdução dos equipamentos, neste caso, traz a redução da mão-de-obra além de melhorar o nível da certeza do serviço. Logo, crê-se que é necessário a introdução dos equipamentos.

### (3) Serviço de Organização do Movimento de Trens

Este serviço encerra grande quantidade de fatores dependentes da avaliação que se baseia na experiência do homem, tais como, alocação dos materiais rodantes, alocação da equipagem e outros itens. Para definir o nível de equipamentos, que deverão ser introduzidos, deve-se estudar profundamente, com tempo suficiente, a situação real deste serviço no Brasil.

Entretanto, mesmo que não entregue todos os itens deste serviço aos equipamentos, é necessário



rió introduzί-los, como um meio de apoio, para permitir uma avaliação mais correta e segura.

(4) Serviço de Registro e Comunicação do Comando

É necessário que este serviço seja feito simultaneamente com diversos pontos e de modo seguro. É o serviço onde é mais desejada a introdução dos equipamentos.

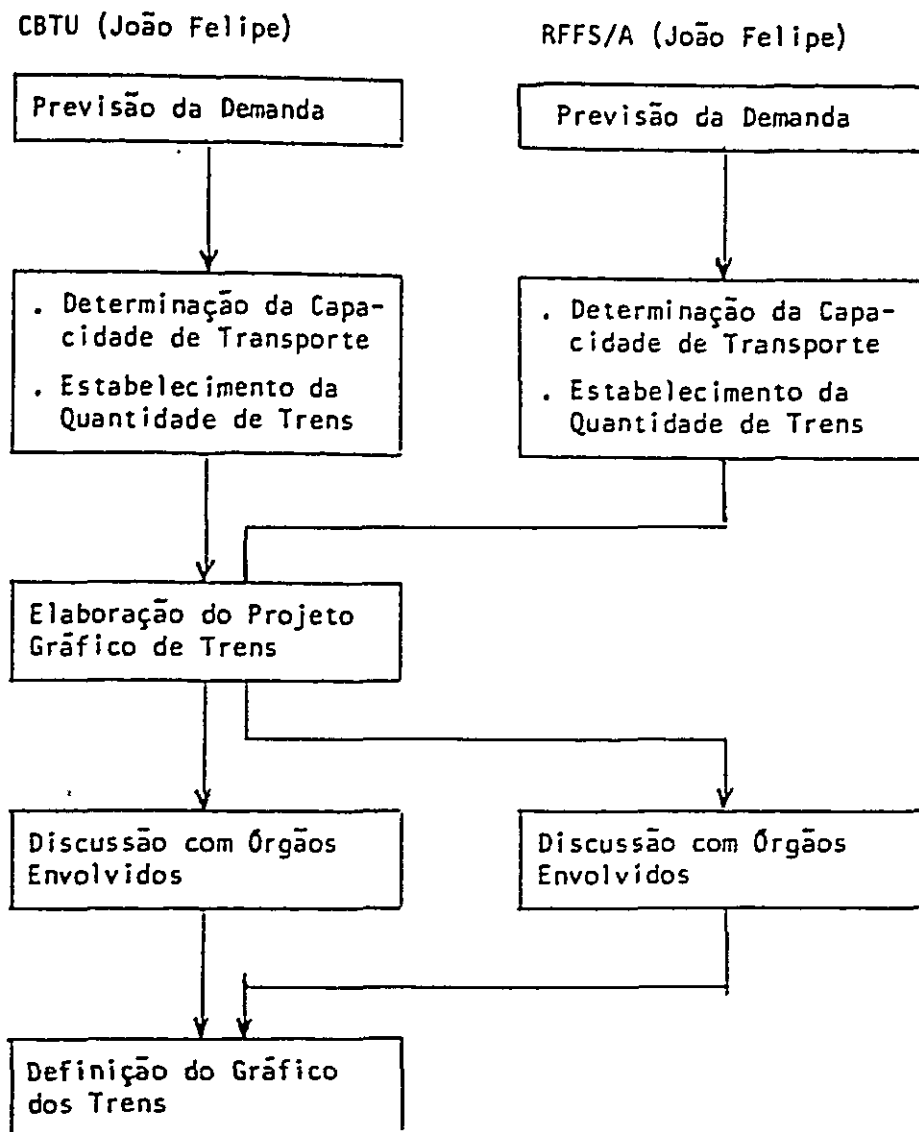
(5) Serviço de Constituição (Liberação) dos Acessos

Introduzir os equipamentos para concentrar unicamente ao centro todos os serviços de liberação de acesso, excluindo a manobra dos materiais rodantes no pátio do trem elétrico, pátio do trem de carga, e nas oficinas, é um meio que dá maior possibilidade para reduzir a mão de obra e melhorar a eficiência. Logo, é recomendável a introdução do equipamento e automação.

QUADRO VI-3-1

SISTEMA DE COMANDO DE OPERAÇÃO DO TREM, NUMA OPERAÇÃO MISTA COM O TREM DE CARGA

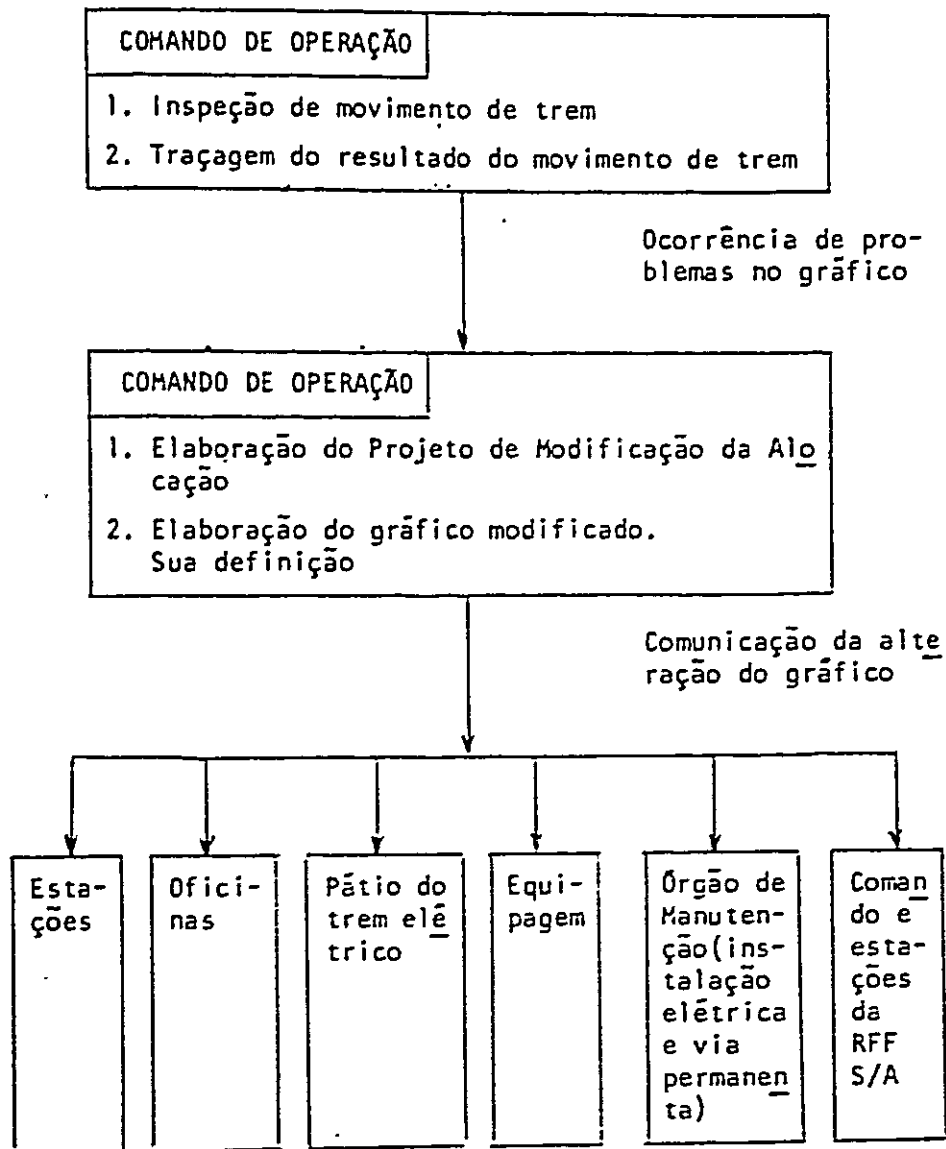
1. PLANO DE OPERAÇÃO DO TREM



QUADRO VI-3-2

SISTEMA DE COMANDO DE OPERAÇÃO DO TREM

CBTU (João Felipe)



### 3.2 Instalação de Comando de Sinalização e Telecomunicação

Nas ferrovias suburbanas da região metropolitana, que ocupa uma posição central, deve-se evitar, ao máximo, o distúrbio operacional dos trens, causado por falhas das instalações. Pois, se a ferrovia, que provavelmente deve ser a grande artéria no transporte desta região, interromper ou suspender a sua operação, haverá, inevitavelmente, dificuldade na obtenção de um transporte alternativo.

Para evitar tal incidência, deve-se manter sempre em bom estado as instalações de sinalização e equipamentos, constituindo um sistema que recupere em curto tempo a normalidade, quando eventualmente ocorrer falhas ou defeitos.

Deve-se, portanto, estabelecer um sistema de comando de sinalização e comunicação, que controle sistematicamente a conservação e a recuperação das falhas nestes equipamentos. É recomendável apoiar este serviço introduzindo o equipamento de inspeção centralizada, para sua execução.

## 4. SINALIZAÇÃO

### 4.1 Situação atual dos equipamentos de Sinalização

O estudo dos equipamentos de sinalização, na linha Tronco Sul, demonstrou que, embora uma parte das obras de implantação do relé e sinalização automática esteja concluída, praticamente, todas as instalações estão deterioradas. O seu reaproveitamento é impossível, excluindo o mecanismo da sinalização e a barra das passagens de nível.

Quanto à condição de uso das instalações, não se pode dizer que seja boa e estável, uma vez que o dispositivo de bloqueio entre as estações, que usa 02 fios nus é usado também para o telex.

Na linha Tronco Norte, o bloqueio entre as estações é estabelecido com o telex, para depois liberar o acesso operando manualmente o ponto (AMV). Não se pode reaproveitá-lo.

Fêz-se o estudo dos equipamentos no campo, nas linhas Norte e Sul, visando reduzir o cus-

to da obra de sinalização; porém, constatou-se que, com exclusão das barras das passagens de nível, o seu reaproveitamento é difícil. É recomendável a urgente automação da sinalização e a implantação dos relés, até para promover um transporte estável e seguro.

#### 4.2 Sistema de Sinalização da Ferrovia Metropolitana

##### (1) Sistema de Bloqueio

Toma-se como base o sistema de bloqueio automático da linha dupla, suspendendo o uso paralelo do sistema de bloqueio automático da linha singela, para controlar o investimento. Entretanto, o sistema deve estar preparado para não haver transtorno se, eventualmente, ocorrer a introdução do sistema paralelo de linha singela, no futuro próximo.

##### (2) Distância de Bloqueio

Tanto na linha Tronco Norte como na linha Tronco Sul, até certa época, haverá operação mista de trem de carga e trem de subúrbio de passageiros. Feito o estudo da distância de bloqueio,

2011

1

2

3

4

•

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

da via ainda não é sinal de velocidade e, que a operação do trem de passageiros do subúrbio deverá ser com headway curto possível, resolveu adotar o sistema do item (b), como meio de indicação por destino. O sistema de sinalização lateral da via deve ser com sinalizadores luminosos multifocais.

#### (4) Equipamento de CTC

Estabelece o centro de controle em João Felipe para executar o controle centralização dos equipamentos de intertravamento dos trens. Exclui-se, no entanto, a rota de manobra do pátio de João Felipe e do interior da oficina de Rockert.

Considerando a dispersão do risco do sistema e a exequibilidade da obra, é recomendável introduzir o equipamento de CTC, separadamente, nas linhas Norte e Sul, para cada um constituir um circuito alternativo.

É recomendável instalar, juntamente, o dispositivo de indicação de número do trem, o registrador do gráfico dos trens, o equipamento de controle centralizado de sinalização, etc.



#### (5) Equipamentos de Intertravamento

Visando a melhoria do grau de segurança e a redução da mão-de-obra, é recomendável a instalação do relé de intertravamento de 1º tipo, nas estações com intertravamento e nas bases dos materiais rodantes.

#### (6) Equipamento de ATC

Estudando o ATC que será aplicado nas linhas Norte e Sul concluiu-se que:

- a) o ATS não é adequado para as linhas que, no futuro, operarão trens em alta velocidade e alta densidade;
- b) os sistemas de indicação do sinalizador devem ser a sinalização lateral da via (sistema luminoso multifocal), e sinalização de cabine;
- c) o nível de indicação da sinalização (ATC) deve ser aproximadamente de 06.

Neste caso, como equipamento ATC pode-se pensar em 02 sistemas: sistema de código de 80 Hz (tecnologia mais recente do Japão) e sistema AF. Se considerar a distância de bloqueio com headway de 5 minutos, o intervalo máximo de blo-

queio deve ser de 1.5 km; sendo, neste caso, recomendável economicamente adotar o sistema de código de 80 Hz. A adoção de um destes dois sistemas, deve ser estudada no futuro, na ocasião do Projeto Geral e Projeto Detalhado.

(7) Equipamento de Segurança da Passagem de Nível

Deve introduzir o sistema automático de segurança da passagem de nível com alarme e barra de interrupção total instalando, conjuntamente a lâmpada indicativa de fechamento. (É recomendável instalar também o indicador do sentido de operação dos trens).

O controle da passagem de nível deve ter como princípio o uso do circuito da via.

(8) Máquina da Chave

Deve ser máquina da chave elétrica. Entretanto, se será motor elétrico alternado ou motor elétrico em corrente contínua, deve ser definido conforme a confiabilidade da fonte de energia elétrica em corrente alternada. Para a manutenção é recomendável o motor elétrico em corrente alternada.

Quanto aos dispositivos de bloqueio de mudança, barra de operação e barra de bloqueio, devem ser estudados novamente, considerando a operação em alta velocidade, alta densidade e aumento do peso do trilho.

#### (9) Circuito da Via

O circuito da via, que é a base dos equipamentos de sinalização, deve ser introduzido desde o 1º estágio. É recomendável adotar o sistema de código de 80 Hz, para reduzir o custo.

Porém, se será do tipo centralizado ou descentralizado, deve ser definido observando a evolução futura da técnica de microeletrônica.

A definição do sistema apropriado de circuito da via deve ser feita após a confirmação dos seguintes itens:

- a) confirmar se o carro de controle VVVF será ou não introduzido (o plano atual não prevê a sua introdução);
- b) confirmar se o condensador para retração da onda alta harmônica das subestações será ou não introduzido.

#### (10) Rede Aérea

Quanto ao uso dos cabos multicondutores deve estudar a extensão do nível de centralização dos equipamentos, providenciando a redução do diâmetro de cada condutor do cabo.

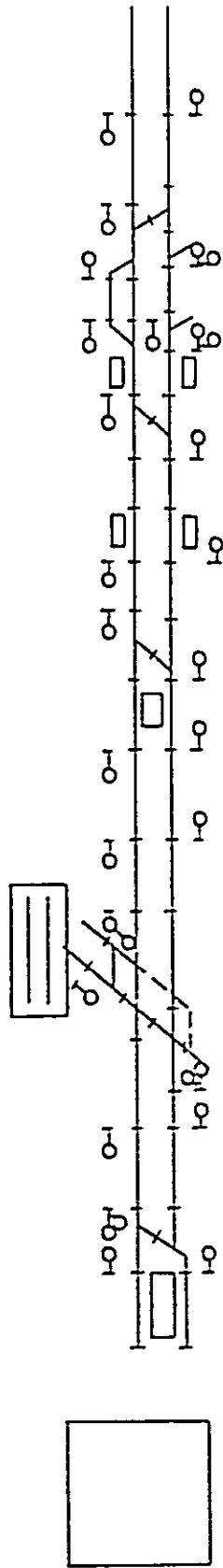
#### (11) Equipamento da Fonte

Nas linhas eletrificadas, ocorrendo a interrupção da fonte de energia elétrica de sinalização, a operação não se manterá regular mesmo que continue havendo o fornecimento da fonte de alimentação. Por esta razão, é necessário o fornecimento da fonte de energia elétrica de sinalização e telecomunicação, perfeitamente harmonizada com a confiabilidade da fonte de alimentação.

#### 4.3 Desenho Esquemático da Sinalização (Linha Sul)

vide Gráfico VI-4-1.

ESQUEMA DA SINALLIZAÇÃO (LINHA TRONCO SUL)



SISTEMA DE BLOQUEIO AUTOMÁTICO DA LINHA  
DUPLICADA

SISTEMA DE BLOQUEIO



EQUIPAMENTO DE CTC



EQUIPAMENTO DE INVERTRAVAMENTO



EQUIPAMENTO DE ATC

DISPOSITIVO DE SEGURANÇA DA PASSAGEM DE NÍVEL

GRÁFICO VI-4-1

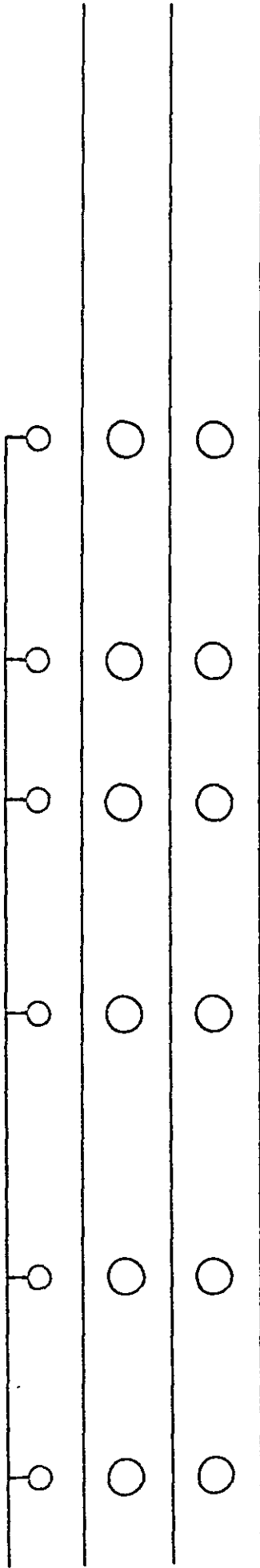
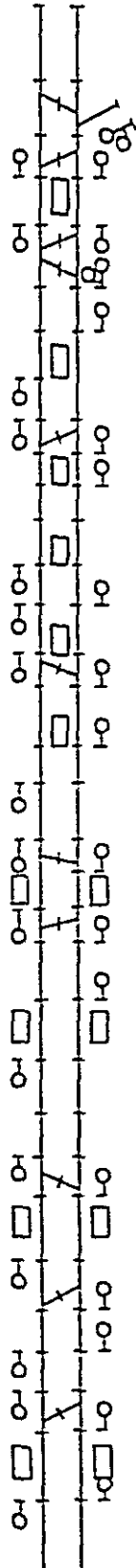


GRAFICO VI-4-J

## DADOS DE REFERÊNCIA

APLICAÇÃO DO ATC COM SINAL LATERAL DA VIA (WAY  
SIDE SIGNAL) EM SINAL DE VELOCIDADE ÀS LINHAS TRON  
COS SUL E NORTE

### 1. INTRODUÇÃO

O plano prevê que tanto a linha Tronco Norte como o Tronco Sul, iniciam a sua operação no 1º estágio com o intervalo de 15 minutos até alcançar 5 minutos.

A tendência mundial é introduzir o sistema de ATS e ATC nas linhas de operação em alta densidade e em alta velocidade, para parar automaticamente o trem, quando ocorrer alguma falha na operação da equipagem. Entretanto, a definição da quantificação de alta densidade e alta velocidade não é estabelecida. Depende das condições de cada país.

Embora seja uma avaliação que se baseia muito na sensibilidade, os Troncos Norte e Sul, cuja velocidade e cujo intervalo, no 1º estágio, são

respectivamente de 80 km/h e 15 minutos, são linhas onde o ATS ou ATC deve ser introduzido. Por isso, foi desenvolvido um estudo, visando a sua aplicação, por meio de um sistema econômico.

## 2. INTRODUÇÃO DE ATS

Considera-se, geralmente, que o ponto de delimitação para introduzir o ATS e ATC fica perto de intervalo de 5 minutos.

Como a constituição de ATS é simples, a força de frenagem adotada é o sistema de freio de emergência. Colocado uma vez em funcionamento, geralmente, não se libera até à parada. A aplicação desta frenagem frequentemente provoca a ocorrência de desgaste plano da roda. Considerando que tanto o intervalo de linha Tronco Sul como o do Tronco Norte, será de 5 minutos (alta densidade), no 3º estágio, que o ATS é controle de ponto, necessitando ser instalado na faixa interna da via no campo (ficará em condição de livre da falha (fail out) se for roubado), concluiu-se que a introdução de ATS não é conveniente.



### 3. APLICAÇÃO DE ATC

#### 3.1 Aplicação de Sinal Lateral da Via em Sinali- zação de Velocidade

Por ora, tanto a linha Tronco Sul como a Tronco Norte, terá que operar os trens de carga e de passageiros do subúrbio. Para esse caso, pode-se pensar em 03 modalidades de indicação da sinalização:

- 1) Sinalização lateral da via (way side signal) (trens de carga e trens de passageiros do subúrbio).
- 2) Sinalização lateral da via (trens de carga), sinalização da cabine (cab signal) (trens de passageiro do subúrbio).
- 3) Sinalização da cabine (cab signal) (trens de carga, trens de passageiro do subúrbio).

Entretanto, a locomotiva Diesel é amplamente empregada no trem de carga. Instalar o equipamento de sinalização da cabine (cab signal) nessas locomotivas Diesel não seria uma solução que atenda à realidade. Por outro lado, não seria tan-

bém uma medida eficiente, adotar para um trem o sinal de cabine (cab signal) e para o outro o sinal lateral da via (way side signal), uma vez que ambos circulam sobre a mesma linha, embora haja restrição na faixa de horário.

Considerando estes aspectos, concluiu-se que é recomendável adotar como sistema de indicação do sinal a sinalização lateral da via (way side signal).

### 3.2 Aplicação de ATC

Adotando o sistema de sinalização lateral da via (way side signal), é recomendável que o sistema de ATC seja aquele que tem como prioridade o apoio à operação manual, ou seja, o freio de ATC entra em operação apenas quando houver falha no tratamento manual, por parte da equipagem. A razão disso é porque, quando se trata apenas do equipamento de ATC, exige-se que a sua constituição seja de sistema redundante (obtenção da confiabilidade); enquanto que no sistema de apoio à operação manual, a constituição passa a ser um sistema redundante onde combina o homem e o equipamento ATC,

permitindo a sua simplificação e a conseqüente redução do custo.

Realizamos o estudo conceitual dos 02 sistemas de ATC, que poderão ser pensados neste caso.

No Gráfico apresentamos o ATC tipo simples (nome provisório).

As suas características positivas são:

- (1) pode-se esperar a redução do custo, pois o uso do sistema de codificação comercial é possível; e
- (2) devido à razão exposta no item (1), a manutenção torna-se fácil.

Porém, há os seguintes pontos negativos:

- (1) para a restrição da velocidade nas curvas e no desvio (AMV) depende apenas do sistema homem;
- (2) se for introduzido, eventualmente, o carro de controle chopper, ou de VVVF, pode ocorrer falha na operação devido à sua característica; e
- (3) se for implantado na proximidade o cabo especial de transmissão em alta tensão, pode ocorrer falha na operação, provocada pela indução

eletromagnética.

Como foi exposto, embora seja um sistema extremamente atraente para a redução do custo, há pontos a observar no aspecto técnico, o que não permite afirmar que seja o melhor sistema.

A outra solução é o emprego do ATC comum. No Gráfico apresentamos a sua concepção.

Os pontos positivos e negativos deste sistema são praticamente opostos do ATC simplificado. Os seus pontos positivos são:

- (1) o sistema apoia a limitação da velocidade nas curvas e nos desvios;
- (2) mesmo no caso da introdução do carro de controle chopper ou de VVVF, a técnica existente permite atender relativamente bem a situação; e
- (3) atende com a técnica existente a indução eletromagnética provinda do cabo especial de transmissão de alta tensão.

Entretanto, os seus pontos negativos são os seguintes:

- (1) devido ao fato de ser um sistema de modulação

de sinal de frequência AF, o seu custo é relativamente alto; e

- (2) devido ao exposto no item (1), necessita-se de grande quantidade das peças eletrônicas, tornando a manutenção complexa.

#### 4. CONCLUSÃO

É recomendável adotar nas linhas Troncos Norte e Sul, desde o 1º estágio, a sinalização lateral da via (way side signal) como sistema de indicação da sinalização e o sistema de controle em ATC, que apoia a operação manual (back up).

E, como sistema ATC, o recomendável é o sistema de modulação da onda de sinal de frequência AF. Entretanto, quanto à aplicação do Circuito da via digitalizado de baixa frequência, já em uso no Japão para reduzir o custo, propomos que deve-se proceder o seu estudo técnico.

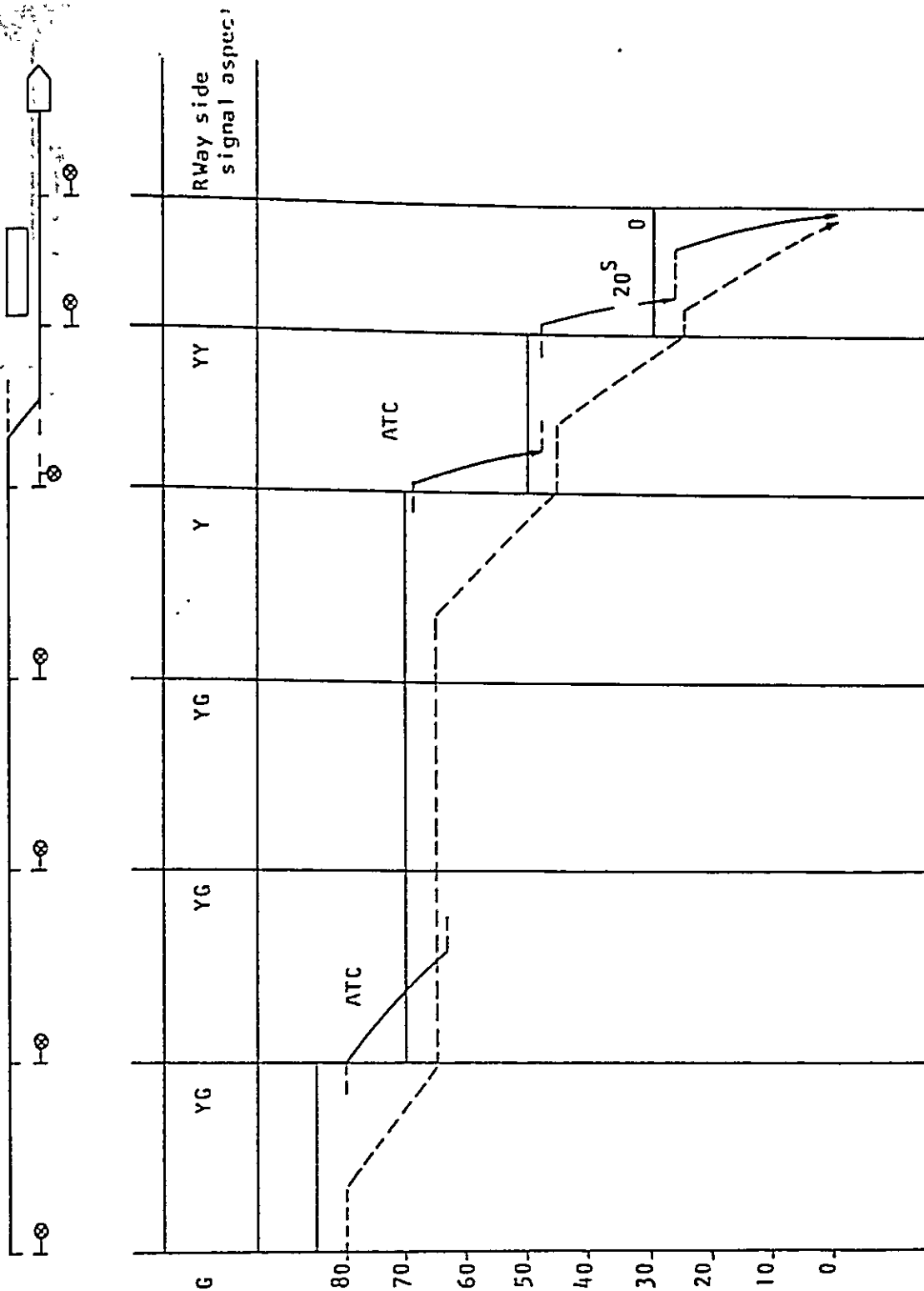
EXEMPLOS DE ATC

RESTRIÇÃO DA VELOCIDADE  
NA CURVA = 70 km/h

RESTRIÇÃO NO AMV  
45 km/h

CONDIÇÕES PREVISIVAS

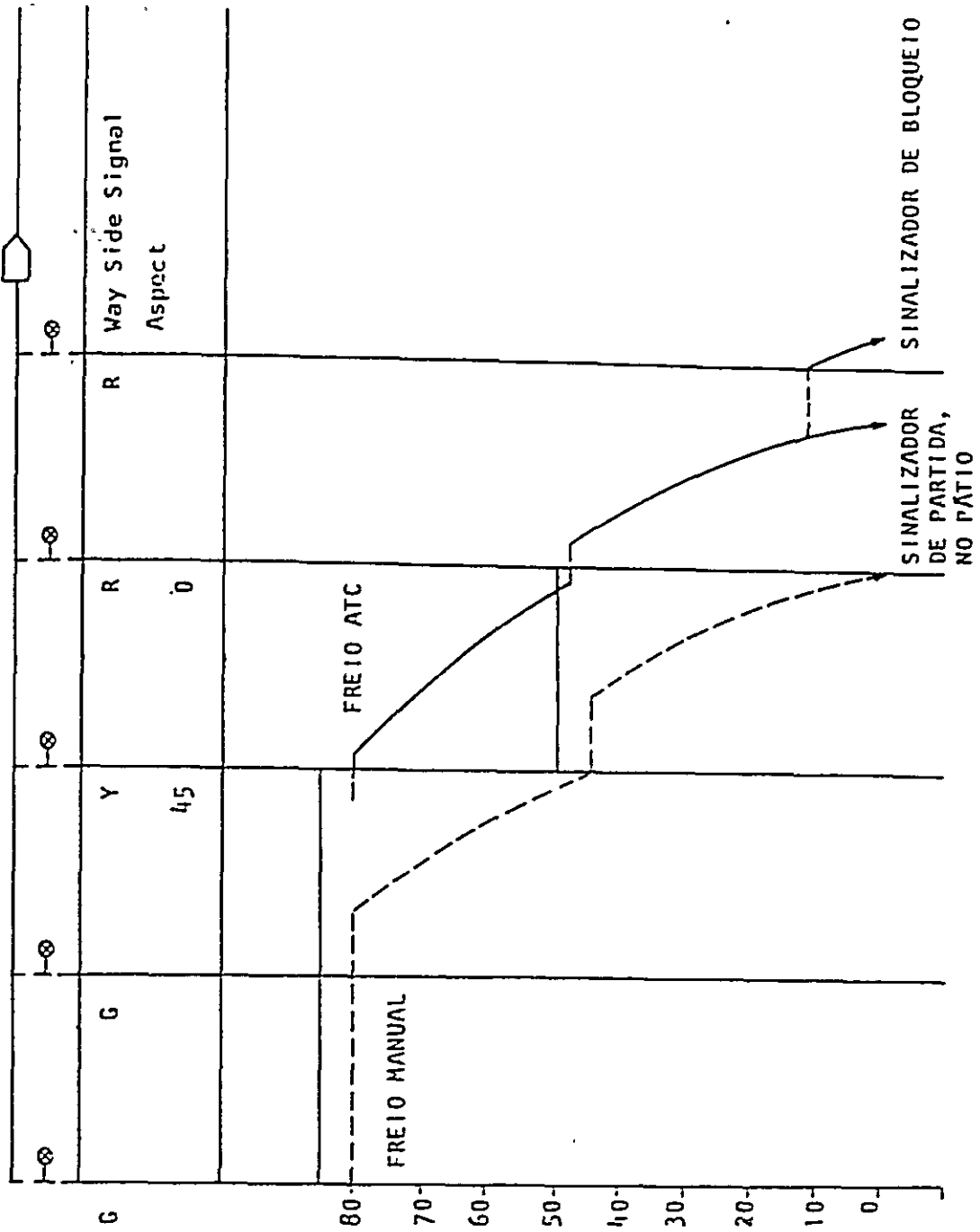
1. Comprimento mínimo de Bloqueio (comprimento do trem +  $\alpha$ ).
2. Apoio automático na restrição da velocidade nas curvas e AMV.
3. Apoio do ATC dando preferência à operação manual.
4. Freio de ATC é de sistema convencional.
5. Sistema de modulação da onda de sinal de frequência AF.



EXEMPLO DE ATC, TIPO SIMPLIFICADO

CONDIÇÕES PREVISTAS:

1. Comprimento mínimo de bloqueio 600 m.
2. Limitação manual da velocidade nas curvas e AMVs.
3. Apoio do ATC dando prioridade à operação manual.
4. Freio de ATC é do tipo convencional.
5. Sistema de codificação da frequência comercial.



## DADOS DE REFERÊNCIA

### ESTUDO DA DISTÂNCIA DE BLOQUEIO

Estudamos a distância de bloqueio do trecho máximo entre as estações de João Felipe à Otávio Bonfim, de 3,4 km, considerando:

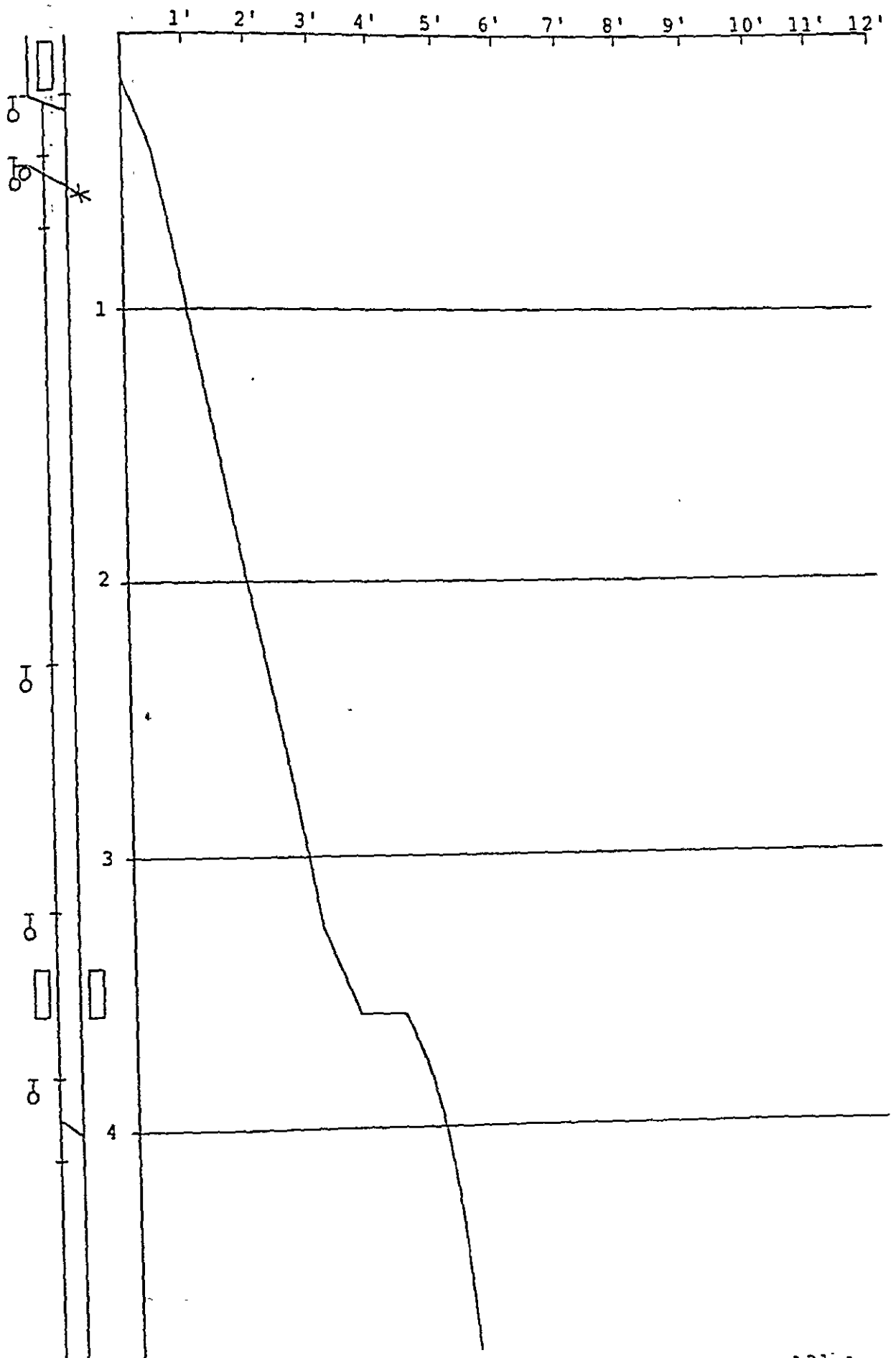
- (1) o comprimento mínimo de bloqueio de 600 m e
- (2) o comprimento do trem de 160 m.

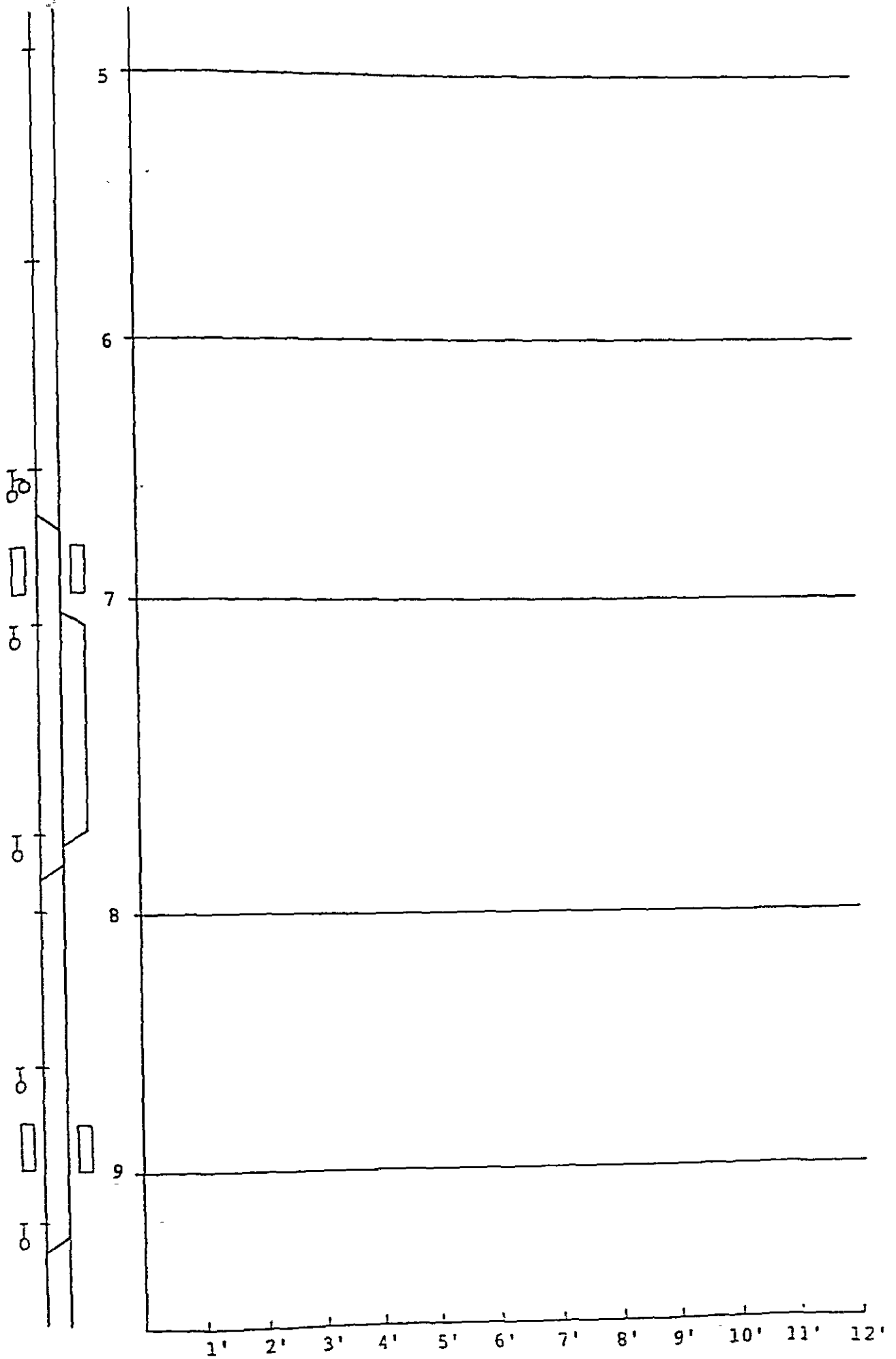
Concluimos que introduzindo além do sinalizador de partida do pátio, 01 sinalizador de bloqueio, é viável o intervalo de 5 minutos no trem elétrico e intervalo de 10 minutos no trem de carga, mesmo que a performance de aceleração e desaceleração deste último seja ruim.

Como o plano é de 15 minutos no 1º estã-gio, teoricamente, é possível omitir o sinalizador de bloqueio. Entretanto, para evitar que a partida da estação adjacente seja feita pelo sinal de restrição (sinal Y), fica definido a instalação de sinal de bloqueio desde o 1º estágio.



EXEMPLO DA DISTÂNCIA DE BLOQUEIO NA LINHA TRONCO SUL





131-E

## 5. TELECOMUNICAÇÃO

### 5.1 Situação atual das Instalações de Telecomunicação das linhas Tronco Norte e Sul

Fêz-se o levantamento da situação atual das instalações de telecomunicação das linhas Troncos Norte e Sul, para estudar o sistema de telecomunicação da ferrovia da região metropolitana de Fortaleza.

#### (1) Sistema de Transmissão

O sistema de transmissão consiste em 06 fios nús de alumínio instalados nos postes de tri-lho velho. Têm sido reparados a cada obra de melho-ria do leito da via. Entretanto, pôde-se observar que em diversos postes há linhas de pipa enrolados nos fios de transmissão da área, o que faz imagi-nar a redução do isolamento causado por elas na o-casião da chuva. Não se pôde dizer que seja um cir-cuito estável.

É uma parte do circuito de sistema de o-peração, que estabelece o bloqueio entre as esta-ções, depende do sistema de telefone público (per-

sa-se que este sistema tenha maior confiabilidade do que o atual sistema de comunicação da ferrovia). Embora esta dependência seja apenas uma parte do trecho, não se pode dizer que este seja um sistema de transmissão recomendável.

## (2) Sistema de Transmissão de Rádio

Quanto a transmissão de rádio há 02 sistemas instalados: sistema de rádio fixo entre as estações e sistema de rádio móvel destinado à comunicação entre o comando e a locomotiva.

A constituição do sistema de rádio fixo é incompleta e o sistema de rádio móvel apresenta problemas na operação dos equipamentos carregados no bordo e na estabilidade da fonte elétrica do carro, o que faz pensar que o seu aproveitamento não é eficiente.

Apesar do exposto, o sistema de rádio é o sistema que apresenta a base melhor organizada. Por esta razão, se for sistematizado e organizado, será um meio mais adequado ao tráfego de baixa demanda.

### (3) Sistema de Telefone de PABX e PAX

O seu estado é bom. Basta constituir o sistema conforme a variação do volume de tráfego.

### 5.2 Plano de normalização

Pode-se dizer que a condição atual do sistema de transmissão de telecomunicação do trecho da ferrovia do subúrbio de Fortaleza é bastante fraca.

Independentemente da eletrificação ou não das linhas Tronco Norte e Sul, para a ferrovia desempenhar a sua função como um meio de transporte do subúrbio, deve-se urgentemente implementar a normalização (propositalmente, não se usou a palavra fortalecimento) da rede de telecomunicação, que constitui o sistema nervoso do transporte ferroviário.

Sobretudo, quanto ao sistema de transmissão de rádio de multiacesso, proposto na normalização, a sua implementação, além de não trazer nenhum problema no avanço do plano de eletrificação da ferrovia, após a separação da carga e passagei-

ros, uma parte poderá ser alocada para a carga (RFFS/A) e a outra poderá constituir um sistema de desvio. Sendo assim, pode-se reforçar que a sua introdução deve ser logo realizada.

Quanto ao sistema de telefone e ao sistema específico, é possível compreender a sua concepção básica. Porém, no sistema de telefone, não está claro o posicionamento dos departamentos de Inspção e Reparo, semelhante à base dos materiais rodantes de João Felipe, oficina de Rocket e outros, e no sistema específico não está definido o nível de serviço que deverá ser oferecido aos passageiros. É, portanto, necessário aprofundar no estudo do sistema, nas fases de elaboração do Projeto Geral e Projeto Detalhado.

### 5.3 Eletrificação ou Instalação no momento da Introdução do trem Metropolitano

#### (1) Estimativa da capacidade de circuito na eletrificação

No Gráfico VI-5-1 apresentamos um exemplo da constituição da capacidade de circuito estimada (linha Tronco Sul).

O circuito de comunicação do trem de carga deve ser atendido por sistema de rádio, cuja instalação está prevista no plano de Normalização, pois, a CBTU e a RFFS/A são separadas organizacionalmente. Em decorrência disso, há alguns fatores de incerteza no sistema específico e no sistema de telefonia em PABX e PAX.

Contudo, pensa-se que seja suficientemente atendido com aproximadamente 30 canais.

Em relação à linha Tronco Norte, pode também ser atendida com cerca de 30 canais, pois, está prevista a ligação da linha repetidora de PABX da oficina de Rockert ao sistema de TELECEARA.

## (2) Sistema de Transmissão

Pode-se pensar em 02 sistemas: de cabo métrico e cabo óptico.

O Quadro VI-5-1 apresenta os itens comparados para seleção do sistema. O resultado da comparação demonstrou que o recomendável é o cabo óptico.

No sistema de transmissão com o cabo óptico as características do próprio cabo óptico e

do equipamento transportador da luz, a técnica de sua execução e a técnica de manutenção, formar um corpo sô para constituir um sistema e funcionar. Por esta razão, a sua execução deve ser controlada como um sistema total, integralizado.

### (3) Sistema de Transmissão de Rádio

O sistema de transmissão de rádio deve ser constituído como circuito de desvio (alternativo) dos circuitos importantes como CTC e CSC.

Os demais circuitos deverão ser transferidos para RFFS/A depois da separação do transporte de carga e passageiro.

### (4) Sistema de telefonia em PABX e PAX

Deve ser seguido o plano atual.

### (5) Sistema específico

Este sistema será instalado atendendo o pedido do usuário. Neste tocante, a exigência do nível dos serviços oferecidos aos passageiros não está clara. É importante que haja futuros estudos do assunto.

Ainda, como sistema que guia os passageiros,



de modo completo e seguro, no momento de acidentes e outros (sõ com anúncio do guia as informações se dispersam), deve elaborar o estudo do sistema de indicação das guias, indicação da partida, etc.

É, ainda, para minimizar o tempo de parada da rede de telecomunicação, que é o sistema nervoso do transporte ferroviário, propomos que seja feito o estudo do sistema de Controle Centralizado.

QUADRO VI-5-1 - COMPARAÇÃO ENTRE O CABO METÁLICO E O CABO ÓPTICO

	CABOS METÁLICOS	CABOS ÓPTICOS
1. Adequabilidade à transmissão	Δ	○
2. Adequabilidade à indução eletromagnética (eletrificação) (sem filtro de subestação)	Δ	○
3. Adequabilidade à elevação da potência elétrica do campo, como da subestação	Δ	○
4. Medida de prevenção contra roubo	Δ	○
5. Executibilidade (1) Assentamento (2) Ligação	○	○
6. Manutenção	○	○
7. Economicidade	○	○
AVALIÇÃO GERAL	○	○



## 6. PASSAGEM DE NÍVEL

Atualmente, na ferrovia da região suburbana há 14 passagens de nível no Tronco Norte e 17 no Tronco Sul, totalizando 31 passagens de nível. Calculando, este valor significa que no Tronco Norte há, em média, 01 passagem de nível a cada 1.4 km e no Tronco Sul 01 a cada 1.3 km.

Principalmente, no trecho do Tronco Sul do centro da cidade, há 05 passagens de nível, num trecho de 4 km. O trecho de menor distância entre as passagens de nível, tem apenas 385 m.

Eletrificando a ferrovia do subúrbio e encurtando o headway, o distúrbio de trânsito nas passagens de nível constituirá um problema maior do que o atual.

Hoje, a parada dos automóveis, nestes pontos, praticamente, não é cumprida. Acrescendo-se a este fato, tratando-se de pessoas e bicicletas, atravessam a frente dos trens, ignorando até o alarme do maquinista.

Por outro lado, em alguns pontos, a obra de melhoria da estrutura da passagem de nível está

concluída, independentemente do plano de eletrificação. As passagens de nível reformadas, pavimentadas com o bloco de concreto, atende completamente os requisitos exigidos. Recomendamos adotar este sistema também para os demais.

Nos Gráficos VI-6-1 e VI-6-2 apresentamos a localização das passagens de nível.

Hã, ainda, no Tronco Sul, 9 pontos destinados ao pedestre e 04 pontos de passagem inferior.

#### CRUZAMENTO POR ELEVADOS, PARA EXTINÇÃO DAS PASSAGENS DE NÍVEL

Hã um plano de extinção de 5 pontos de passagens de nível, no trecho de 1,2 km, do pátio da estação de João Felipe, até ao ponto de 4,5 km, do Tronco Sul.

Neste trecho, com volume de tráfego de 7.000 a 36.500 veículos, incluem-se as rodovias principais que são: Av. Filomena Gomes, Av. Francisco Sã, Av. Sargento Hermínio, Av. Bezerra de Me nezes e Jovita Feitosa.

O volume de tráfego da Av. Bezerra de Me nezes ultrapassa demais rodovias. No momento de pi co, de 7 horas até 8 horas da manhã, trafegam aqui 2.464 veículos e à tarde, no pico de 6 horas até 7 horas, passam 3.400 veículos. O seu volume por dia é de 36.493 veículos.

O cruzamento do elevado com estas rodo-  
vias principais será feito mediante viadutos contí-  
nuos. Observando pela rampa longitudinal, cremos  
que o seu comprimento ultrapassará os 3,3 km do  
projeto.

A passagem de nível é um ponto de conta-  
to de uma passagem específica normalizada, denomi-  
nada ferrovia e uma passagem relativamente livre,  
chamada rodovia. Por esta razão, tem sido observa-  
do com frequência os acidentes na passagem de ní-  
vel, causados por transeuntes (pedestres e carros)  
da rodovia, relativamente livre das regras.

Contudo, vale observar que, para evitar  
os acidentes da passagem de nível, responsabilizar  
o maquinista, que é da passagem específica, relati-  
vamente fácil de se submeter às normas, do aciden-  
te e meter livre os transeuntes da rodovia, não

submetidos às regras, é uma situação não recomendável quando se tenta alcançar um transporte em massa, de alta velocidade e de alta frequência.

Exposta esta observação, apresentamos as conceituações básicas dos equipamentos de passagem de nível nas hipóteses em que as linhas Troncos Norte e Sul serão modificadas para a ferrovia suburbana.

#### 6.1 Situação atual do tráfego da passagem de nível das linhas Tronco Norte e Sul.

As passagens de nível das linhas Norte e Sul podem ser grupadas em passagens que se encontram na região metropolitana a alguns quilômetros, da estação João Felipe e em demais passagens.

Segundo os valores demonstrados no estudo feito pela CBTU sobre as passagens de nível da região metropolitana, o custo da construção de viadutos compensa o custo de tempo perdido pelos transeuntes da rodovia só após algumas dezenas de anos.

Entretanto, considerando a atual situação de travessia da passagem de nível, dos transeun

tes na região metropolitana, crê-se que é necessário considerar também os seguintes itens, cuja quantificação é difícil, juntamente com a comparação entre os custos:

- (1) fatores que provocam os acidentes na passagem de nível, e
- (2) perda observada na ferrovia, com a ocorrência de acidentes na passagem de nível.

Nas passagens de nível fora da cidade, que não são munidas de barra de interrupção, têm sido observados que os transeuntes atravessam de frente do trem. Isso deve constituir para o maquinista da ferrovia uma grande carga emocional.

## 6.2 Objetivos da instalação de passagens de nível

As passagens de nível do Brasil devem satisfazer 02 condições:

- (1) cruzamento seguro entre o transeunte das rodovias (carros, pessoas) e ferrovia, e
- (2) evitar a entrada ilegal das pessoas no trem.



(Há algumas dezenas de por cento dos passageiros que viajam gratuitamente atravessando a passagem de nível).

### 6.3 Concepção Básica da Passagem de Nível

#### (1) Passagem de nível da região metropolitana

Quanto às passagens de nível da região metropolitana, é recomendável considerar, politicamente os fatores causadores dos acidentes e a dificuldade de quantificar a perda percebida pela ferrovia no acidente, para planejar a construção dos viadutos, em ordem, dentro da faixa permitida pela situação financeira.

Obviamente, antes da conclusão das construções dos viadutos, deve-se introduzir os equipamentos de segurança, semelhante aos adotados para as passagens de nível, localizados fora da área da cidade.

#### (2) Passagens de nível fora da área da cidade

Basicamente, nestas passagens de nível o cruzamento é de superfície. Neste caso, os equipamentos de segurança devem satisfazer os seguintes

itens:

- a) determinar e regularizar o tempo de alarme da passagem de nível (para os transeuntes reconhecerem que o alarme funciona no momento certo e apropriado);
- b) determinar e regularizar o tempo de interrupção da passagem de nível (para fazer com que os transeuntes reconheçam que o tempo físico de interrupção e o seu conteúdo é correto e apropriado);
- c) informar à equipagem a situação da interrupção da passagem de nível (indicar que a situação permite uma marcha segura, mediante lâmpada indicativa de interrupção da passagem).

Para atender a estes requisitos, o equipamento de segurança da sinalização deve ser automático, correlacionando-se com os equipamentos de segurança da sinalização, desde o 1º estágio, tanto na linha Tronco Sul como na linha Tronco Norte. Quanto ao seu conteúdo será descrito no capítulo VI - 4 de Sinalização.

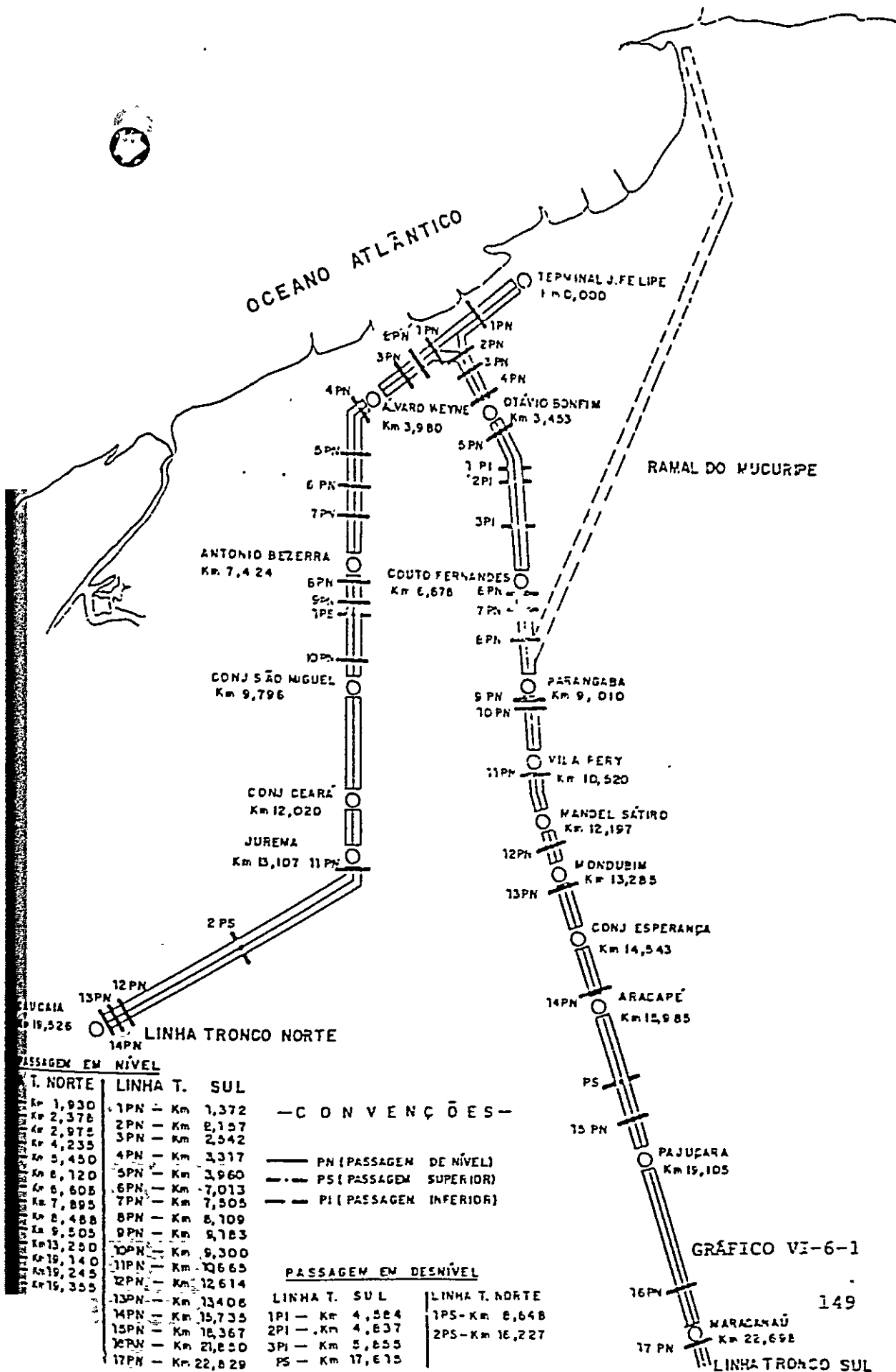
Entretanto, mesmo que se torne automático os equipamentos de segurança das passagens de

nível, não há método capaz de evitar totalmente os seguintes itens:

- a) entrada dos veículos na área interrompida da passagem de nível;
- b) entrada de pedestre na área interrompida da passagem de nível; e
- c) passageiros que entram ilegalmente no trem.

Em resumo, neste aspecto, terá que se esperar a melhoria da moralidade dos transeuntes.

# LOCALIZAÇÃO DAS INTERSEÇÕES



### PASSAGEM EM NÍVEL

Km	Linha T. Norte	Linha T. Sul
Km 1,930	1PN	Km 7,372
Km 2,378	2PN	Km 8,157
Km 2,975	3PN	Km 8,542
Km 4,235	4PN	Km 9,317
Km 5,450	5PN	Km 9,960
Km 6,120	6PN	Km 7,013
Km 6,605	7PN	Km 7,505
Km 7,895	8PN	Km 8,109
Km 8,488	9PN	Km 8,783
Km 9,505	10PN	Km 9,300
Km 10,250	11PN	Km 10,665
Km 11,140	12PN	Km 12,614
Km 12,245	13PN	Km 13,406
Km 13,355	14PN	Km 15,735
	15PN	Km 16,367
	16PN	Km 21,850
	17PN	Km 22,829

### - CONVENÇÕES -

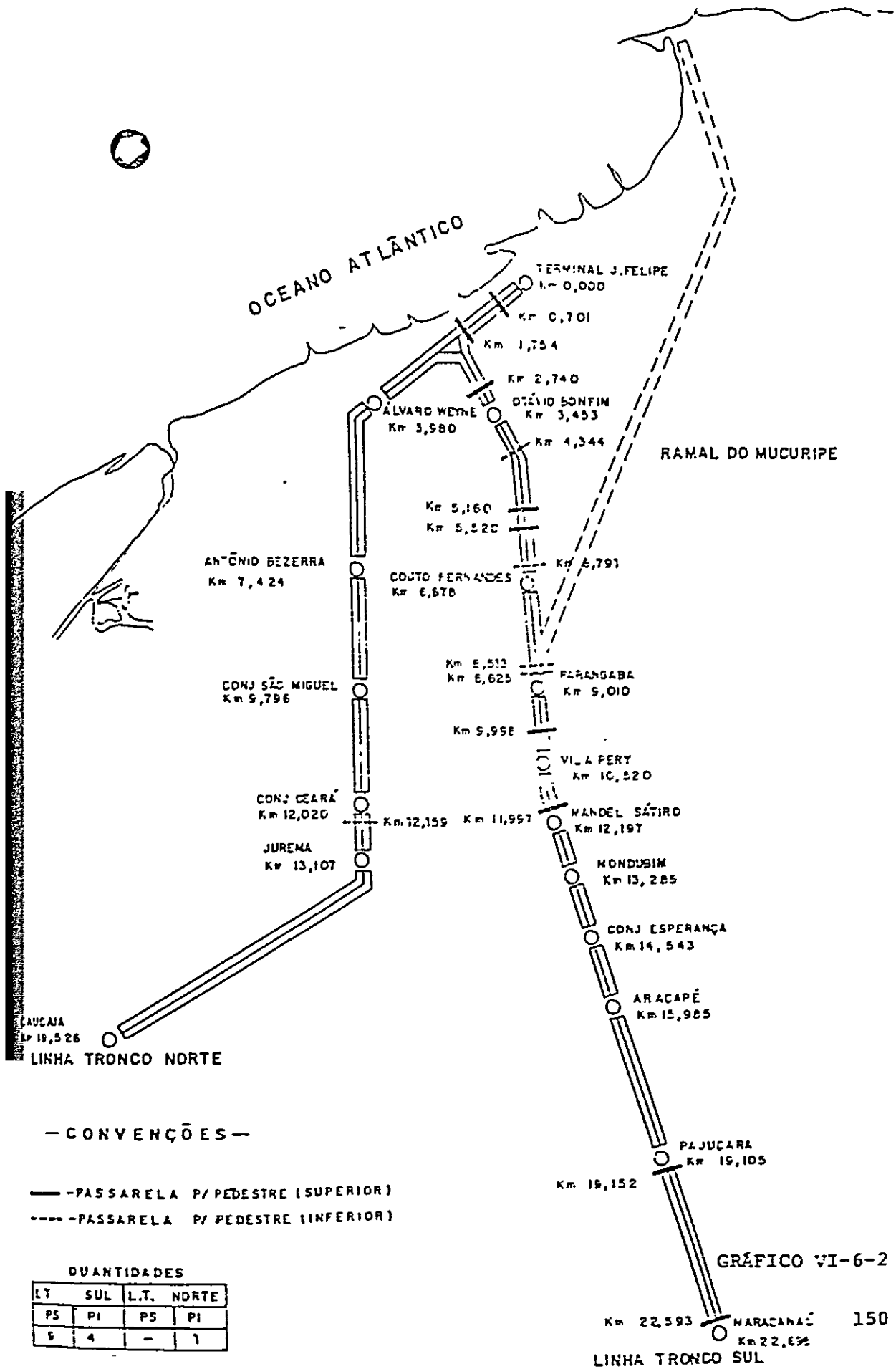
- PN (PASSAGEM DE NÍVEL)
- - - PS (PASSAGEM SUPERIOR)
- - - PI (PASSAGEM INFERIOR)

### PASSAGEM EM DESNÍVEL

Linha T. Sul	Linha T. Norte
1PI - Km 4,524	1PS - Km 8,648
2PI - Km 4,637	2PS - Km 16,227
3PI - Km 5,855	
PS - Km 17,675	

GRÁFICO VI-6-1

# LOCALIZAÇÃO DAS PAS. PAS. RA PEDESTRES



**- CONVENÇÕES -**

- — — — — PASSARELA P/ PEDESTRE (SUPERIOR)
- - - - - PASSARELA P/ PEDESTRE (INFERIOR)

QUANTIDADES

LT SUL		L.T. NORTE	
PS	PI	PS	PI
5	4	-	1

GRÁFICO VI-6-2

150

## 7. MATERIAIS RODANTES

### 7.1 Composição do trem elétrico

O trem elétrico deve ser de aço inoxidável de 20 m, com 4 carros em 01 composição. A ordem da composição deve ser a demonstrada pelo Gráfico VI-7-2, para evitar a patinação posteriormente descrita.

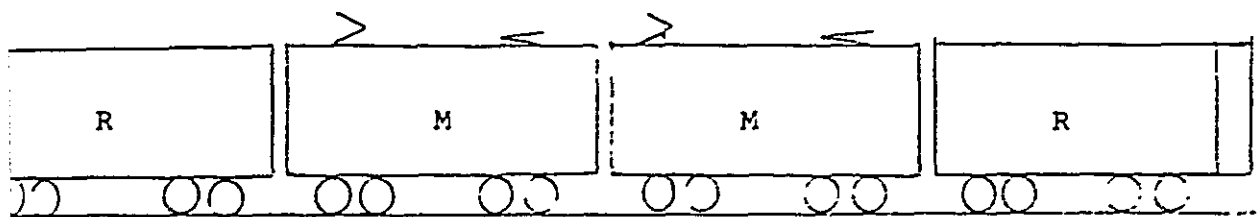


GRÁFICO VI-7-1.

A quantidade das portas deve ser de 04, em um lado. Considerando que a quantidade de passageiros seja de 6 passageiros/m<sup>2</sup> será de 272 passageiros/carro e, se for de 8 passageiros/m<sup>2</sup> será de 346 passageiros/carro.

## 7.2 Taxa de aceleração

### (1) Motor e taxa de aceleração

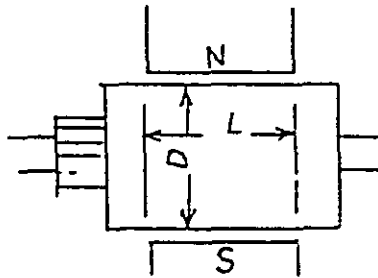


GRÁFICO VI-7-2

Como o Gráfico VI-7-2, no motor, o rotor gira entre os polos magnéticos N e S criando o torque. A taxa de aceleração do trem elétrico proveniente do motor é proporcional ao torque criado no motor. O torque criado é praticamente proporcional a  $D^2L$  do rotor do Gráfico VI-7-2. O comprimento de L depende da condição de instalação do trugue do motor. No trem elétrico cuja bitola seja de 1.067 mm L está na faixa de 160 mm até 220 mm. Quando a bitola for de 1.000 mm este comprimento será 67 mm mais estreito em relação a 1.067 mm. Porém, quanto aos mancais do motor usa-se, na maioria das vezes, os mesmos. Praticamen-

te, diminui apenas o comprimento de L e há casos em que o torque do motor reduz até cerca de 70%. Até nestes casos, para não reduzir o torque do motor, não há outro meio a não ser aumentar o D do Gráfico VI-7-2. E, como consequência disso cresce o diâmetro da roda. Pode-se pensar em rodas de 36" e 38".

### 7.3 Peso da Carroceria e Taxa de Aceleração

Atualmente, a resistência de impacto da carroceria do trem elétrico do Brasil está estabelecida em 365 t, considerando o eventual impacto com os trens de carga. Por esta razão, a carroceria é pesada. No caso do trem elétrico de bitola de 1 m pode-se pensar nos pesos apresentados no Quadro VI-7-1.

QUADRO VI-7-1

(t)

	R	M	M	R	TOTAL
Brasil	42	56	56	42	196
Japão	26,5	36,5	36,5	26,5	126

No caso do Japão, a resistência de impaco



to é de 100 t e, além disso, como a redução do peso é feita de modo rigoroso, os seus pesos passam a ser os valores do Quadro VI-7-1.

O peso de 01 composição do trem elétrico do Brasil, mencionado no Quadro VI-7-1, com 346 passageiros/carro será de  $196.000 \text{ kg} + 65 \text{ kg} \times 346 \times 4 = 285.960 \text{ kg} \approx 286 \text{ t}$ . Calculando a taxa de aceleração, considerando este peso e o diâmetro da roda de 36" e 38", a taxa de aceleração média de 0 a 20 km/h passa a ser o valor do caso de 365 t do Quadro VI-7-2.

QUADRO VI-7-2

( $\text{m/s}^2$ )

RODA	365 t	100 t
36"	(0,46)	(0,63)
38"	0,53	0,70

Os valores constantes em ( ) são valores aproximados

O trem elétrico com taxa de aceleração inferior a  $0,50 \text{ m/s}^2$  é praticamente inaplicável e, mesmo tratando-se de trem elétrico com taxa de ace

leração de  $0,53 \text{ m/s}^2$  a sua força de aceleração é insuficiente para concorrer com os demais meios de transporte.

Para vencer a concorrência com os demais meios de transporte, é necessário que a sua velocidade seja de 0 a 20 km com taxa de aceleração de  $0,7 \text{ m/s}^2$ .

Para aumentar a taxa de velocidade há 02 modalidades: aumento da força de tração do motor e redução do peso do trem elétrico. No trem elétrico que opera na bitola de 1 m, pensa-se que 38" é o limite máximo do diâmetro da roda. Há também restrição no aumento da força de tração do motor. Assim sendo, para aumentar a taxa de aceleração não há outra forma a não ser reduzir o peso do trem elétrico. E, para alcançar este objetivo, a resistência de impacto deve ser de 100 t cuja experiência o Japão já tem. Como na ferrovia de Fortaleza ficou definido que o trem de carga vai operar em faixa de horário diferente do trem elétrico, isso ficou possível. Com a resistência de impacto determinada em 100 t, pode-se prever os pesos apresentados no Quadro VI-7-3. Calculando a taxa de aceleração tomando como base estes pesos hipotêti-

cos, o seu valor será o valor da taxa de aceleração de 100 t, com 0 a 20 km/h, Quadro VI-7-2.

QUADRO VI-7-2

CARRO	R	M	M	R	TOTAL
PESO	28	40	40	28	136

Devido às razões expostas, a região de Fortaleza necessita-se de trens elétricos de roda de 38" e resistência a impacto de 100 t. Entretanto, surgiram os seguintes problemas:

- (1) a força de tração do motor vai aumentar e, por outro lado, o peso da carroceria vai diminuir, criando condição para facilitar a patinação do trem no momento da tração;
- (2) como o diâmetro da roda passa de 29" 1/4 para 38", as partes do material rodante, como por exemplo, altura da superfície do piso, torna-se maior. O centro de gravidade do material rodante localiza-se também num ponto mais alto;
- (3) necessita-se de um novo projeto de carroceria com peso reduzido.

#### 7.4 Coeficiente de aderência

Aplica-se sobre o eixo da roda o peso  $W$  da roda motriz. Devido ao torque do motor atua a força  $F$  de tração periférica da roda motriz. A relação de  $F$  e  $W$  é o coeficiente de aderência:

$$u = \frac{F}{W}$$

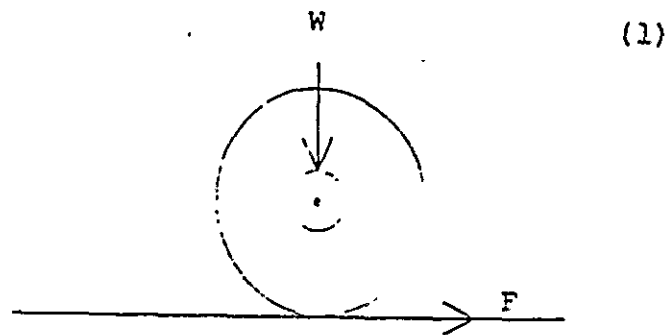


GRÁFICO VI-7-3

Calculando o  $u$  para o motor de 38" - 100 t, do Quadro VI-7-2 será:

$$u = \frac{2.300}{40.400/4 + 65 \times 34/614} \approx 0,147 = 14,7\% \quad (2)$$

Diz-se que quando o valor de  $u$  ultrapassar 15%, no caso do trem elétrico, provoca com frequência, a patinação e, por esta razão, o normal é mantê-lo inferior a 15%. E, mesmo sendo inferior a 15%, se o seu valor for alto, a patinação pode ocorrer devido à presença de poeiras e óleo na superfície do trilho. Como nas linhas das ferrovias

regionais a proibição da entrada no interior das linhas não é cumprida rigorosamente, o valor de  $u$  não pode ser grande. E, mesmo no Japão, quando este valor ultrapassar 12%, adota-se medidas preventivas de alta precisão para evitar a patinação.

Estas medidas preventivas são:

- (1) instalar um dispositivo que varia a corrente elétrica do motor conforme o número de passageiros;
- (2) instalar o detector de patinação;
- (3) o carro da extrema frente patina facilmente devido à poeira e óleo, impregnados na superfície do trilho. Adota-se, por isso, a ordem de carro do Gráfico VI-7-1.

A relação  $F/W$  define o coeficiente de aderência e a relação  $F_t/W_t$  ( $F_t$  = força total de tração;  $W_t$  = peso total dos carros motores e carros reboques) define a taxa de aceleração.

E, o valor de  $u$  também não pode ser grande conforme as condições da superfície do trilho e outros itens. Deste modo, na composição de 2M- 2R, a taxa de aceleração mencionada, já é praticamente

o limite. Este assunto deve ser estudado, considerando as séries 700, 800 e 900 do Rio de Janeiro, como de referência. Necessitando-se de uma taxa maior de aceleração, deve-se aumentar o número de carro M em relação ao carro R.

7.5 Projeto do material rodante com peso reduzido e deslocamento do centro de gravidade para o ponto mais baixo.

Se calcular a taxa de aceleração, tomando como hipótese os pesos da carroceria do Quadro VI-7-3, a taxa média de aceleração de 0 a 20 km/h será de  $0,7 \text{ m/s}^2$ . Entretanto, a CBTU vai usar, pela primeira vez, o trem elétrico com peso reduzido. Além disso, o trem elétrico que vai operar na linha com bitola de 1 m, com 80 km/h de velocidade, usando a roda de 38" deve ter o seu centro de gravidade localizado no ponto baixo possível. Sobre tudo, quanto ao carro R, a quantidade de equipamentos que ficam abaixo do piso é pequena. Por esta razão, deve-se procurar abaixar o seu centro de gravidade.

Para colocar estes itens no projeto, o assunto deve ser submetido ao estudo feito por es-

pecialista de cálculo, necessitando-se de longo tempo para isso. Sem o resultado deste estudo não se pode definir a altura da superfície do piso (prevê-se que seja aproximadamente de 1.300 mm), a altura do pantógrafo e outros itens. Conforme o caso, o resultado pode exercer influência, até no gabarito do material rodante. Por isso, deve-se, iniciar logo o estudo.

#### 7.6 Ventilação do material rodante

Se o número de passageiros for de 8 passageiros/m<sup>2</sup>, necessita-se de dispositivo de exaustão no interior do carro. O tipo recomendável é o ventilador embutido. Porém, deve-se considerar suficientemente a altura da janela, o deslocamento do centro de gravidade para baixo, etc.

#### 7.7 Sistema de eletricidade

Quanto ao motor, no momento da tração, deve-se aplicar o controle de campo magnético frágil, em série e em paralelo e, no momento de frenagem, deve atuar o freio dinâmico. Usa o eixo de came para o equipamento de controle e instala-se o

dispositivo para prevenir a patinação e derrapagem. Os gráficos VI-7-4 e VI-7-5 apresentam a curva de característica do motor e a curva de característica da tração dos materiais rodantes com 100 t de resistência a impacto e roda de 38". Os Quadros VI-7-4 a VI-7-6 apresentam o resultado do cálculo da performance de tração, em 0 ‰ e 12 ‰, tomando como hipótese os pesos da carroceria do Quadro VI-7-3.

## 7.8 Estudo do sistema de frenagem

### (1) Sistema de freio

Atualmente, os trens elétricos da CBTU usam o freio automático. O sistema consiste em estender o tubo de freio, ao longo de toda extensão do trem elétrico, reduzir a sua pressão pneumática para aplicar o freio no trem. Ocorrendo desengate, durante a marcha do trem, aplica-se o freio de emergência. Embora apresente estas vantagens, há também as seguintes desvantagens, quando se trata de trem elétrico que repete a marcha e a parada:

- (a) o atraso na transmissão de pressão reduzida, procedente do carro dianteiro extremo, e aumento de pressão do tubo de freio, dificulta a



- execução de uma operação regular e tranquila;
- (b) a operação para acertar a posição de parada é difícil. A entrada à plataforma é feita desacelerando o trem, aumentando o tempo de operação.

Para compensar estas desvantagens, deve-se adotar o freio direto eletromagnético, que envia diretamente, do carro dianteiro extremo para os demais carros, o comando elétrico e converte este comando em força de freio. Há 02 sistemas para este tipo de freio: sistema digital e sistema analógico. O sistema digital é melhor, por isso, recomenda-se a adoção do sistema HRD (high response digital).

Embora haja alguns tipos neste sistema

- (a) o sistema envia os sinais digitais mediante 03 linhas de comando, permitindo emitir da válvula de freio o comando de força de frenagem, em 7 níveis. Com o comando de freio surge, em cada carro, a força de frenagem em 7 níveis, mediante válvula eletromagnética. A sua resposta é extremamente rápida, podendo ser repetido, quantas vezes for necessário, em curto tempo, possibilitando facilidade no ajuste da parada

e permitindo o acesso à plataforma em alta velocidade. Entretanto, como este tipo é o sistema Fail Out (sistema de frenagem mediante aplicação da pressão) de estrutura simples, o freio de emergência não funciona, por exemplo, se ocorrer o desengate do trem. Acrescenta-se, para resolver este problema, o freio de segurança;

- (b) providencia-se o freio de segurança como freio de emergência (durante a aplicação da pressão o freio não atua. O freio atua quando não houver a aplicação da pressão). Este sistema de freio, necessita-se de mais de 02 cabos puxados ao longo do trem; no entanto, como o freio de emergência atua também no caso do desengate do trem, pôde-se até dispensar o tubo de freio usado atualmente em freio automático.

## (2) Taxa de desaceleração do freio

No Quadro VI-7-4 apresentamos os valores da atual taxa de desaceleração do freio. Mesmo executando a redução do peso do material rodante e alterando o sistema de frenagem, estes valores não sofrem sua influência. Assim sendo, cremos que po-

derã manter a atual taxa de desaceleração.

Calculando o coeficiente de aderência u da taxa de desaceleração de  $1.1 \text{ m/s}^2$  observa-se que é aproximadamente de 10%. Entretanto, como o eixo dianteiro extremo derrapa com facilidade, deve-se tomar muito cuidado na derrapagem, quando instalar ATC ou outros, no futuro.

QUADRO VI-7-4

( $\text{m/s}^2$ )

	FREIO NORMAL	FREIO DE EMERGÊNCIA
DESACELERAÇÃO	0,77	1.1

#### 7.9 Estudo do sistema de truque

Deve ser uma estrutura com pouca oscilação horizontal da carroceria, pois, a roda é de 38", e a bitola é métrica. Por esta razão, a localização da mola penumática deve ser no ponto mais alto possível, numa faixa de altura que não influa no rebaixamento do centro de gravidade.

### TRACTION MOTOR CHARACTERISTIC CURVES

One Hour Rating : 200 kW - 1.500V - 140A

Gear Ratio : 66/16

Wheel Dia : 965mm (38") (Cal. 927mm)

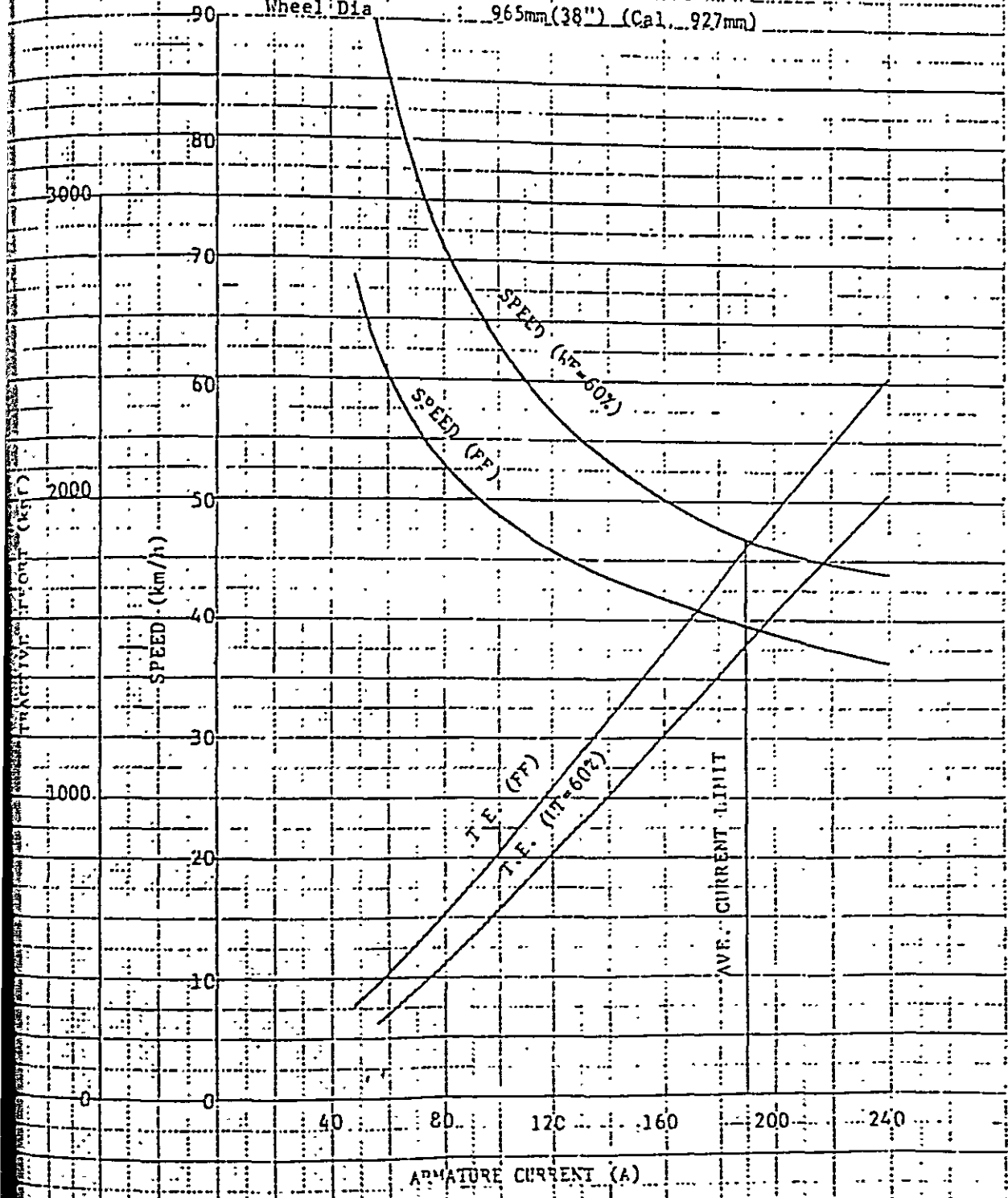
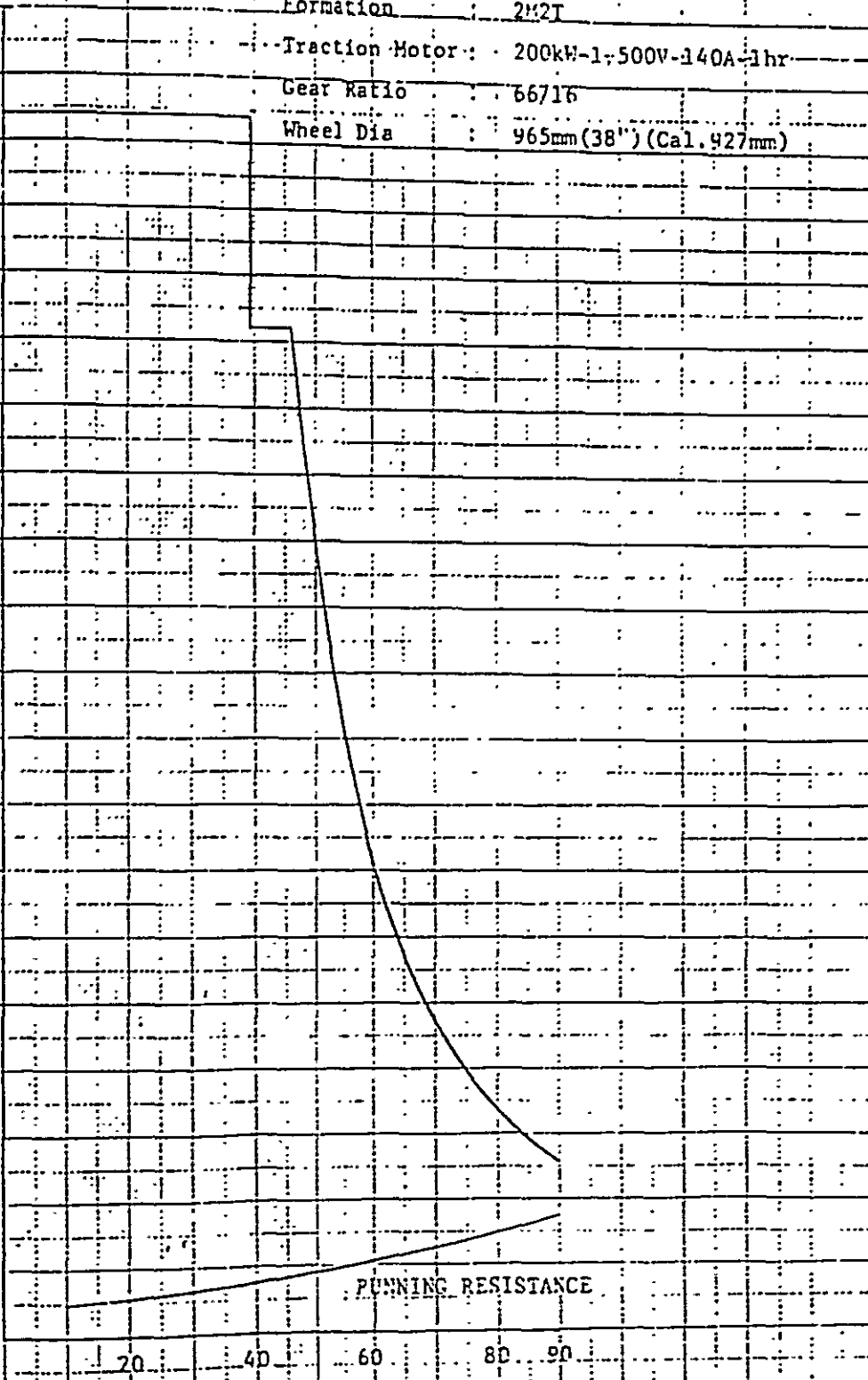


GRÁFICO VI-7-4

POWERING PERFORMANCE

Line Voltage : 3,000Vdc  
 Formation : 2M2T  
 Traction Motor : 200kW-1,500V-140A-1hr  
 Gear Ratio : 66/16  
 Wheel Dia : 965mm (38") (Cal. 927mm)

TRACTIVE EFFORT (kpf)  
 20000  
 15000  
 10000  
 5000  
 0



PUNING RESISTANCE

SPEED (km/h)









## 8. BASE DE MATERIAIS RODANTES

### I. (1) Objetivo da base de materiais rodantes

A base de materiais rodantes constitui um ponto de apoio onde se realiza a manutenção, a preparação e a detenção dos materiais rodantes, para operá-los de modo racional atendendo a demanda dos passageiros, e, ao mesmo tempo, é o ponto da equipagem que opera o trem elétrico.

Para atender este objetivo é necessário que a base de materiais rodantes esteja equipada com os itens que se correlacionam com os próprios materiais rodantes tais como, capacidade de alojamento dos materiais, composição, preparação e manutenção, inspeção, conservação etc; itens que se relacionam com a equipagem e função que os vincule organicamente.

### (2) Localização das bases de materiais rodantes

A localização das bases de materiais rodantes na malha ferroviária exerce grande influência sobre a operação dos materiais rodantes e equipagem. E, por esta razão, a sua localização deve ser definida considerando a modalidade futura -

de transporte . características regionais e os seguintes pontos:

- a) Nas áreas onde a diferença de nível de transporte é grande surge a questão de detenção do material rodante, acarretando a necessidade da instalação para este fim. Porém, no caso das linhas Tronco Norte e Sul, a distância percorrida, é praticamente igual e, por isso, crê-se que não constituirão modalidade de transporte que apresente grande diferença de nível.
- b) Observando pelo aspecto de elementos humanos necessários para o serviço de inspeção, reparo, preparação total, é uma medida mais lucrativa concentrar o máximo possível.
- c) Instalar, tanto quanto possível, perto da estação para reduzir a perda na alocação e movimentação da equipagem e na viagem vazia dos materiais rodantes.
- d) Definir a localização de tal modo que a entrada à base, pela linha de chegada e partida, seja feita sem trocar o console de comando, diminuindo o serviço reverso.

e) Evitar, tanto quanto possível, criar embaraços aos trens da linha principal, na rota de entrada e saída da base. Conforme a situação é recomendável o cruzamento em viaduto.

Considerando os aspectos mencionados, crê-se que o pátio da estação João Felipe pode também ser uma área candidata, e para isso, é necessária a transferência e a concentração dos prédios de manutenção e outros.

### (3) Instalações da Via

Instalação da Via, Linhas de entrada e saída, da base.

Linhas de chegada e partida.

Linhas de colocação do material rodante.

Linhas de composição.

Linhas de inspeção (serviço, inspeção regular, truque).

Linha de reparo - oficina de Rocket.

Conforme a necessidade:

Linha de manobra (draw-out track), linha de operação experimental, linha para desbastar

a roda, linha de depósito.

Prédios:

Depósito de inspeção regular (periódica) (local de trabalho)	Reunidas em uma só edi- ficação	Oficina de Rocket
Depósito de inspeção do tru- que (local de trabalho)		
Depósito de reparo (local de trabalho)	Oficina de Rocket	
Depósito de desgaste da roda	Oficina de Rocket	
Equipamento de lavagem das máquinas	Pátio de João Felipe	

## II. SISTEMA DE REPARO DOS MATERIAIS RODANTES E CI- CLOS DE INSPEÇÃO

### (1) Objetivos do serviço de inspeção e reparo.

A base dos materiais rodantes executam serviços específicos, completamente diferentes dos pátios e, entre estes, há o serviço de inspeção e reparo.

O serviço de inspeção e reparo dos materiais rodantes tem por fim estudar o nível e o estado de alteração causado pela deterioração dos materiais rodantes e peças, ajustá-los, trazer as condições das funções de cada parte ao nível satisfatório para não acarretar problemas no seu uso e confirmar a performance dos materiais rodantes e peças, antes de colocá-los em uso.

O sistema de inspeção e reparo dos materiais rodantes é composto de inspeção de serviço, inspeção regular (periódica) e inspeção geral. Estas inspeções deverão ser realizadas, tanto quanto possível, nas bases para promover a melhoria da eficiência de alocação dos materiais rodantes.

TIPOS DE INSPEÇÃO	INSPEÇÃO DE SERVIÇO	INSPEÇÃO DE OPERAÇÃO	INSPEÇÃO REGULAR (PERIÓDICA)	INSPEÇÃO DE TRUQUE	INSPEÇÃO DAS PARTES	INSPEÇÃO GERAL	INSPEÇÃO CORRETIVA (OCASIONAL)
TREM ELÉTRICO	○	○	○	○	○	○	○
LOCAIS DE EXECUÇÃO DE INSPEÇÃO	BASE	NO TREM	OFICINA	OFICINA	OFICINA	OFICINA	BASE OFICINA

- a) Inspeção regular de serviço - É a inspeção do estado das partes e sua atuação, feita externamente, antes do início do serviço.
- b) Inspeção regular (periódica) - É a inspeção realizada para verificar o estado das partes principais, em ciclos determinados. Os principais e equipamentos específicos do trem elétrico são removidos ou desmontados para serem detalhadamente inspecionados.
- c) Inspeção do truque - As partes principais tais como: o truque, o motor elétrico principal, dispositivo de mola, equipamento de transmissão da força motriz são removidos ou desmontados, para serem detalhadamente inspecionados.
- d) Inspeção corretiva (ocasional) e outras - Trata-se da inspeção realizada ocasionalmente, em uma parte ou na totalidade do material rodante, conforme a necessidade. Por exemplo, na ocorrência de defeitos ou falhas.

Há, além destas inspeções, a inspeção de operação, executada acompanhando o trem elétrico em operação.

## (2) Ciclos de inspeção.

As inspeções deverão ser realizadas antes do material rodante atingir a distância de operação determinada ou mesmo não alcançando esta distância percorrida, quando o número de dias decorridos após a última inspeção atingir o número de dias estabelecido para a nova inspeção. Neste último caso, deve ser executada dentro do período desse número de dias.

Apresentamos, a seguir, um exemplo do Ciclo de Operação do Japão:



Observação: ○ = Inspeção Geral

● = Inspeção das Partes

▲ = Inspeção do truque

| = Inspeção regular (periódica)

## (3) Instalações para inspeção e reparo

- . Instalação para inspeção de serviço regular .

A inspeção é feita por unidade de composição. O intervalo entre os trilhos é pavimentado. Equipa-se com a base de inspeção do teto do trem e létrico, seccionador de rede aérea, e outros.

Arranja-se uma área de trabalho simples e escritório para os elementos de inspeção e reparo.

. Instalação para inspeção regular (periódica)

Realiza-se a inspeção do trem elétrico por unidade de composição. Prepara-se uma galeria de inspeção para vistoriar e reparar os equipamentos localizados em baixo do piso. Preparam-se, além disso, uma galeria interna para inspecionar o compressor pneumático, caixa do eixo, sapatas etc. e uma galeria lateral que permite trânsito recíproco com a primeira. Instalam-se a base de inspeção do teto, seccionador de rede aérea, dispositivo de teste de ATS.

. Instalação para desbaste da roda

Instala-se uma fresadora que permite desbastar a roda, girando-a, mantendo a forma da com-



posição do trem, contíguo ao depósito de trem para inspeção e reparo.

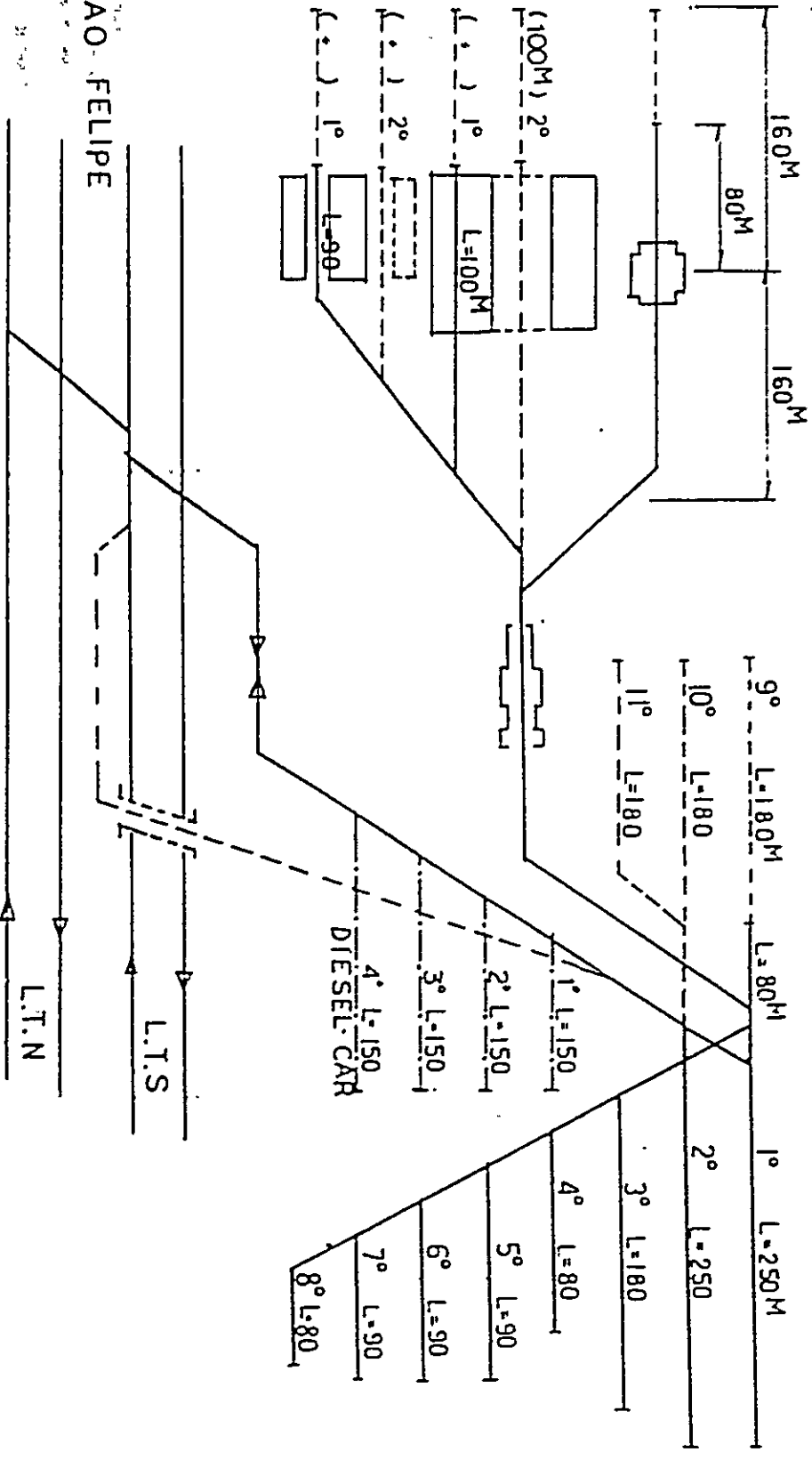
São instalados: vala, arranjo para o esgotamento de água e tubo de ar de pressão.

Apresentamos no Gráfico VI-8-1 o esquema de arranjo das linhas na base dos materiais rodantes.

Quanto ao prédio de inspeção e reparo do pátio da estação de João Felipe, deverá ter os sistemas de inspeção e reparo do trem de passageiro, locomotiva Diesel, e trem de carga bem definidos, pois, mesmo que realize a eletrificação do Tronco Sul, permanecerá no Tronco Norte a operação em Diesel. Os serviços deverão ser concentrados num bloco (depósito de reparo) do prédio atual, que deverá ser transferido para a oficina de Rocket, alocando o seu espaço para a área destinada às linhas de detenção do trem de passageiro. Deve-se planejar para a oficina de Rocket, novos prédios destinados à inspeção periódica, inspeção das partes principais e à inspeção ocasional (corretivo) (para atender ao trem elétrico). Procedendo-se deste modo, pode-se estabelecer claramente o conteúdo da

inspeção e conservação da base do material rodante e da oficina. No Gráfico VI-8-2 apresentamos o desenho do plano da oficina de Rochert.

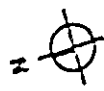
# JÓÃO FELIPE PÁTIO PLANO



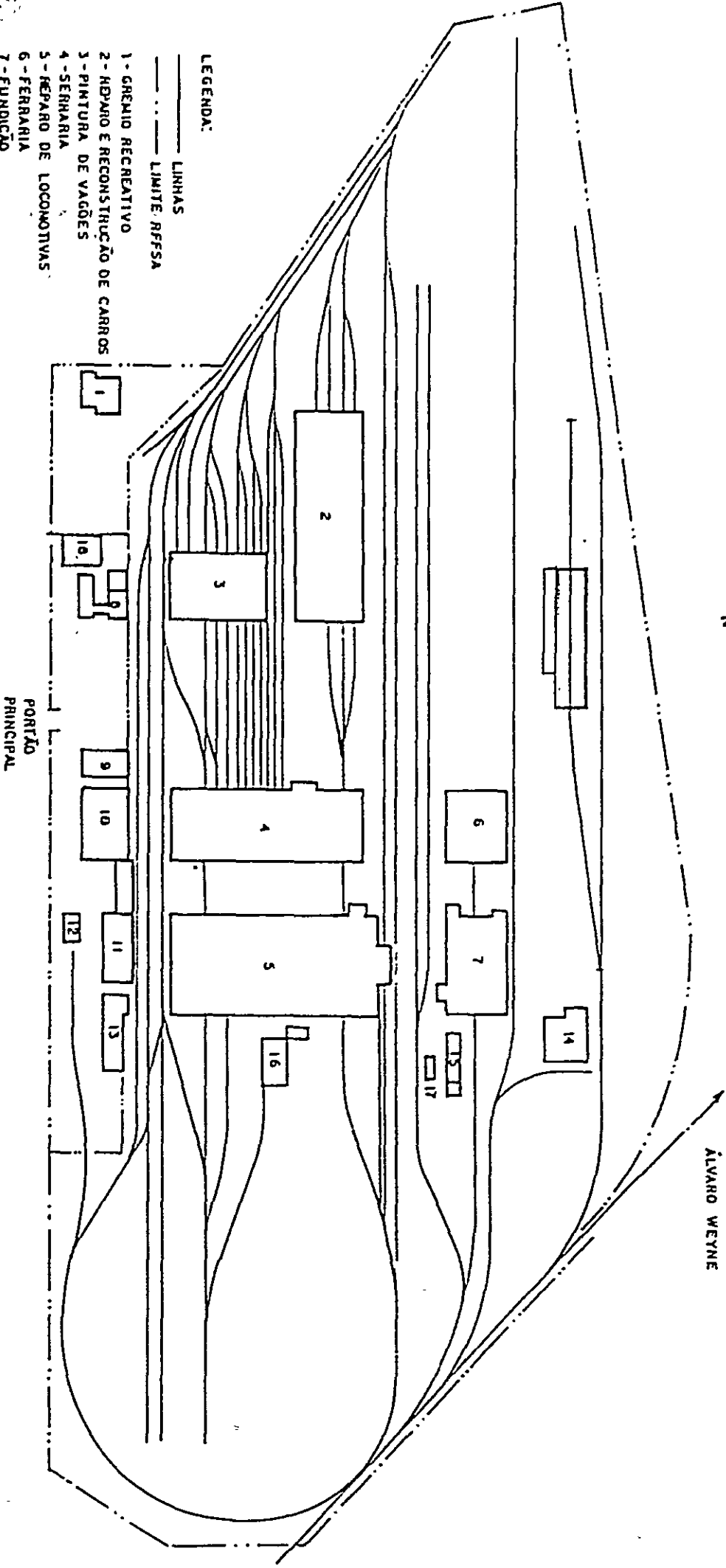
JÓÃO FELIPE

1. 1:500  
 2. 1:500  
 3. 1:500  
 4. 1:500  
 5. 1:500  
 6. 1:500  
 7. 1:500  
 8. 1:500  
 9. 1:500  
 10. 1:500  
 11. 1:500

PÁTIO DAS OFICINAS DEMOSTHENES ROCKERT



ÁLVARO WEYNE



LEGENDA:

— LINHAS  
 - - - - LIMITE RFFSA

- 1 - GRÊMIO RECREATIVO
- 2 - ADIÁRIO E RECONSTRUÇÃO DE CARROS
- 3 - PINTURA DE VAGÕES
- 4 - SERRARIA
- 5 - FEIARO DE LOCOMOTIVAS
- 6 - FERREARIA
- 7 - FUNDIÇÃO
- 8 - ESCRITÓRIOS
- 9 - DEPOSITO DE MATERIAIS
- 10 - ALMOXARIFADO
- 11 - VESTIÁRIO
- 12 - BIBLIOTECA
- 13 - RESTAURANTE

PORTÃO PRINCIPAL

ESCALA GRÁFICA

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100m

QUANTIDADE DE OBRAS DA BASE DO MATERIAL RODANTE

TRONCO SUL

1ª Estágio	linha de detenção	1ª l = 250m
		2ª l = 250m
Base de lavagem	linha de lavagem do serviço regular	1ª l = 300m
Depósito de ins- peção regular (periódica) (01 linha)	linha de inspeção periódica	1ª l = 250m
Depósito de des- baste da roda	linha de desbaste da roda	l = 350m
	dispositivo de lava- gem das máquinas	01 conjunto
	linha de passagem	l = 750m
	Máquina da Chave 8#	06 conjuntos
	Máquina da Chave 10#	01 conjunto
	Travessão 10# Jacaré	01 conjunto

2º Estágio	Linha de detenção	3º l = 180 m
		4º l = 180 m
3º Estágio	Linha de detenção	8º l = 180 m
		9º l = 180 m
		10º l = 180 m
	Linha de lavagem do serviço	2º l = 150 m

Depósito de ins-  
peção regular  
(periódica) (01  
linha)

Linha de inspeção o casional	2º l = 300 m
Máquina da chave 8#	01 conjunto

#### TRONCO NORTE

1º Estágio	Linha de detenção	5º l = 90 m
		6º l = 90 m
		7º l = 90 m
		8º l = 90 m
	Máquina da Chave 8#	03 conjuntos

2º Estágio            Uso da linha de detenção transferido para a linha de inspeção periódica

Operação em

Diesel            Linha de detenção    1º  $\ell$  = 160 m

2º  $\ell$  = 190 m

3º  $\ell$  = 220 m

4º  $\ell$  = 260 m

Máquina da Chave 8# 03 conjuntos

Eliminação do prédio existente de  
manutenção

02 blocos

Eliminação do restaurante

01 bloco

## 8.2 Oficinas

Quanto ao método de inspeção e reparo e instalação ainda se encontra na fase inicial. Entretanto, definindo-se as estruturas das partes principais do trem elétrico deve ser realizado um estudo detalhado. Os métodos de inspeção e reparo até hoje considerados são os seguintes:

QUADRO VI-8-10

	Revista	Inspeção I	Inspeção II	Revisão Média	Revisão Geral
Período (km)	Diária	10.000	120.000	240.000	480.000
Duração (horas)		8	16	120	240
Lugar	Pátio	Oficina	Oficina	Oficina	Oficina



## VII - PLANO DA OBRA

### 1. ETAPAS DA OBRA

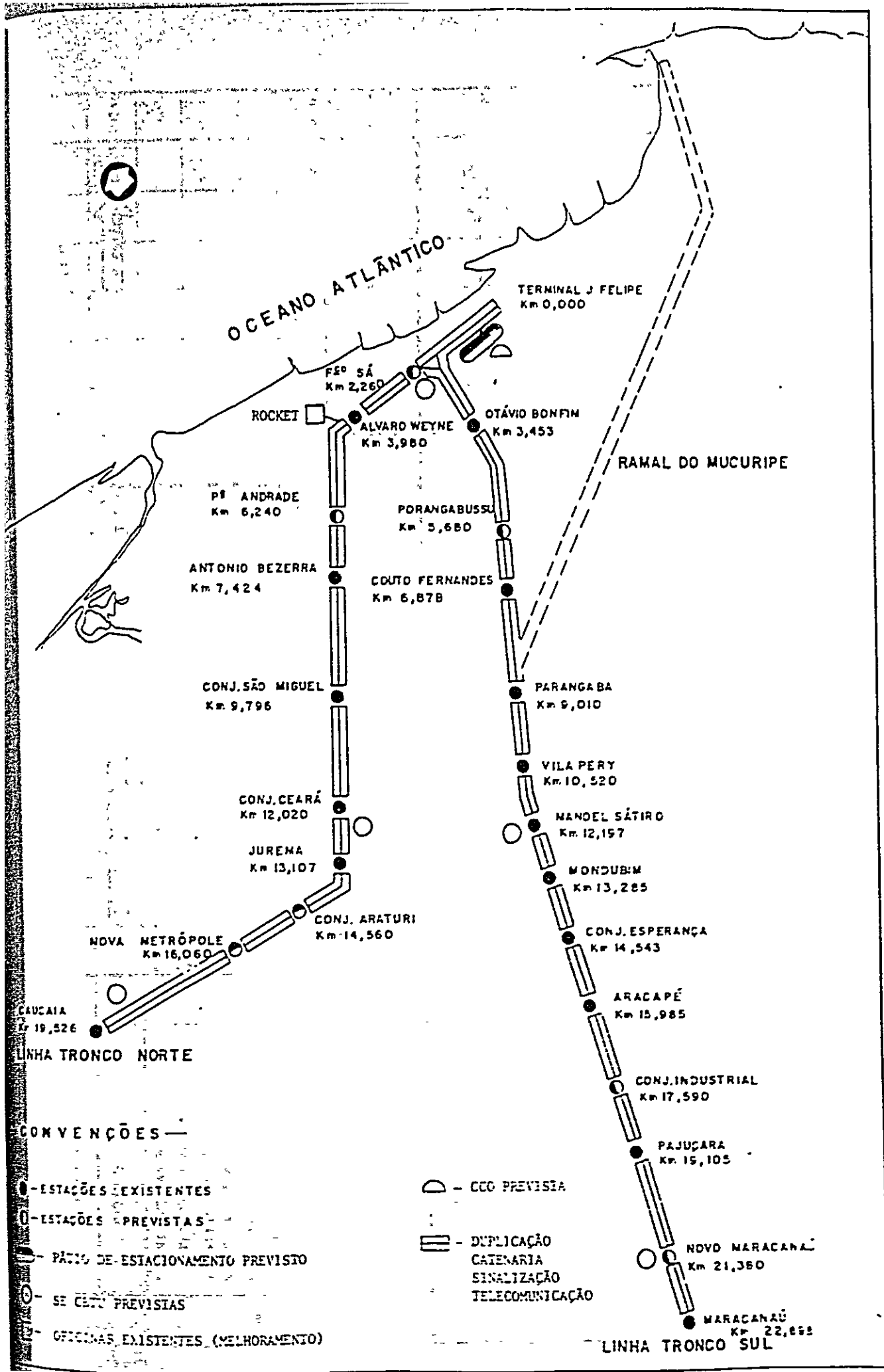
A eletrificação da linha Tronco Sul de ve ser executada imediatamente. A linha Tronco Norte deve ser eletrificada em 1995. Até isso, a linha Tronco Norte deve realizar um serviço flexível aproveitando os materiais rodantes transferidos da linha Tronco Sul, para criar a demanda de transporte. Esta modalidade é o que se chama de transformação da ferrovia em ferrovia suburbana. Juntamente com a transformação em ferrovia suburbana e eletrificada devem ser realizadas as novas construções ou melhorias da via permanente, obras civis, sinalização, telecomunicação, base de materiais rodantes e oficinas, melhorando e fortalecendo integralmente a capacidade de transporte.

O Gráfico VII-1 apresenta as principais obras e o Quadro VII-1, as etapas da obra.

Ficou definido que a obra deverá ser executada por etapas, com mínimo necessário de conforto, para reduzir o investimento.

## 2. CUSTO DA OBRA

O Quadro VII-1 apresenta também o custo da obra em unidade de US\$ 1.000.000. O custo da eletrificação da linha Tronco Sul é de US\$ 154.000.000. E, na linha Tronco Norte, até o 2º estágio é de US\$ 89.000.000, totalizando US\$ 242.000.000 nas linhas Tronco Norte e Sul. O total deste custo até o 2º estágio de eletrificação da linha Tronco Sul, que requer urgência, e 1º estágio de eletrificação da linha Tronco Norte, que será executada após a operação em Diesel, será de US\$ 198.000.000.



CONVENÇÕES —

- - ESTAÇÕES EXISTENTES
- - ESTAÇÕES PREVISTAS
- ◐ - PÁTIO DE ESTACIONAMENTO PREVISTO
- - SE CENÓ PREVISTAS
- - OFICINAS EXISTENTES (MELHORAMENTO)

- ◐ - COC PREVISTA
- ▬ - DUPLICAÇÃO CALENARIA
- ▬ - SINALIZAÇÃO
- ▬ - TELECOMUNICAÇÃO

GRÁFICO VII-1

A N O		1988	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000	2001	2	3	SUB TOTAL	TOTAL
DEMANDA		5700				6500					8700					11900			
ESTÁGIO				10 ESTÁGIO	20 ESTÁGIO											10 ESTÁGIO			
1 - VIA PERMANENTE		20	5,2															25,2	4,0
2 - ESTAÇÕES/TERMINAIS		2	2																
3 - ELETRIFICAÇÃO		10	9,3												1,6			19,9	20,1
4 - SINALIZAÇÃO		5	5											3	2,3			7,3	15,3
5 - TELECOMUNICAÇÃO		2	2,7	3	1									2	2			4,7	8,7
6 - OFICINAS/ABRIGOS		2	0,5															6	6,0
7 - PRÉDIOS			28	(7)	(1)										(6)			2,5	2,5
8 - MATERIAL RODANTE															7,6			40,0	64,0
9 - ESTUDOS, PROJ, ASS. TEC		3	2,8	0,1											0,5			5,9	6,9
S U B T O T A L		46	55,5	3,1	15									5,5	30,4			117,6	153,7
DEMANDA		2500				3100					4600					6100			
ESTÁGIO				OFFICINA												20 ESTÁGIO			
1 - VIA PERMANENTE		8,0	6,5			0,5												15,5	15,5
2 - ESTAÇÕES/TERMINAIS		2,5	2,4															4,9	4,9
3 - ELETRIFICAÇÃO			1,5					7,7										15,7	15,7
4 - SINALIZAÇÃO			0,5					1,2										8,7	8,7
5 - TELECOMUNICAÇÃO								2										4,5	4,5
6 - OFICINAS ABRIGOS			1,5					(6)							(7)			25,5	(4)
7 - PRÉDIOS								2,6							8			8	13,5
8 - MATERIAL RODANTE			0,7					2,5										6,5	6,5
9 - ESTUDOS, PROJ ASS. TEC		0,8	0,7																
S U B T O T A L		11,3	13,1			0,5		10,9							8			80,8	88,8
T O T A L		55,3	76,2	3,1	17,6	0,5		18,9						5,5	38,4			198,6	262,7

5 4 1

## VIII - COMPARAÇÃO ECONÔMICA ENTRE ELETRIFICAÇÃO E DIESEL

### 1. COMPARAÇÃO ECONÔMICA

Fêz a comparação econômica entre o transporte feito em trem elétrico e trem de passageiro tracionado por DEL, para atender à demanda. Foram consideradas as seguintes hipóteses para facilitar a comparação:

- (1) A duplicação da linha está completa tanto no Tronco Sul como no Tronco Norte.
- (2) A composição do trem elétrico será de 04 carros (FMMR). O trem diesel também terá 04 carros de passageiros. A lotação é igual tanto para um tipo como para o outro.
- (3) Os itens como obras civis, via permanente, estações, equipamentos de sinalização e comunicação, necessários tanto para o trem elétrico como para DEL, não serão computados no cálculo.
- (4) O Tronco Norte será eletrificado após a eletrificação do Tronco Sul, como está previsto. Ou seja, os principais equipamentos das subestações, bases do trem elétrico, as instalações

das oficinas serão computadas no Tronco Sul. Para o cálculo do Tronco Norte serão considerados apenas os itens que forem acrescidos aos mencionados.

(5) Os valores são apresentados em US\$. A conversão foi ficada em US\$ 1 = Cz\$ 20,00.

O Quadro VIII-1 apresenta a essência do resultado do cálculo de cada estágio das linhas Tronco Norte e Sul (a discriminação do cálculo está apresentada no anexo).

O gráfico VIII-1 apresenta o resultado do cálculo do Tronco Sul. Os valores do custo da eletrificação e Diesel se igualam nas proximidades de  $3 \times 10^6$  carro-km; isto é, 04 carros com headway de 25 minutos.

A eletrificação requer maior investimento nas instalações de campo, porém, como os demais custos tais como, de manutenção, de material rodante, de energia são largamente reduzidos, produz, no 1º estágio, uma redução anual no custo de cerca de US\$ 1.000.000, ou seja, terá lucro, com 4 carros e headway de 15 minutos. Contudo, como o investimento é US\$ 18.600.000 maior do que Diesel, a taxa de retorno (resultado da divisão do lucro por valor de investimento adicional) é apenas de 4,6%. Ou seja,

se apenas o 1º estágio for executado, com o juro de 6% não será lucrativo. No 2º estágio o lucro anual será de US\$ 2.100.000. A diferença do valor de investimento será de US\$ 14.000.000, que corresponde a uma taxa de retorno de 14,8%. Neste estágio haverá lucro mesmo com juro de 10%. Pode-se dizer que é um investimento extremamente vantajoso.

No gráfico VIII-2 apresentamos o resultado do cálculo do Tronco Norte (discriminação do cálculo apresentado no anexo). Na fase da execução da obra do Tronco Norte, uma parte das subestações, base de trens elétricos, oficinas, necessárias, já se encontram concluídas, na ocasião da obra de eletrificação do Tronco Sul e, por esta razão, km-carro onde os valores do custo se igualam, reduz para  $1,9 \times 10^6$  km-carro, com 4 carros e headway de 30 minutos. Neste trecho, o lucro no 1º estágio será de US\$ 1.400.000 e, por outro lado, a diferença do valor de investimento é apenas de US\$ 6.500.000. A taxa de retorno, neste caso, é de 21,9%, indicando um valor extremamente alto. Isso demonstra que, uma vez eletrificada a linha Tronco Sul, deve-se também eletrificar a linha Tronco Norte; senão, seria prejuízo. No 2º estágio, o Tronco Norte apresenta um lucro anual de US\$ 2.700.000. Além disso, até no aspecto de investimento, o va-

lor representado pela eletrificação torna-se US\$ 1.400.000 menor, aumentando infinitamente a taxa de retorno.

A seguir, apresentamos o Quadro VIII-2 , que mostra a comparação econômica do custo total dos Troncos Norte e Sul, quando realizado o investimento conforme as etapas do Quadro VIII-3. O juro de 6%, considerado como valor internacional, está descontado. Ou seja, o Tronco Sul inicia a operação comercial do 1º estágio em 1990; em 1992 aumenta o número de materiais rodantes para entrar no 2º estágio e, após 15 anos, isto é, no ano 2002, caminha para o último 3º estágio. Por outro lado, o Tronco Norte inicia o 1º estágio, de eletrificação, após 8 anos, passando para o 2º estágio no ano 2002.

Se prosseguir o projeto seguindo este cronograma de investimento, após decorridos 20 anos, a diferença do valor de investimento entre a eletrificação e DEL, será de US\$ 12.200.000, em valor atual de 1988. O valor do custo economizado , isto é, o lucro será de US\$ 38.300.000. Pode-se afirmar que o valor do projeto, pela diferença, é de US\$ 26.100.000. Os valores da diferença de investimento e de lucro igualam-se durante o decor-



rer do ano 2000, ou seja, no décimo terceiro ano, o que permite afirmar que se trata de um projeto com taxa de retorno muito alta.

O gráfico VIII-3 apresenta uma taxa interna de retorno deste investimento de 13,6%. É um valor muito bom. O cálculo feito para a elaboração do gráfico consta no Quadro VIII-4.

COMPARAÇÃO ECONOMICA ENTRE ELETRIFICACÃO E DEL

QUADRO VIII-1

US\$ 10<sup>6</sup>

10 Abr 67

56

ESTAGIO	HEAD WAY	CARROS	Nº / HORA	ESPÉCIE	L 10 <sup>3</sup> km		DIFERENÇA	L 20 <sup>3</sup> km		DIFERENÇA
					ELETRIFICACÃO	DIESEL		ELETRIFICACÃO	DIESEL	
1	15'	4	5520	VELOCIDADE	40,3 km/h	36,5 km/h		40,3 km/h	27,5 km/h	
				COMPOSICÃO	7	9		6	9	
				INVESTIMENTO	58,2	39,6	18,6	46,1	39,6	6,5
				DESPESA	4,0	4,9	-0,9	3,1	4,5	-1,4
2	10'	4	8304	TAXA DE RENDIMENTO			4,6%			21,9%
				VELOCIDADE	40,3 km/h	36,5 km/h		40,3 km/h	27,5 km/h	
				COMPOSICÃO	10	14		8	13	
				INVESTIMENTO	72,8	58,8	14,0	55,8	57,2	-1,4
3	5'	16608	16608	DESPESA	5,2	7,3	-2,1	4,0	6,7	-2,7
				TAXA DE RENDIMENTO			14,8%			∞
				VELOCIDADE	42,8 km/h	36,5 km/h		42,8 km/h	27,5 km/h	
				COMPOSICÃO	17	24		14	24	
TAXA DE RENDIMENTO				INVESTIMENTO	110,3	102,8	7,5	86,8	105,6	-18,8
				DESPESA	8,5	13,6	-5,2	6,8	12,8	-6,0

PROGRAMAÇÃO DE INVESTIMENTO

US\$ 10<sup>6</sup>

14 Abr. 87

INVESTIMENTO	LITR	A N O		1988	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000	2001	2	3	4	5	6	7
		DEMANDA DE TRANSPORTES																					
		LITS	LITN																				
ELETRIFICAÇÃO	LITS			23.3	33.6	1º ESTACIO	14.5	2º ESTACIO									17.5	3º ESTACIO					
DIESEL	LITS				39.6	1º ESTACIO	19.2	2º ESTACIO									44.0	3º ESTACIO					
DIFERENÇA	LITS			23.3	-6.0		-4.7										-6.5						
ELETRIFICAÇÃO	LITR								12.3	28.8	1º ESTACIO						9.7	2º ESTACIO					
DIESEL	LITR								39.6		1º ESTACIO						12.0	2º ESTACIO					

QUADRO VIII-3

VALOR ATUAL DE DIFERENÇA

US\$ 10<sup>6</sup>

ANO	TAXA DO DESCONTO	I N V E S T I M E N T O				L U C R O			
		LTS	LTN	TOTAL	VALOR	LTS	LTN	TOTAL	VALOR
1988	(6%)	23,3		23,3	23,3				
1989		- 6		- 6	- 5,7				
1990		0,890			0,9			0,9	0,8
1991		0,840		- 4,7	- 3,9	0,9		0,9	0,8
1992		0,792			2,1			2,1	1,7
1993		0,747	17,3	17,3	12,9	2,1		2,1	1,6
1994		0,704	- 10,8	- 10,8	- 7,6	2,1		2,1	1,5
1995		0,665				2,1	1,4	3,5	2,3
1996		0,627				2,1	1,4	3,5	2,2
1997		0,592				2,1	1,4	3,5	2,1
1998		0,558				2,1	1,4	3,5	2,0
1999		0,527				2,1	1,4	3,5	1,8
2000		0,497				2,1	1,4	3,5	1,7
2001		0,469	- 6,5	- 14,4	- 6,8	2,1	1,4	3,5	1,6
2002		0,442				5,2	2,7	7,9	3,5
2003		0,417				5,2	2,7	7,9	3,3
2004		0,394				5,2	2,7	7,9	3,1
2005		0,371				5,2	2,7	7,9	2,9
2006		0,350				5,2	2,7	7,9	2,8
2007		0,330				5,2	2,7	7,9	2,5

QUADRO VIII-4

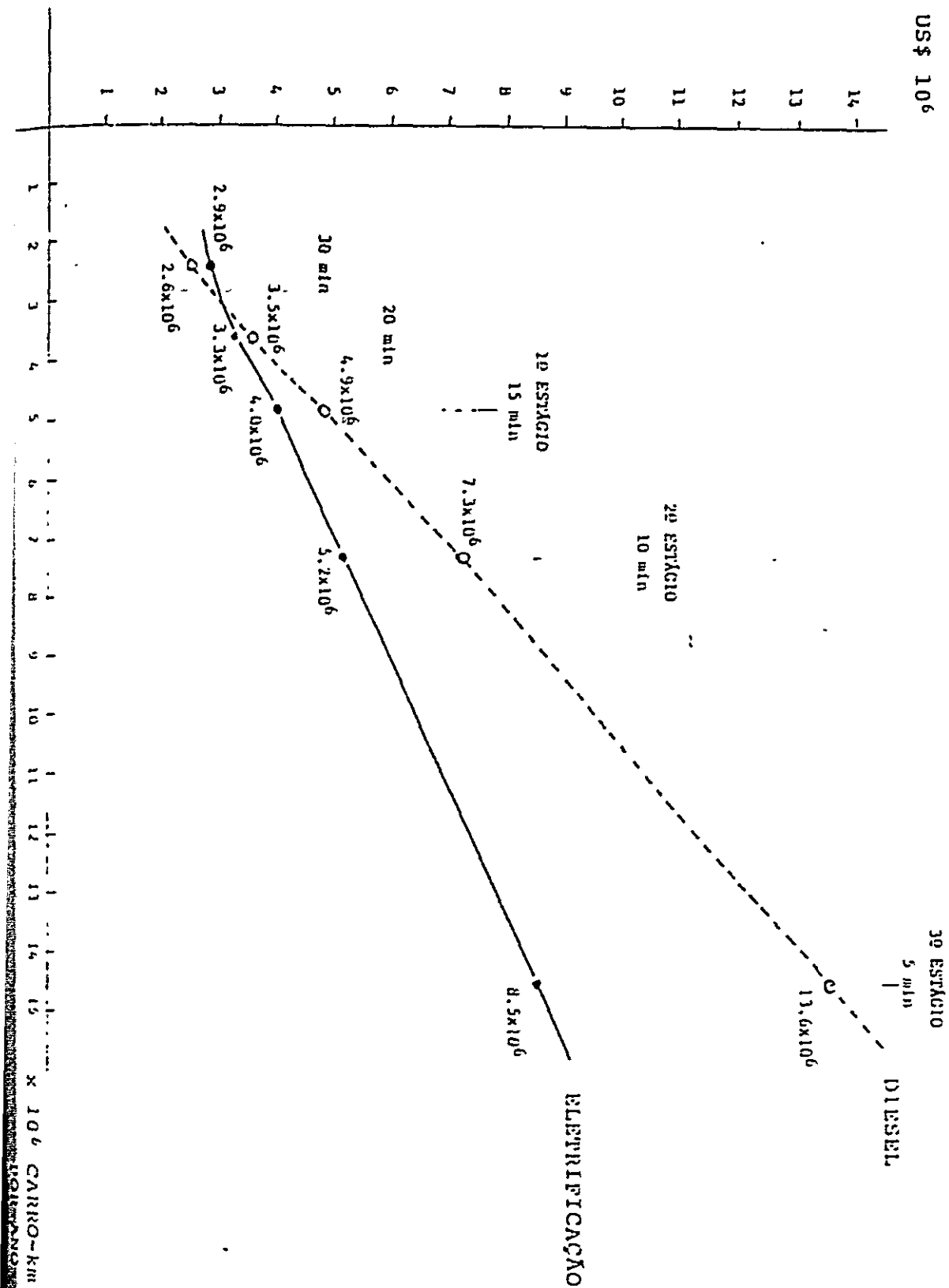
VALOR ANUAL DA DIFERENÇA

US\$ 10<sup>6</sup>

ANO	INVESTIMENTO	LUCRO	10%				15%				20%						
			TAXA DO DESCONTO	INVESTIMENTO	LUCRO	TAXA DO DESCONTO	INVESTIMENTO	LUCRO	TAXA DO DESCONTO	INVESTIMENTO	LUCRO						
1988	23,3																
1989	- 6,0																
1990	0,9																
1991	- 4,7																
1992		2,1															
1993	17,3	2,1															
1994	-10,8	2,1															
1995		3,5															
1996		3,5															
1997		3,5															
1998		3,5															
1999		3,5															
2000		3,5															
2001	-14,4	3,5															
2002		7,9															
2003		7,9															
2004		7,9															
2005		7,9															
2006		7,9															
2007		7,9															
TOTAL			14,8			24,9			16,6			15,6			17,7		10,3

DESPESA POR ANO

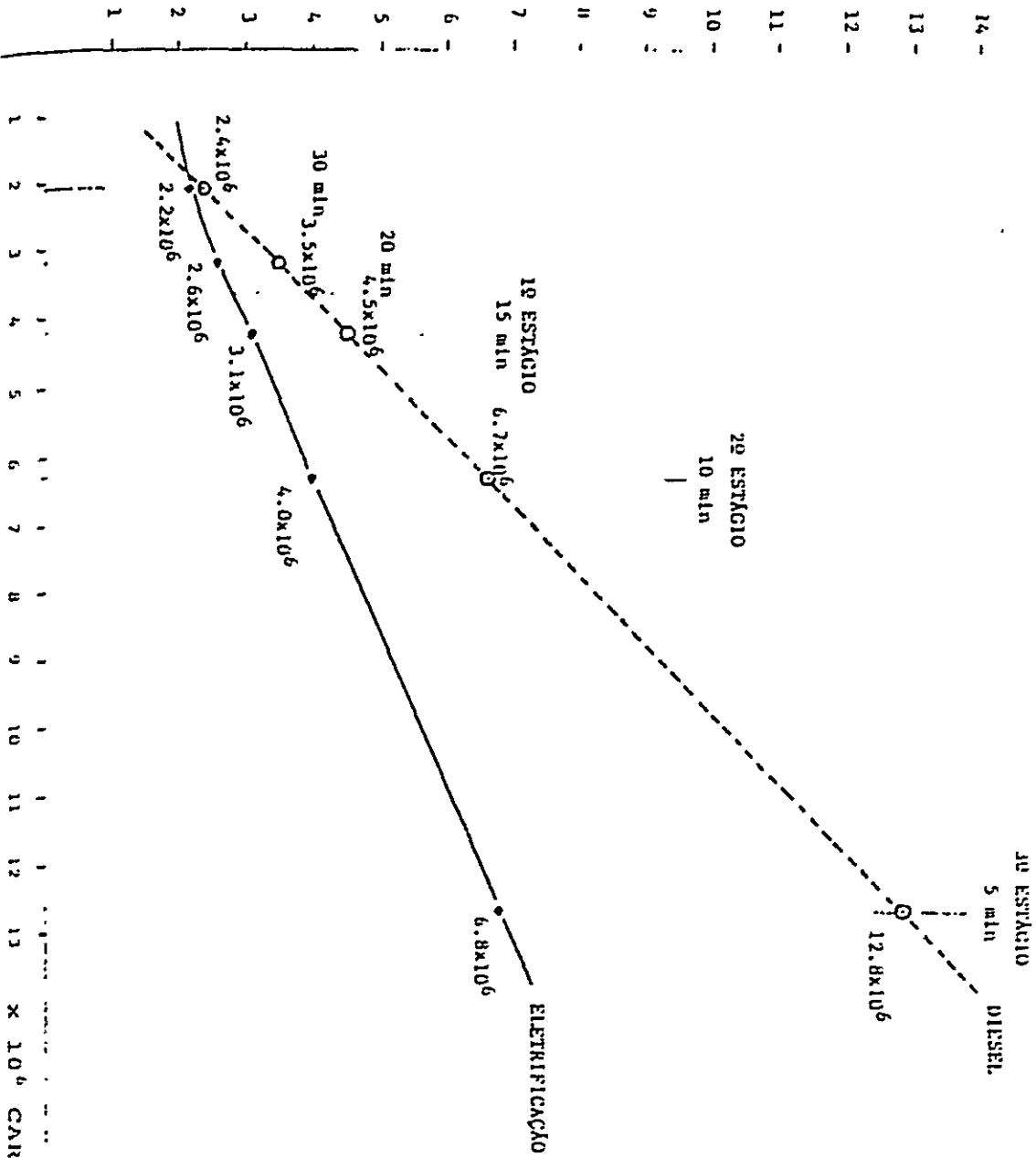
US\$ 10<sup>6</sup>



x 10<sup>6</sup> CARRO-KM

DESPESA POR ANO

US\$ 10<sup>6</sup>



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 X 10<sup>6</sup> CAIRRO-KM POR ANO

US\$ 10<sup>6</sup>

### TAXA DE RETORNO

(LTS + LTN)

40

30

20

10

INVESTIMENTO

LUCRO

0

6%

10

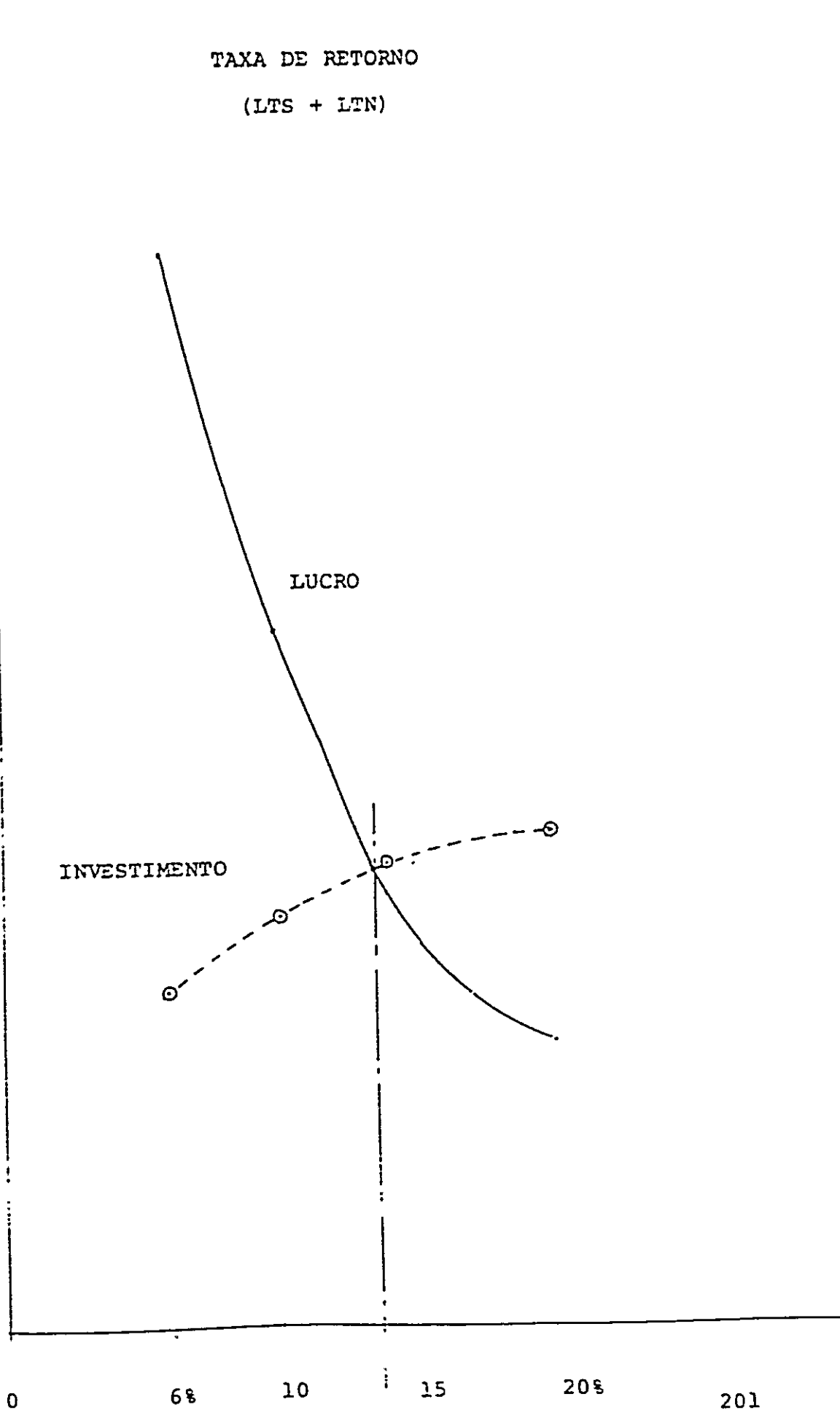
15

20%

201

13,6%

GRÁFICO VIII-3





## 2. RESULTADOS DA ELETRIFICAÇÃO DA FERROVIA DE FORTALEZA

Os resultados que serão alcançados com a eletrificação poderão ser enumerados em três:

- (1) Melhoria do gerenciamento da ferrovia;
- (2) Desenvolvimento das indústrias nacionais do Brasil, e desenvolvimento social da região de Fortaleza;
- (3) Aproveitamento eficiente da energia e do rico recurso hidráulico.

### 2.1 Melhoria do gerenciamento da ferrovia.

Pode-se alcançar a melhoria da eficiência de operação dos materiais rodantes e da produtividade da equipagem, decorrentes do aumento da velocidade.

E, o conforto oferecido pelo trem e o aumento da velocidade resultam na melhoria do serviço, que induz o maior uso desta modalidade de transporte, trazendo, como consequência, o crescimento do número de passageiros e da receita.

O custo de força será de 28% do Diesel,

como o Quadro comparativo anexo esclarece.

Quanto aos equipamentos de força, praticamente todos poderão ser livres da manutenção, com exclusão de algumas peças de consumo, como o cursor de pantógrafo e, isso reduz o custo de manutenção.

Principalmente, o motor Diesel torna-se caro, pois o pistão, que realiza o movimento de percurso, fica exposto à alta temperatura, dificultando a sua manutenção.

A durabilidade do trem elétrico também é longa e, como é composto de mais de 01 carro motor não obstrui a linha, mesmo que, eventualmente, ocorram falhas (mesmo ocorrendo em um carro o deslocamento é possível com um outro trem).

A troca da locomotiva na estação de partida para o retorno torna-se desnecessária.

Pode reduzir a produção dos agentes poluidores tais como, ruídos e gás de exaustão.

## 2.2 Desenvolvimento das indústrias nacionais do Brasil e desenvolvimento social da região de Fortaleza

A implementação de eletrificação cria oportunidades de desenvolvimento tecnológico para as indústrias envolvidas no fornecimento dos materiais como cobre, ferro, aço e outros, necessários para execução da sua obra; e aos setores de equipamentos elétricos e de indústria de materiais rodantes. Cria também oportunidade de emprego no mercado de trabalho.

O tempo de viagem entre as cidades da região de Fortaleza será largamente reduzido, intensificando o seu intercâmbio e contribuindo para o desenvolvimento regional.

## 2.3 Aproveitamento eficiente da energia e do rico recurso hidráulico

O Quadro VIII-5 mostra a comparação das eficiências de energia entre as operações feitas em trem elétrico e em Diesel. Mesmo que seja energia termelétrica se a operação for feita em trem e

lêtrico a eficiência melhora 4%

QUADRO VIII-5 - COMPARAÇÃO DAS EFICIÊNCIAS DE ENERGIA

					ENERGIA EFICIENTEMENTE APROVEITADA NA TRACÇÃO	
OPERAÇÃO DO TREM ELÉTRICO (HIDRELÉTRICO)	GERADOR HIDRELÉTRICO	LINHA DE TRANSMISSÃO	SUBESTAÇÃO	LINHA DE TRANSMISSÃO	TREM ELÉTRICO	
	87%	90%	95%	90%	85%	57%
OPERAÇÃO DO TREM ELÉTRICO (TERMELETRICO)	TERMOGERADOR	LINHA DE TRANSMISSÃO	SUBESTAÇÃO	LINHA DE TRANSMISSÃO	TREM ELÉTRICO	
	37%	90%	95%	90%	85%	24%
OPERAÇÃO EM DIESEL	EFICIÊNCIA DO CALOR DO MOTOR	LOCOMOTIVA		EFICIÊNCIA DE TRANSMISSÃO		
	30%	85%		80%		
						20%

O Brasil é um país rico em recurso hídrico, juntamente com a República da China e União Soviética. O seu desenvolvimento também já se encontra numa fase adiantada, sendo a região de Fortaleza completamente atendida pela energia hidrelétrica, logo, o petróleo é economizado, trazendo a economia da moeda estrangeira (logo, há economia de petróleo, economizando a moeda estrangeira).

## ANEXOS

Nos Quadros 1 a 5, referentes à linha Tronco Sul e nos Quadros 6 a 11 apresentamos a discriminação dos cálculos dos Gráficos VIII-1 e VIII-2.

No exemplo do 1º estágio, do Quadro 3 do Tronco Sul, a linha extrema superior apresenta o cálculo preliminar, que constitui a origem do cálculo dos valores.

Começando da parte superior, o item Composição Necessária será de 05 carros, considerando que percorre o trecho de 23 km com velocidade de 40,3 km/h e incluindo uma tolerância de 5 minutos, de viagem de volta. Prevendo 01 composição de reserva, e 01 composição de inspeção e reparo, o total será 07 composições. Sendo 01 composição constituída de 04 carros, o total de carros será de 28 carros (14 carros M e 14 carros R).

O Número de Trens será de 04 trens por hora. Considerando que o tempo de operação é de 18 horas o seu total será de 144, inclusive subida e descida (ida e volta).

O item Quilometragem por Ano é necessário para o cálculo de custo de reparo dos materiais rodantes e custo de energia. Indica a quilometragem percorrida por todos os materiais rodantes. A distância percorrida por trem Diesel é maior do que o trem elétrico e carro de passageiro, apenas 0,5 km correspondente à viagem de retorno da locomotiva.

O Investimento para Catenária do Pátio, constante na altura intermediária do Quadro, corresponde ao valor total dos itens necessários à eletrificação, como, por exemplo, a rede aérea da Base de trens elétricos da Estação João Felipe. Como a via (trilho) é necessária também na operação feita em Diesel, foi excluída de ambos sistemas.

No item Oficina de Manutenção estão incluídas as instalações das oficinas, necessárias para atender o trem elétrico.

A Instalação de Eletrificação corresponde ao custo de obra das 03 subestações e da catenária de 23 km.

O item Material Rodante apresenta o custo de preparação do trem elétrico, DEL e trem de

passageiro. Os dados se baseiam no estudo feito pela Administração Geral da CBTU.

A Mão-de-Obra apresenta o número de homens necessários para a eletrificação. Com a eletrificação a linha Tronco Sul necessitará de 40 homens. Eletrificando a linha Tronco Norte necessitará de acréscimo de 10 homens (dados fornecidos pela Administração Geral da CBTU). Para DEL foi computado o número de elementos necessários para a substituição da locomotiva.

O Material Rodante foi calculado considerando que, anualmente, o trem elétrico necessita de 0,8 pessoas/carro, DEL 1,6 passageiros e carro de passageiros de 0,6 pessoas.

A Manutenção das instalações de campo foi calculada como sendo 1,3% do valor do patrimônio. O material rodante foi considerado como proporcional ao km-carro percorrido. Os valores estabelecidos foram: US\$ 180 para o trem elétrico, US\$ 1.400 para DEL e US\$ 60 para o carro de passageiros, por 1.000 km. Estes valores foram calculados com dados constantes no estudo da Fortaleza.

Quanto à Energia, o trem elétrico de 1 t

necessita de 37 kWh para percorrer 1.000 km e tonelagem média de 01 carro considerada foi de 40 t. A tarifa elétrica considerada foi de Cz\$ 162,7 por 1 MWh, baseando no estudo feito em Fortaleza. Acrescentou-se, ainda Cz\$ 63,8/kw de tarifa da demanda para DEL percorrer 1 km necessita de 3 l de óleo (conforme dado do estudo de Fortaleza). O preço de 1 l é de Cz\$ 3,03.

A Depreciação tanto das instalações de campo como dos materiais rodantes teve o preço residual de 10%. O tempo de vida foi estipulado conforme a norma da CBTU, isto é, 28 anos para as instalações de campo, 22 anos para o trem elétrico e 18 anos para o carro de passageiros.

O valor obtido pela divisão do valor da redução do custo pela diferença do investimento é a taxa de retorno. Neste exemplo, a taxa de retorno foi de 4,6%.



L T S  
 30 milm, 4 Carrões  
 US\$ 1.000

	E L E T R I F I C A Ç Ã O	D I E S E L	D I F E R E N Ç A	?
HEADWAY	30'	30'		
COMPOSIÇÃO NECESSARIA	$(23/40.3 \times 60 + 5) \times 2 + 30 = 2.6 \sim 3$	$(23/36.5 \times 60 + 15) \times 2 + 30 = 3.5 + 4$		
RESERVA	1	1		
CARROS NECESSARIOS	$4 \times 4 = 16$	DEL $4 + 1 = 5$ CARRO $4 \times (4 + 1) = 20$		
NÚMERO DOS TRENS	$60/30 \times 18 \times 2 = 72$	72		
QUILOMETRAGEM POR ANO	$72 \times 4 \times 23 \times 365 = 2.417.760$	DEL $72 \times 1 \times (23 + 0.5) \times 365 = 6.192.955$ CARRO $72 \times 4 \times 23 \times 365 = 2.417.760$		
1 CATENARIA DE PÁTIO	$120 \times 3 = 360$			
2 OFICINA DE MANUTENÇÃO	1000			
3 INSTALAÇÃO DE ELETRIFICAÇÃO	$5.000 \times 3 + 360 \times 23 = 23.280$	DEL $1.600 \times 5 = 8.000$ CARRO $700 \times 20 = 14.000$		
4 MATERIAL RODANTE	$1.200 \times 16 = 19.200$			
5 M M E				
6 M M E				
7 M M E				
8 M M E				
9 M M E				
0 TOTAL	43.840	22.000	20.400	
D MÃO DE OBRA	TERREO	MANOBRAS		
	TERREO	$8 \times 2 = 16$		
	M.RODANTE	DEL $8 \times 1.6 \times 5 = 64$ CARRO $8 \times 0.6 \times 20 = 96$		
	$8 \times 0.8 \times 16 = 102.4$	160		
	422.4			
E SUB-TOTAL				
	TERREO	DEL $1.4 \times 619.3 = 867.0$		
	M.RODANTE	CARRO $0.06 \times 2.418 = 145.1$		
	$24.640 \times 0.013 = 320.3$			
	$0.18 \times 2418 = 435.2$			
	755.5	1012.1		
P SUB-TOTAL				
	$37 \times 2.418 \times 40 \times 162.7 + 20 + 1.000 = 29.1$	$3 \times 619.3 \times 10^3 \times 3.03 + 20$		
	DEMANDA			
	$29.1 + 48.6 = 97.2$	-281.5		
E DEPRECIACÃO	TERREO			
	$24640 \times 0.9 + 28 = 797.8$			
	$19200 \times 0.9 + 22 = 785.5$	$22.000 \times 0.9 + 18 = 1100.0$		
S SUB-TOTAL	1593.3	1100.0		

L T S

20 m/m. 4 Carros

US\$ 1.000

-2-

	E L E T R I F I C A Ç Ã O	D I E S E L	D I F E R E N Ç A	2
HEADWAY.	20'	20'		
COMPOSIÇÃO NECESSÁRIA	(23/40,3 x 60 + 5) x 2 + 20 - 3,9 + 4	(23/36,5 x 60 + 5) x 2 + 20 - 5,3 + 5		
RESERVA	1	2		
CARROS NECESSÁRIOS	4 x 5 = 20	DEL 5 + 2 = 7 CARRO 4 x (5 + 1) = 24		
NÚMERO DOS TRENS	60/20 x 18 x 2 = 108	108		
QUILÔMETRAGEM POR ANO	108 x 4 x 23 x 365 = 3.626.640	DEL 108 x 1 x (23 + 0,5) x 365 = 926370 CARRO 108 x 4 x 23 x 365 = 3.626.640		
INSTALAÇÃO DE MANUTENÇÃO	120 x 3 = 360			
OFICINA DE MANUTENÇÃO	1000			
INSTALAÇÃO DE ELETRIFICAÇÃO	5.000 x 3 + 360 x 23 = 23.280	DEL 1.600 x 7 = 11.200 CARRO 700 x 24 = 16.800		
MATERIAL RODANTE	1.200 x 20 = 2.400			
TOTAL	48.640	28.000	20.640	
MÃO DE OBRA	TÉRREO	MANOBRAS 8 x 2 = 16		
	M. RODANTE	DEL 8 x 1,6 x 7 = 89,6 CARRO 8 x 0,6 x 24 = 115,2		
	SUB-TOTAL	204,8		
MANUTENÇÃO	TÉRREO	DEL 1,4 x 926,4 = 1.297,0		
	M. RODANTE	CARRO 0,06 x 3626,6 = 217,6		
	SUB-TOTAL	1514,6		
ENERGIA	(1.000 Km) 37 x 3,627 x 40 x 162,7 + 20 x 1,00 - 43,7	3 (6,7 Km) x 926,4 x 10 <sup>3</sup> x 3,03 + 20		
	DEMANDA	- 421,0		
	43,7 + 73,0 = 116,7			
DEPRECIÇÃO	TÉRREO	24.640 x 0,9 + 28 = 792,0		
	M. RODANTE	24.000 x 0,9 + 22 = 981,8		
	SUB-TOTAL	1.773,8		
TOTAL	3.311,7	3.560,4	- 228,7	1.112

	E L E T R I F I C A Ç Ã O	D I E S E L	D I F E R E N Ç A	%
HEADWAY	15'	15'		
COMPOSIÇÃO NECESSÁRIA	(Km) (23/40.3 x 60 + 5) x 2 + 15 = 5.1 + 5	(23/36.5 x 60 + 15) x 2 + 15 = 7.04 + 7		
RESERVA	(Km/h) 2	2		
CARROS NECESSÁRIOS	4 x 7 = 28	DEL 7 + 2 = 9 CARRO 4 x (7 + 2) = 36		
NÚMERO DOS TRENS	60/15 x 18 x 2 = 144 (hora) (Km) (Dias) 144 x 4 x 23 x 365 = 4.836.000	144		
QUILÔMETRAGEM POR ANO	120 x 3 = 360 (Km)	DEL 144 x (23 + 0.5) x 365 = 1.235.000 CARRO 144 x 4 x 23 x 365 = 4.836.000		
INSTALAÇÃO DE ELETRIIFICAÇÃO	5.000 x 3 + 300 x 23 = 23.280 (Km)	DEL 1.600 x 9 = 14.400 CARRO 700 x 36 = 25.200		
MATERIAL RODANTE	1.200 x 28 = 33.600			
TOTAL	58.240	39.600	18.640	
MÃO DE OBRA	TERRÇO CATENARIA E SUBESTAÇÃO 8 x 40 = 320 8 x 0.8 x 28 = 179.2	MANOBRAS 6 x 2 = 16 DEL 3 x 1.6 x 9 = 115.2 CARRO 0 x 0.6 x 36 = 172.8 306.0		
MANTENÇÃO	SUB-TOTAL 499.2 TERRÇO 26.640 x 0.013 = 320.3 M. RODANTE 0.18 x 4.836 = 870.5 SUB-TOTAL 1190.8	DEL 1.4 x 1.235 = 1.729.0 CARRO 0.06 x 4.836 = 290.2 2019.2		
ENERGIA	(1000Kwh) (1) (C x % Km/h) 37 (1000Kwh) x 4.836 x 40.162.7 + 20.1000 = - 58.2	3 (1(Kwh) x 1.235 x 10 <sup>3</sup> x 3.03 + 20 = - 516.3		
DEPRECIACÃO	TERRÇO 58.2 + 97.2 = 155.4 M. RODANTE 26.640 x 0.9 + 28 = 792.0 SUB-TOTAL 33.600 x 0.9 + 22 = 1.374.5 2.166.5	39.600 x 0.9 + 18 = 1.980.0 1.980.0		
TOTAL				

1 1 1  
 21 ESTACIÃO (10 metros, 4 trilhos)  
 US\$ 1.000

	E L E T R I F I C A Ç Ã O	D I E S E L	D I F E R E N Ç A	
HEADWAY	10'	10'		
COMPOSIÇÃO NECESSÁRIA	(23/40, 3 x 60 + 5) x 2 + 10 = 7,8 + 8	(23/36,5 x 60 + 15) x 2 + 10 = 10,6 + 11		
RESERVA	2	3		
CARROS NECESSÁRIOS	4 x (8 + 2) = 40	DEL 11 + 3 = 14 CARRO 4 x (11 + 2) = 52		
NÚMERO DOS TRENS	60/10 x 18 x 2 = 216 (hora) Km	216		
QUILÔMETRAGEM POR ANO	216 x 4 x 23 x 365 = 7.253.280	DEL 216 x 1 x (23 + 0,5) x 365 = 1.852.740 CARRO 216 x 4 x 23 x 365 = 7.253.280		
1 CATENÁRIA DE PATIO	120 x 4 = 480			
2 OFICINA DE MANUTENÇÃO	1.000			
3 INSTALAÇÃO DE ELETRIFICAÇÃO	5.000 x 3 + 300 x 23 = 23.280	DEL 1.600 x 14 = 22.400 CARRO 700 x 52 = 36.400		
4 MATERIAL RODANTE	1.200 x 40 = 48.000			
5 M. E. M. T. G. TOTAL	72.760	58.800	13.960	
D MÃO DE OBRA	TENKIO CATENÁRIA E SUBESTAÇÃO 8 x 40 = 320 2 x 0,8 x 40 = 256,0	MANOBRAS 8 x 2 = 16 DEL 8 x 1,6 x 14 = 179,2 CARRO 8 x 0,6 x 52 = 245,6 444,8 DEL 1,4 x 1853 = 2594,0 CARRO 0,06 x 7.253 = 435,2 3029,2		
E SUB-TOTAL	576,0			
S MANUTENÇÃO	TERRICO 24.760 x 0,013 = 321,9 M. RODANTE 0,18 x 7.253 = 1.305,5 SUB-TOTAL 1627,4			
P				
E ENERGIA	$21 \frac{\text{Kwh}}{1000 \text{ t-Km}} \cdot \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ Kg}} \cdot \frac{1 \text{ (1)}}{\text{h}}$ C.S./ - 87,3	3 (t./km) x 1852,7 x 10 <sup>3</sup> x 3,3 + 20 - 842,1		
S	87,3 + 145,8 = 233,1 24.760 x 0,9 + 28 = 795,9			
A DEPRECIACÃO	TERRICO M. RODANTE 49.000 x 0,9 + 22 = 1963,6 SUB-TOTAL 2759,5	58.800 x 0,9 + 18 = 2940,0 2940,0 7256,1		
TOTAL	5196,0	7256,1	- 2060,1	14,8 %

L I 5

3º ESTACIO (5 mím. 4 Carros)

US\$ 1.000

	E L E T R I F I C A Ç Ã O	D I F E S E L	D I F E R E N Ç A
HEADWAY			
COMPOSIÇÃO NECESSARIA	5'1 (23/42,8 x 60 x 5) x 2 + 5 = 14,9 + 15	5'1 (23/36,5 x 60 x 15) x 2 + 5 = 21,2 + 21	
RESERVA	2	3	
CARROS NECESSARIOS	4 x 17 = 68	DTL 21 + 3 = 24 CARRO 4 x (21 + 12) = 92	
NÚMERO DOS TRENS	60/5 x 18 x 2 = 432	432	
KILOMETRAGEM POR ANO	432 x 4 x 23 x 365 = 14.506.560 Km	DTL 432 x 1 x (23 + 0,5) x 305 x 3.705.400 CARRO 14.506.560	
CATEMERIA DE PATIO	120 x 5 = 600		
OFICINA DE MANUTENÇÃO	1.800		
INSTALAÇÃO DE ELETRIFICAÇÃO	6.000 x 3 + 360 x 23 = 26.280	DTL 1.600 x 24 = 38.400 CARRO 700 x 92 = 64.400	
MATERIAL RODANTE	1.200 x 68 = 81.600		
TOTAL	110.280	102.800	7.480
PLANO DE OBRA			
TERRÇO	CATEMERIA E SUBESTAÇÃO 8 x 40 = 320	MANOBRA 8 x 2 = 6	
M. RODANTE	8 x 0,8 x 68 = 435,2	DTL 8 x 1,6 x 24 = 307,2 CARRO 8 x 0,6 x 92 = 441,6	
SUB-TOTAL	755,2	764,8	
MANUTENÇÃO	28.680 x 0,013 = 372,8	DTL 1,4 x 3.705 = 5187,0 CARRO 0,06 x 14.506 = 870,4	
M. RODANTE	0,18 x 14.507 = 2611,3	6057,4	
SUB-TOTAL	2984,1		
ENERGIA	$37 \left( \frac{\text{Kwh}}{10001-\text{Km}} \right) \times 14.507 \times 40 \times 162 \times 4 \times 30 \times 1000 =$ = 174,7	$3 \left( \frac{\text{Kwh}}{10001-\text{Km}} \right) \times 3705 \times 10^3 \times 3 \times 0,3 \times 20 =$ = 1683,9	
DEPRECIACÃO	174,7 + 292 = 466,7		
M. RODANTE	28.680 x 0,9 + 28 = 921,9		
SUB-TOTAL	81.600 x 0,9 + 22 = 3336,2	102.800 x 0,9 + 18 = 5140,8	
TOTAL	4260,1	5140,0	- 5.180
	8466,1	13646,1	65,3



L T N

20 mim. 4 Carros

US\$ 1.000

	E L E T R I F I C A Ç Ã O	D I E S E L	D I F E R E N Ç A	%
HEADWAY	20'	20'		
COMPOSIÇÃO NECESSARIA	$(20/38.5 \times 60 + 5) \times 2 + 20 = 3.6 + 4$	$(20/27.5 \times 60 + 15) \times 2 + 20 = 5.9 + 6$		
RESERVA	1	1		
CARROS NECESSARIOS	$4 \times 5 = 20$	DEL 6 + 1 = 7 CARRO 4 x (6 + 1) = 28		
NÚMERO DOS TRENS	$60/20 \times 18 \times 2 = 108$	108		
QUILOMETRAGEM POR ANO	$108 \times 4 \times 20 \times 365 = 3.153.600$	DEL 108 x 1 x (20 x 0.5) x 365 = 808.110 CARRO 108 x 4 x 20 x 365 = 3.153.600		
1 CATENARIA DE PATIO	$120 \times 1 = 120$			
2 OFICINA DE MANUTENÇÃO				
3 INSTALAÇÃO DE ELETRIFICAÇÃO	$5.000 \times 2 + 360 \times 20 = 17.200$	DEL 1.600 x 7 = 11.200 CARRO 700 x 28 = 19.600		
4 MATERIAL RODANTE	$1.200 \times 20 = 24.000$			
5 TOTAL	41.320	30.800	10.520	
D MÃO DE OBRA	TERREO	MANOBRAS 8 x 2 = 16		
E M. RODANTE	$8 \times 0.8 \times 20 = 128.0$	DEL 8 x 1.6 x 7 = 89.6 CARRO 8 x 0.6 x 28 = 134.4		
E SUB-TOTAL	208.0	224		
S MANUTENÇÃO	TERREO	DEL 1.4 x 808.1 = 1131.3		
E M. RODANTE	$17.320 \times 0.013 = 225.2$	CARRO 0.06 x 3153.6 = 189.2		
P SUB-TOTAL	792.8	1320.5		
E ENERGIA	$37 \times 3153.6 \times 40 \times 162.7 + 20 \times 1000 = 38.0$	$3 \times 608.1 \times 10^3 \times 3.03 + 20 =$		
S DEPRECIACÃO	TERREO	- 367.3		
E M. RODANTE	$38 + 65.6 = 103.6$			
A TOTAL	$17.320 \times 0.9 + 28 = 556.7$	$30.800 \times 0.9 + 18 = 1540.0$	1540.0	
	$24.000 \times 0.9 + 22 = 981.8$	3451.8	- 608.9	7.7 %
	1538.5			
	2642.9			

L L N  
 1º ESTAGIO (15 min. 4 Carros)  
 US\$ 1.000

	ELTRIFICAÇÃO	DI L S E L	DIFERENÇA	%
NEQUAV	(min.) 15'	15'		
COMPOSIÇÃO NECESSÁRIA	km/km/h (20/40.3 x 60 x 5) x 2 + 15 = 4.6 x 5	(20/27.5 x 60 x 15) x 2 + 15 = 7.8 x 8		
RESERVA	1	1		
CARROS NECESSÁRIOS	4 x (5 + 1) = 24	DLI 8 + 1 = 9 CARRO 4 x 9 = 36		
Nº-REG DOS TRENS	60/15 x 18 x 2 = 144 (Car) (km) (Dias) (Car - km)	144		
QUILOMETRAGEM POR ANO	144 x 4 x 20 x 365 = 4.204.800	DLI 144 x 1 x (20 x 0.5) x 365 = 1.077.480 CARRO 144 x 4 x 20 x 365 = 4.204.800		
1. CATEGORIA DE PATIO	(km) 120 x 1 = 120			
2. OFICINA DE MANUTENÇÃO				
3. INSTALAÇÃO DE ELETRIFICAÇÃO	5.000 x 2 + 360 x 20 = 17.200			
4. POTENCIAL RODANTE	1.200 x 24 = 28.800	DLI 1.600 x 9 = 14.400 CARRO 700 x 36 = 25.200		
5. TOTAL	46.120	39.600	6.520	
1. MÃO DE OBRA	TRECO CATEGORIA E SUBESTAÇÃO 8 x 10 = 80	MANOBRAS		
2. M.RODANTE	8 x 0.9 x 24 = 153.6	DLI 9 x 1.6 x 9 = 115.2 CARRO 9 x 0.6 x 36 = 172.8		
3. SUB-TOTAL	233.6	288.0		
4. TERREO	17.320 x 0.013 = 225.2	DLI 1.4 x 1077.5 = 1508.5		
5. M.RODANTE	0.18 x 4.205 = 756.9	CARRO 0.06 x 4204.8 = 252.3		
6. SUB-TOTAL	982.1	1760.8		
7. ENERGIA	37 x 4.205 x 40 x 162.7 x 20 x 1.000 = 50.6	3 x 1077.5 x 10 <sup>3</sup> x 3.03 x 20 =		
8. DEPRECIAÇÃO	50.6 x 87.5 = 138.1	= 489.7		
9. M.RODANTE	17.320 x 0.9 x 28 = 556.7			
10. M.RODANTE	28.800 x 0.9 x 122 = 1178.2	39.600 x 0.9 x 17 = 1980.0		
11. SUB-TOTAL	1734.9	1980.0		
12. TOTAL	3088.7	4518.5	- 1429.8	21.9%



L I N

2º ESTACIO (10 mlm, 4 Carros)

US\$ 1.000

	E L E T R I F I C A Ç Ã O	D I E S E L	D I F E R E N Ç A	%
HEADWAY	101	101		
COMPOSIÇÃO NECESSARIA	$(20/40,3 \times 60 + 5) \times 2 + 10 = 6,9 + 7$	$(20/27,5 \times 60 + 15) \times 2 + 10 = 11,7 + 12$		
RESERVA	1	1		
CARROS NECESSARIOS	$4 \times (7 + 1) = 32$	DEL 12 + 1 = 13 CARRO 4 x (12 + 1) = 52		
NÚMERO DOS TRENS	$60/10 \times 18 \times 2 = 216$ (km)	216		
KILOMETRAGEM POR ANO	$216 \times 4 \times 20 \times 365 = 6.307.200$	DEL 216 x 1 x (20 x 0,5) x 365 = 1.616,220 CARRO 6.307,200		
1. CATERMÁRIA DE PATIO	(km) $120 \times 2 = 240$			
2. OFICINA DE MANUTENÇÃO				
3. INSTALAÇÃO DE ELETRIFICAÇÃO	$5.000 \times 2 + 360 \times 20 = 17.200$	DEL 1.600 x 13 = 20.800 CARRO 700 x 52 = 36.400		
4. MATERIAL RODANTE	$1.200 \times 32 = 38.400$			
5. TOTAL	55.840	57.200	- 1.360	
0. MÃO DE OBRA	TERREO SUBESTAÇÃO 8 x 10 = 80 M. RODANTE $8 \times 0,8 \times 32 = 204,8$	MANOBRA DEL 8 x 1,6 x 13 = 166,4 CARRO 8 x 0,6 x 52 = 249,6 416,0		
1. MANUTENÇÃO	SUB-TOTAL 284,8 TERREO 17.440 x 0,013 = 226,7 M. RODANTE 0,18 x 6.307 = 1135,3	DEL 1,4 x 1616,2 = 2262,7 CARRO 0,06 x 6.307 = 378,4 2641,1		
2. ENERGIA	SUB-TOTAL 1362,0 $37 \times 6,307 \times 40 \times 162,7 + 20 \times 1.000 = 75,9$ $75,9 + 131,2 = 207,1$	$3(t/km) \times 1616,2 \times 10^3 \times 3,03 + 20 =$ 734,6		
3. DEPRECIÇÃO	TERREO 17.440 x 0,9 + 28 = 560,6 M. RODANTE 38.400 x 0,9 + 22 = 1570,9	57.200 x 0,9 + 18 = 2860,0		
4. SUB-TOTAL	2131,5	2860,0		
5. TOTAL	3985,4	6651,2		

L I N

3º ESTAGIO (5 min. 4 Carros)

US\$ 1.000

	E L E T R I F I C A Ç Ã O	D I E S E L	D I F E R E N Ç A
HEADWAY			
COMPOSIÇÃO NECESSARIA	5 <sup>+</sup> (20/42,8 + 60 + 5) x 2 + 5 - 13,1 - 13	5 <sup>+</sup> (20/27,5 + 60 + 15) x 2 + 5 - 23,5 + 23	
RESERVA	1	1	
CARROS NECESSARIOS	4 x 14 = 56	DLT 23 x 1 = 24 CARRO 4 x 24 = 96	
NÚMERO DOS TRENS	60/5 x 18 x 2 = 432	432	
QUILÔMETRAGEM POR ANO	432 x 4 x 20 x 365 = 12.614.400	DLT 432 x 1 x (20 x 0,5) x 365 = 3.232.440 CARRO 12.614.400	
1 CATEMÁRIA DE FÁBIO	120 x 3 = 360		
M OFICINA DE MANUTENÇÃO			
V INSTALAÇÃO DE ELETRIFICAÇÃO	6.000 x 2 + 360 x 20 = 15.200	DLT 1.600 x 24 = 38.400 CARRO 700 x 56 = 67.200	
S MATERIAL RODANTE	1.200 x 56 = 67.200		
M M			
M E			
M T			
O TOTAL	86.760	105.600	- 18.840
D MÃO DE OBRA			
TERREO	CATEMÁRIA E B x 10 = 80	MANOBRAS 8 x 2 = 16	
M. RODANTE	E x 0,8 x 56 = 356,4	DEL 8 x 1,6 x 24 = 307,2 CARRO 8 x 0,6 x 56 = 460,3	
E SUB-TOTAL	439,4	768,0	
S MANUTENÇÃO			
TECNICO	15.560 x 0,013 = 254,3	DEL 1,4 x 3332,4 = 4625,4	
M. RODANTE	0,16 x 12614,4 = 2270,6	CARRO 0,06 x 12614,4 = 756,9	
P SUB-TOTAL	2524,9	5382,3	
E ENERGIA			
S	$37 \left( \frac{\text{kmh}}{1000} \right) \times 12,614,4 \times 40,162,7 \times 20 \times 1.000 =$ 10001-Km = 151,9	$3 \left( \frac{\text{C/Km}}{1000} \right) \times 3732,4 \times 10^3 \times 3,03 + 20 =$ = 169,1	
S	DEMANDA 151,9 + 262,4 = 414,3		
A DEPRECIACÃO			
TERREO	19.560 x 0,9 + 28 = 628,7		
M. RODANTE	67.200 x 0,9 + 22 = 2749,1	105.600 x 0,9 + 18 = 5280,0	
SUB-TOTAL	3377,8	5286,0	
TOTAL	6755,4	12753,4	- 6044



## X - ETAPAS DO PROJETO

O Quadro X-1 apresenta as etapas do projeto

# TREM METROPOLITANO DE FORTALEZA-LTS

CRONOGRAMA FÍSICO - META: HEADWAY 15 MIN.

ATIVIDADES	1987				1988				1989				1990				OBS.
	1º T	2º T	3º T	4º T	1º T	2º T	3º T	4º T	1º T	2º T	3º T	4º T	1º T	2º T	3º T	4º T	
1-PROJETO CONCEITUAL-BÁSICO																	
2-PROJETO EXECUTIVO																	
3-FABRICAÇÃO EQUIPAMENTOS (sinaliz./telecom/electr)																	
4-OBRAS CIVIS (via perm. esc., edif., obras com plam.)	L	JOÃO FELIPE - PARANGABA															
	T	PARANGABA - HARACANAOD															
5-MONTAGEM (sinaliz, telecom, electr.)	L	JOÃO FELIPE - PARANGABA															
	T	PARANGABA - HARACANAOD															
6-FABRICAÇÃO TUE's																	
7-OFICINAS	OBRAS CIVIS																
	MONTAGEM EQUIP																

## X - CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROJETO DE CORTE DO CENTRO DA LINHA TRONCO SUL

### INTRODUÇÃO

Nas proximidades da estação de João Felipe há no total 03 praças tais como, praça usada principalmente pelos usuários do ônibus, praça de acesso dos usuários que entram no centro pelo Corredor, etc. Estas praças já estão apertadas. A região aglomerada do centro não goza do privilégio da ferrovia metropolitana. Pode-se até dizer que a ferrovia está doando ao ônibus uma grande demanda. E, supõe-se que do ponto de vista da malha de tráfego da cidade, deseja restringir, o quanto possível, o transporte de ônibus, que tumultua as ruas.

Para tentar resolver esta situação, foi elaborado um projeto ferroviário da linha Tronco Sul, que se aproveita de uma rodovia do centro.

1. TRECHO DE 5 KM A PARTIR DA ESTAÇÃO DE JOÃO FELIPE, DA LINHA TRONCO SUL

No trecho que vai do ponto 0 k 000 m até 5 k 000 m da linha Tronco Sul, há hoje a estação O t á v i o B o n f i m, que se localiza no ponto de 3 k 453 m. Neste intervalo há 05 principais rodovias, que se ligam com o centro.

As 05 Avenidas: Filomena Gomes (1 k 372 m), Francisco Sá (2 k 157 m), Sargento H e r m í n i o (2 k 542 m), Bezerra de Menezes (3 k 317 m) e J o v i t a F e i t o s a (3 k 960 m) cruzam com a linha Tronco Sul na passagem de nível. É importante providenciar o cruzamento em elevado destas passagens de nível, porém, por outro lado, comenta-se que as l i n h as de movimento dos veículos já completamente d e f i n i d as para o sentido único, influirão, de modo ruim, no sentido de avanço das ruas periféricas. Considerando os aspectos abordados, é necessário prosseguir o estudo do cruzamento em elevação, j u n t o com os Ó r g ã os envolvidos, coordenando e h a r m o n i z a n d o-se com os seus interesses.

O ponto mais importante é que até a distância de 1,6 km da linha Tronco Sul, a linha T r o n c o S u l, a linha T r o n c o S u l

co Norte se estende paralelamente a primeira. Como ferrovia bastaria que houvesse neste trecho 01 linha. Pode-se dizer que a existência de uma das linhas de 1,6 km é desnecessária. A definição da localização da nova estação Francisco Sá, planejada para ser no ponto de 2 k 260 m, deve também considerar esta questão.

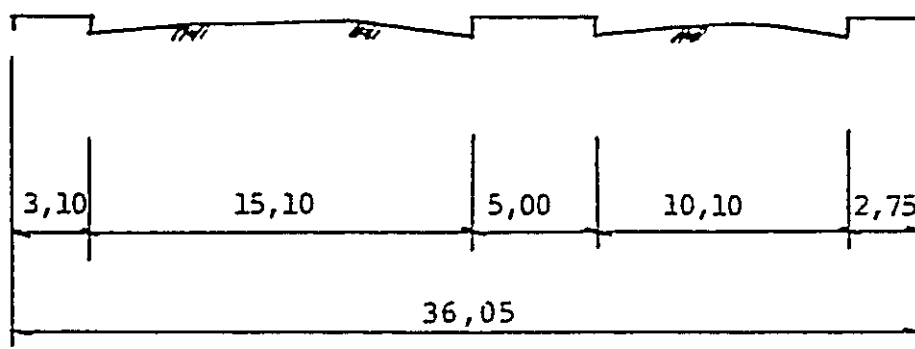
## 2. PROJETO DE CORTE NO CENTRO

Este plano refere-se à rota de cerca de 2,5 km, que passa pela Av. Carapinina e Av. Tristão Gonçalves, no ponto localizado aproximadamente a 4,5 km da linha Tronco Sul. O plano prevê 01 trecho de elevação de cerca de 1 km, 01 trecho de túnel de 1,0 km e 0,5 km correspondente ao pátio e estação, totalizando 2,5 k. Preve, ainda, a construção de 03 novas estações nas proximidades do ponto de cruzamento com a rodovia principal. O intervalo entre as estações será, respectivamente, de 700 m a 1,2 km. A atual estação de João Felipe sofreria um ligeiro deslocamento, devido à condição da curva da linha e do acesso à estação



### 3. ESTRUTURA DA VIA

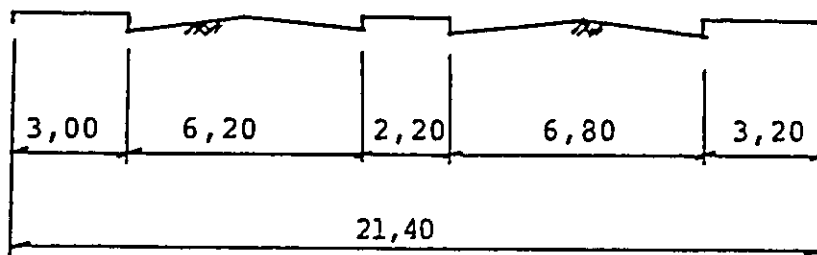
As proximidades da derivação da linha Tronco Sul passará da parede de retenção para estrutura de viaduto. A largura da Av. Carapinina seria o que o gráfico mostra. Quanto à estrutura do viaduto pode ser construída na faixa central de separação.



Há também suficiente intervalo com a rua do pedestre. Ocupará cerca de 2 até 3.mda parte da rua, nos lados direito e esquerdo, por cima.

Como mostra a figura, a estrutura da Av. Tristão Gonçalves tem estreita faixa de separação, a largura da rua também é insuficiente. O viaduto

é inviável estruturalmente, logo, não há outra modalidade a não ser túnel.



#### 4. ESTAÇÃO DE JOÃO FELIPE

Provavelmente, a estação será deslocada cerca de 200 até 300 m da localização atual devido à presença de curva na linha e para atender às condições de acesso. Felizmente, o espaço do pátio é suficiente, propiciando o desenvolvimento do plano.

É possível, auxiliar o plano adotando procedimentos tais como, providenciar a transferência dos prédios envolvidos com a carga, instalações destinadas à manutenção, promover o funciona-

mento com a nova praça da estação. O terreno aberto pode ser posto à venda, para alocar o seu resultado ao plano.

## 6. RESULTADOS DO PROJETO

A conclusão do projeto trará os seguintes resultados:

- (1) Com a eliminação da parte paralela das linhas Tronco Norte e Tronco Sul, reduz a quilometragem do trem, diminuindo o custo da marcha e outros.
- (2) Como a linha de projeto é de 2,5 km em relação à atual 4,5 km da linha Tronco Sul, pode-se dizer o mesmo do item anterior em relação ao comprimento da linha.
- (3) Como será construída uma nova estação na parte de maior linha de movimento do centro de Fortaleza, eliminará o tumulto da rua, auxiliando a dinamização e o novo desenvolvimento da cidade.
- (4) A nova estação será aproveitada pelos usuários

da estação João Felipe e novos usuários induzidos com a construção. Poderá resolver o tumulto da estação João Felipe.

- (5) A característica da estação João Felipe passará a ser uma estação intermediária deixando de ser terminal, sendo vantajoso para a construção das instalações de plataformas, estações, etc.
- (6) As linhas Tronco Norte e Tronco Sul serão ligadas como uma única linha. O resultado advindo desta ligação é extremamente grande em termos operacionais.
- (7) A comparação deste projeto com o projeto de cruzamento contínuo, para eliminar as passagens de nível da linha Tronco Sul, prevê um custo de obra aproximadamente igual ou ligeiramente maior, porém, a longo prazo, esta é melhor.

## 6. PLANO DE ELETRIFICAÇÃO E LINHA DE TRANSPORTE DE CARGA

Com o plano de eletrificação da linha

Tronco Sul surge a questão da atual linha de transporte da carga. Entretanto, após a conclusão deste projeto, se o gráfico de carga estiver limitado apenas para a operação noturna (22<sup>o</sup> até 4<sup>o</sup>), o problema de eliminação das passagens de nível será atenuado, permitindo a operação de carga na linha livre do Tronco Sul.

Pode-se dizer que o canal mais adequado para executar um transporte regular e seguro seria o canal livre da linha Tronco Sul, passando por Mucuripe, Parangaba e Maracanau, oferecido pela conclusão da linha independente, separada.

#### CONCLUINDO

- 1) Durante a execução da construção deste projeto, a ferrovia de transporte dos passageiros do subúrbio e o transporte de carga ocuparão a mesma linha;
- 2) Após a conclusão do projeto, o transporte da carga vai operar na atual linha Tronco Sul; e
- 3) Para coordenar com o projeto futuro de linha se parada para a carga, de Mucuripe a Maracanau,

a obra de cruzamento contínuo que visa a eliminação da passagem de nível localizado no trecho de 1,2 km a 4,5 km, deve ser, por ora, restrita a Av. Filomena Gomes (1 k 372 m);

- 4) Como as linhas Troncos Norte e Sul serão ligadas para formar uma única linha, basta que a estrutura do viaduto mencionado seja de sistema duplicado.

#### CONCLUSÃO

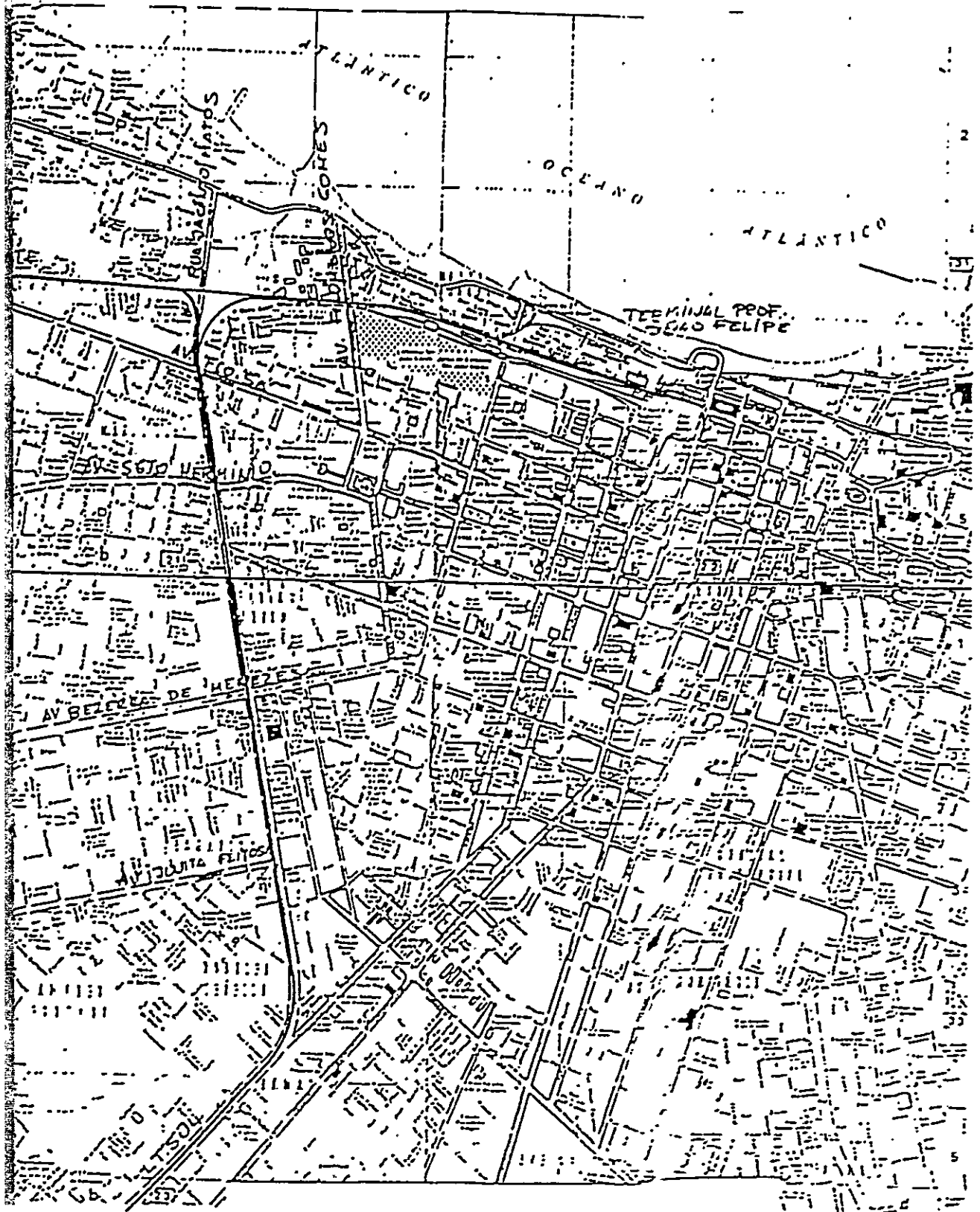
Os itens deste projeto que doravante deverão ser estudados detalhadamente são:

- 1º) comparação do custo de obra de construção do viaduto, túnel, etc., do projeto atual;
- 2º) localização das estações (cremos que seria também interessante estudar, comparativamente, a redução de cerca de 01 estação); e
- 3º) situação dos problemas estruturais e técnicos, inclusive a estação João Felipe.

Considerando que o Ministério dos Transportes tem um grande interesse na viabilização des

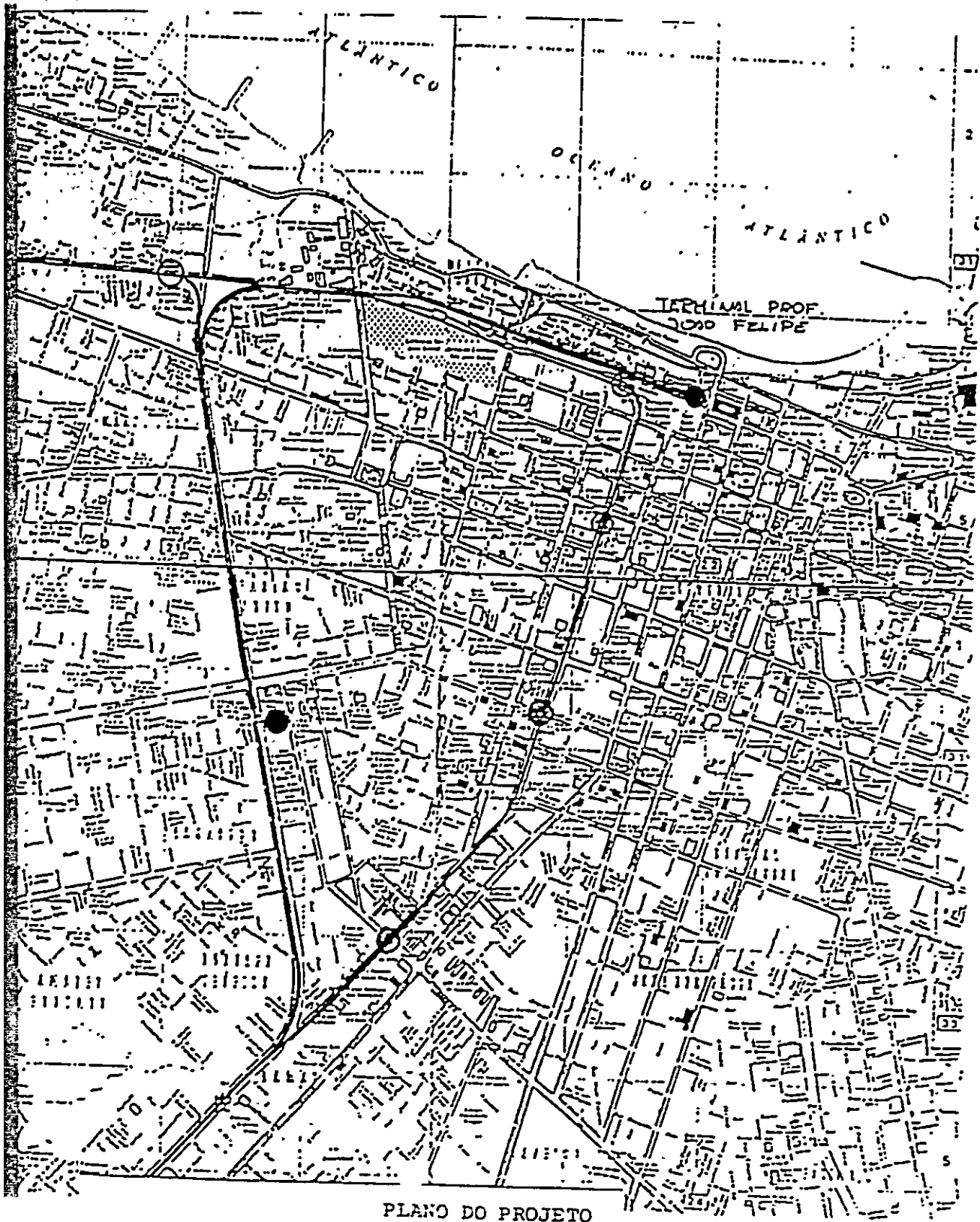
te projeto desejamos implementar e concluí-lo, para atender também ao povo de Fortaleza.

Finalizando, acrescentamos aqui que, talvez, as observações e as considerações da missão, para avaliar o projeto, não tenham sido suficientes. Isso se deve à falta de tempo que tivemos para dedicar ao estudo do plano de eletrificação no campo e, por outro lado, a CBTU havia definido, mesmo que seja momentaneamente, a sua diretriz no sentido de implementar a concepção do viaduto contínuo, para eliminar as passagens de nível. Estas situações não permitiram estudar e discutir suficientemente o assunto.

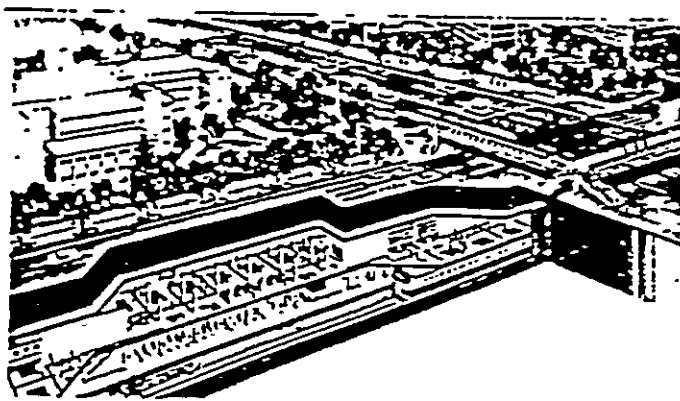
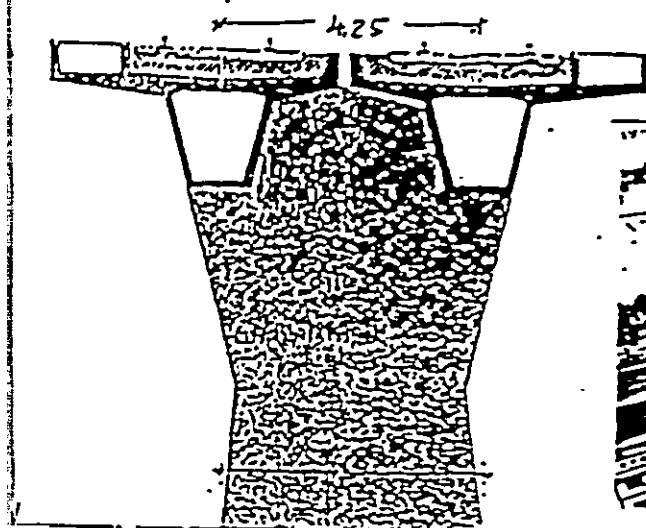
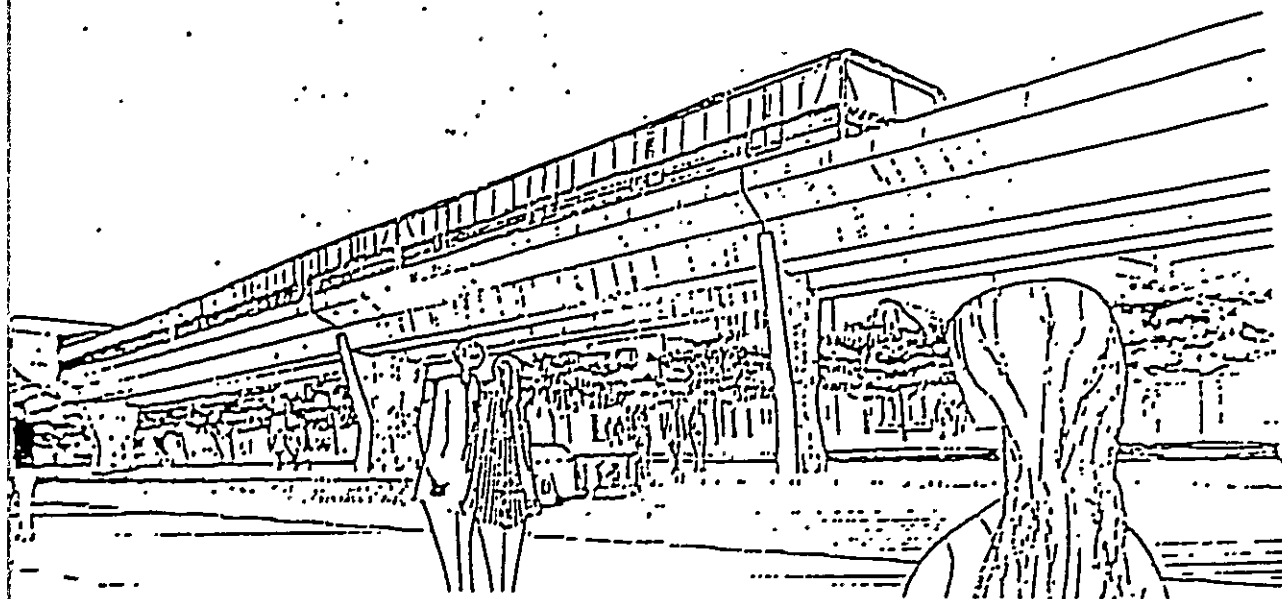
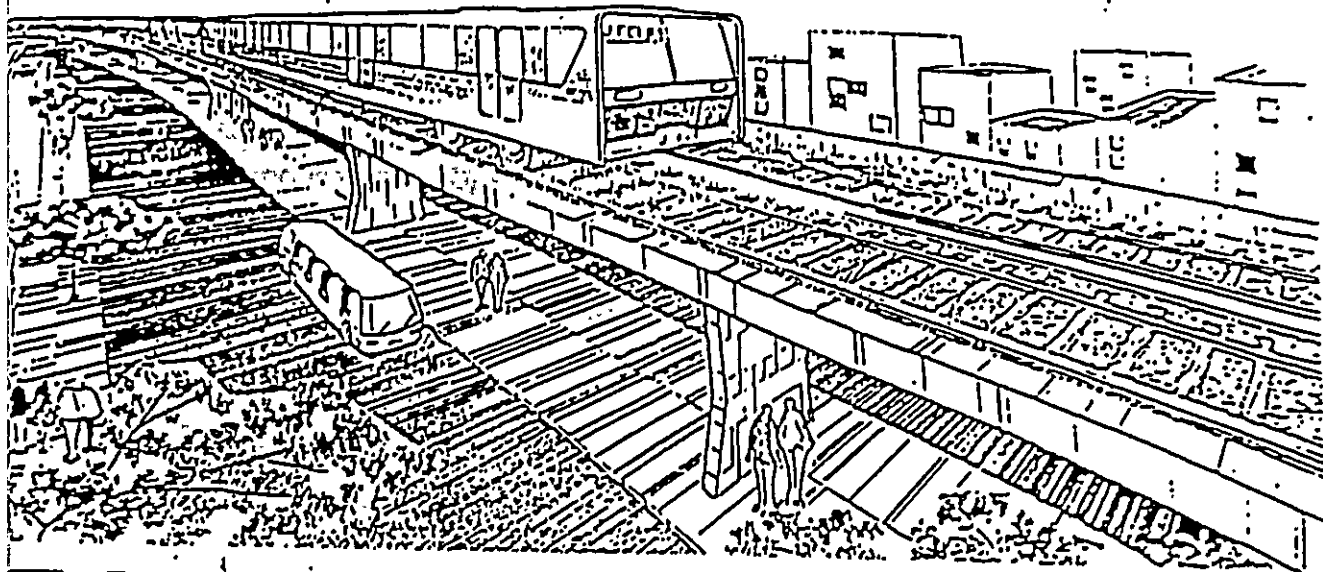


L. T. S. (ATUAL)





PLANO DO PROJETO



4,00m

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório é o resultado do estudo de um período extremamente curto de 3 meses. Não se pode dizer que o seu conteúdo esteja completo, necessitando-se de um estudo e pesquisa mais profundos. Entretanto, graças ao grande esforço e entusiasmo de CBTU, GTU e RFFS/A, voltados ao projeto, pode-se dizer que a concepção básica foi alcançada.

Apresentamos portanto, o nosso profundo agradecimento aos que nos ajudaram e orientaram, a começar pelo Ministério dos Transportes, os 03 órgãos mencionados, Companhia Concessionária de Energia Elétrica, Companhias de Telefone e demais pessoas.

