

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE CAMPINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

EXPANSÃO A CURTO PRAZO
DE REDES TELEFÔNICAS PRIMÁRIAS

JOSÉ FRANCISCO FERREIRA RIBEIRO


Orientador: PAULO MORELATO FRANÇA

094/85

Co-Orientador: HERMANO M.F. TAVARES

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Campinas, da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA.

Este exemplar corresponde à redação final da Tese defendida por José Francisco Ferreira Ribeiro e aprovada pela Comissão Julgadora em 27.09.1985.



SETEMBRO 1985

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Convicção é a crença de estar, em algum ponto do conhecimento, na posse da verdade incondicionada. Essa crença pressupõe, portanto, que há verdades incondicionadas, do mesmo modo, que foram encontrados aqueles métodos perfeitos para chegar a elas; enfim, que todo aquele que tem convicções se serve desses métodos perfeitos. Todos esses três postulados demonstram desde logo que o homem das convicções não é o homem do pensamento científico; está, diante de nós, na idade da inocência teórica e é uma criança, por adulto que seja quanto ao mais.

(Nietzsche - Humano, Demasiado Humano)

A meus pais

Lindolfo e Aparecida

A meus irmãos

Joanita

João

Meire e

Zezé

À minha mulher

Cassilda

A Márcio Casella e Vilma

AGRADECIMENTOS

A todos que de uma forma ou de outra contibui
ram para a realização deste trabalho e, em especial, a:

Cassilda, pelo amor e cumplicidade

Paulo França e Hermano, pela orientação efetiva

Amir, Renato e Nakagawa, pela ajuda

Secundino, pela iniciação

Jura e Raul, pela convivência

Flávio, Carlão e Anilton, pelo companheirismo

Bertonha, Zé Carlos, Marcius, Ronald, Marinho,
Catia, Evelin, Tadeusa, Akebo, Taka, Christiano,
Vinicius, Marquinhos, Marta e Geni

Maria Helena, Borelli, Rose, Paulo Lima, Dul
cídio, Helô, Rosana, Eliana, Ana Paula e Baldo

TELESP (Divisão Planejamento de Redes), pela
colaboração inicial

CPqD (Departamento de Redes), pelos esclare
cimentos

Luis e Edison, pelos desenhos

Júlia, pela datilografia

RESUMO

São abordados aspectos relevantes da expansão de redes telefônicas primárias a curto prazo, proposta uma metodologia para processar tal expansão e descritos três programas computacionais: DETETA, ALIVIA e LIGA, cujas implementações são apresentadas e discutidas. Também são referenciadas e comentadas visões alternativas ou complementares a este trabalho.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - O PROBLEMA DA EXPANSÃO DA REDE TELEFÔNICA PRIMÁRIA	1
1. PLANEJAMENTO DE REDES TELEFÔNICAS	2
1.1. Planejamento a Longo Prazo	4
1.2. Planejamento a Curto Prazo	6
2. A REALIDADE BRASILEIRA: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL	10
3. A REDE TELEFÔNICA URBANA	13
3.1. Caracterização	13
3.2. Detalhamento da Rede Primária de uma Central Local de Comutação	15
CAPÍTULO 2 - ASPECTOS RELEVANTES DO PROBLEMA - ALGUMAS REFLEXÕES	21
1. CALIBRE	22
2. TRATAMENTO DE ENLACE	24
3. LANÇAMENTO DE UM NOVO CABO OU DE UM TRECHO DE CABO NA REDE	25
4. INSTALAÇÃO DE CARRIERS E CONCENTRADORES ..	30
5. DISTRIBUIÇÃO DOS PARES DE FIOS AOS PONTOS DE CONTROLE	31
6. DISTRIBUIÇÃO DE CAMADAS AOS PONTOS DE CONTROLE	33

7. APROVEITAMENTO DOS CABOS PELOS PONTOS DE CONTROLE	36
8. PARES DE RESERVA	38
9. PARES MORTOS	39
10. ARMÁRIOS DE DISTRIBUIÇÃO	40
11. DUTOS	41
12. PONTOS DE CONTROLE	42

CAPÍTULO 3 - APROVEITAMENTO DE REDE: PROGRAMAS DETETA, ALIVIA E LIGA	44
1. INTRODUÇÃO	45
2. METODOLOGIA	45
3. OS PROGRAMAS	51
3.1. PROGRAMA DETETA	52
3.1.1. Abordagem	52
3.1.2. Concepção do Programa	56
3.1.3. Dados de Entrada	59
3.1.4. Dados de Saída	60
3.1.5. Fluxograma	61
3.2. PROGRAMA ALIVIA	62
3.2.1. Abordagem	62
3.2.2. O Modelo	64
3.2.3. Método de Resolução do Problema	67
3.2.4. Concepção do Programa	68
3.2.5. Dados de Entrada	71

3.2.6. Dados de Saída	72
3.2.7. Fluxograma	73
3.3. PROGRAMA LIGA	74
3.3.1. Abordagem	74
3.3.2. Concepção do Programa	82
3.3.3. Dados de Entrada	84
3.3.4. Dados de Saída	85
3.3.5. Fluxograma	87
CAPÍTULO 4 - APLICAÇÃO DOS PROGRAMAS - ESTAÇÃO DUQUE DE CAXIAS/TAQUARITINGA/SP	88
1. INTRODUÇÃO	89
2. PLANEJAMENTO - TELESP	89
3. PLANEJAMENTO - DETETA/ALIVIA/LIGA	92
4. COMENTÁRIOS	127
CAPÍTULO 5 - VISÕES ALTERNATIVAS OU COMPLEMENTARES	132
1. INTRODUÇÃO	133
2. ALÍVIO	134
3. DISTRIBUIÇÃO	137
4. OUTROS	140
5. COMENTÁRIOS	141
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE CONTINUIDADE	143

APÊNDICE: PEQUENO GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS DE TELECOMU	
NICAÇÕES	146
BIBLIOGRAFIA	161

CAPÍTULO 1

O PROBLEMA DA EXPANSÃO DA REDE
TELEFÔNICA PRIMÁRIA

1. PLANEJAMENTO DE REDES TELEFÔNICAS*

A comunicação à distância que o telefone propicia, influenciou o modo de vida das pessoas e determinou uma nova velocidade em todas as esferas do relacionamento humano. Hoje, as necessidades de comunicação do homem moderno são supridas, em parte, pelo uso do telefone.

A integração de novos e ponderáveis segmentos da população ao sistema telefônico é solicitada de forma crescente e isto faz com que as redes telefônicas tenham sua estrutura física constantemente alterada.

Estas alterações devem ser providenciadas através da elaboração de um planejamento, onde se procura atender aos novos valores de demanda de terminais, assegurando a qualidade do serviço oferecido ao menor custo possível. Para tanto, é preciso que se aproveite ao máximo os atuais investimentos em rede e equipamentos e que na análise das alternativas das novas facilidades que deverão se incorporar à rede, sejam consideradas as inovações tecnológicas.

Neste sentido, o primeiro passo para planejar a expansão de uma rede telefônica é o levantamento do seu estado atual em termos de equipamentos, cabos e estruturas existentes. O conhecimento do espaço ainda aproveitável nos dutos e, principalmente, da ociosidade dos cabos, podem levar a economias signifi

(*) As possíveis dúvidas quanto à terminologia utilizada neste trabalho podem ser dirimidas no Apêndice.

cativas no projeto de expansão.

A abordagem técnica correta deste típico problema de tomada de decisões é a formulação de um problema matemático que satisfaça ao mesmo tempo determinadas restrições e requisitos tecnológicos e que tenha como objetivo encontrar a estratégia mais econômica para atender a demanda durante um certo período.

Por se tratar de um problema de grande porte, caracterizado pela presença de não linearidades e de um grande número de variáveis discretas, atacá-lo globalmente é um caminho que o bom senso nos ensina a evitar.

Uma solução possível é promover-se uma decomposição do estudo no tempo e no espaço, dividindo o problema através de uma hierarquização dos objetivos. Isto permite que se possa trabalhar com problemas menores, sem comprometer a qualidade da solução.

A seguir (ítems 1.1 e 1.2) são apresentados os Planejamentos de Redes Telefônicas a Longo Prazo e a Curto Prazo. Tanto num caso como no outro, o modelo adotado não considera a Rede Secundária, dado que esta não representa uma parcela otimizável no nível de detalhamento adotado. Em termos de custo, a Rede Secundária participa com um percentual da ordem de 15% do custo total da expansão de um sistema telefônico, enquanto que a Rede de Troncos participa com 20%, a Estação Telefônica com 30% e a Rede Primária com 35% [39].

1.1. Planejamento a Longo Prazo [1]

Existe* uma metodologia integralmente nacional para se efetuar o planejamento da expansão de redes telefônicas locais a longo prazo. Nesta metodologia, optou-se por um horizonte de planejamento da ordem de 20 anos, suficientemente amplo para permitir estudos de mudanças tecnológicas, mas nem tanto a ponto de debilitar a importância dos sistemas existentes e esvanecer as informações necessárias ao longo do período. O período total é dividido em sub-períodos, através dos quais se processa a evolução da rede atual para uma certa rede alvo do ano meta.

A primeira decomposição efetuada vem da metodologia clássica, e consiste em separar o problema da localização de centros de fios, do problema de interligá-los.

Na etapa de localização de centros de fios, a hierarquização de objetivos corresponde a responder sequencialmente as questões de onde, quando e como crescer. Questiona-se ainda a viabilidade de se colocar concentradores na rede. As respostas são fornecidas, respectivamente, pelos programas LOCUS [2], CROWNOS [3], PEOR [4] e PALCO [5].

(*) Este trabalho foi desenvolvido no Setor de Otimização e Engenharia de Sistemas do Departamento de Engenharia Elétrica da UNICAMP, em convênio com o CPqD (desde março de 80) e com o Departamento de Planejamento da TELEBRÁS (desde março de 81). O projeto foi impulsionado pela necessidade de uma orientação segura para a expansão das redes telefônicas brasileiras, face à iminente transição da tecnologia analógica para a digital.

O programa LOCUS determina, para o ano horizonte, a localização ótima de novos centros de fios e ampliação dos existentes. Ele faz uma "fotografia" otimizada da rede, que satisfaz a demanda e incorpora inovações tecnológicas aproveitando ao máximo os atuais investimentos em rede e equipamentos.

O CRONOS, alimentado por informações provenientes do LOCUS, encontra o cronograma ótimo de entrada para os novos centros de fios, ou ampliação dos antigos, ao longo do período de planejamento. Tais entradas devem atender às necessidades de crescimento da demanda.

O PEOR, conhecendo as metas estabelecidas pelo LOCUS e o cronograma de entrada em operação dos novos centros de fios (fornecidos pelo CRONOS), estabelece a evolução dinâmica da rede ao longo do período de planejamento. Partindo da rede existente no ano-base, ele busca alcançar as metas do ano-horizonte, fornecendo para cada estágio do período de planejamento os cortes de área otimizados. Neste processo, ele procura otimizar o aproveitamento da rede existente.

O PALCO verifica se é conveniente colocar concentradores nas redes fornecidas pelo PEOR. Em caso afirmativo, verifica onde, e quantos, concentradores colocar.

O problema da interligação das centrais é também hierarquizado de acordo com dois objetivos: Que centro de fios devem ser interligados entre si e com que demandas de circuitos e apôs, como rotear estes circuitos. No primeiro caso, temos o entroncamento e no segundo o roteamento. O entroncamento não faz

parte do escopo de trabalho da equipe da UNICAMP.

No roteamento a longo prazo, como no caso de localização de centrais, devemos tirar uma "fotografia" do ano-horizonte, o roteamento alvo, e evoluir a cada sub-período de planejamento, atendendo a demanda e tendo como objetivo o alvo, e como restrições a estrutura de roteamento pré-existente no sub-período imediatamente anterior, que não deve sofrer alterações marcantes. Os programas que aqui dão conta das questões são o PORRUS e o PORULP [6].

O programa PORRUS, que pode ser utilizado para o projeto de roteamento a curto prazo, é usado para se obter o roteamento alvo. O programa PORULP faz a evolução do roteamento no tempo.

1.2. Planejamento a Curto Prazo [8],[9],[44],[45]

No planejamento a curto prazo a atenção maior é com o esgotamento da capacidade dos cabos da rede primária devido ao crescimento da demanda de assinantes ou aos seus deslocamentos. Ele não tem compromisso com transformações mais radicais na rede telefônica instalada, como é o caso do planejamento a longo prazo.

Em decorrência, os estudos de planejamento a curto prazo são realizados somente sobre a área de influência de uma central local; este planejamento deve garantir que o número de

pares de fios disponíveis nas diferentes rotas que partem da central seja suficiente para atender a demanda de assinantes nos pontos de controle existentes ao longo destas rotas.

A instalação de novos cabos na rede, uma das medidas para garantir a disponibilidade de pares, não deve ser providenciada antes que se tenha examinado todas as possibilidades de se atender economicamente as necessidades com as facilidades existentes.

Mudanças na distribuição, colocação de armários de distribuição e instalação de pequenos trechos de cabos são alguns expedientes de baixo custo que podem ser utilizados para retardar a instalação de cabos de grandes extensões e altas capacidades. Os carriers e os concentradores podem ser usados quando aplicáveis e economicamente viáveis.

A qualidade de um plano de expansão pode ser avaliada através de um parâmetro chamado TAXA DE OCUPAÇÃO:

$$\text{taxa de ocupação} = \frac{\text{nº de pares demandados}}{\text{nº de pares disponíveis}}$$

O objetivo é planejar uma configuração de rede, na qual não se verifique ociosidade dos pares de fios e nem se afete a margem de segurança operacional exigida pelo sistema:

$$\begin{array}{ccc} \text{limite inferior} \leq & \text{taxa de ocupação} \leq & \text{limite superior} \\ \downarrow & & \downarrow \\ \text{ociosidade} & & \text{segurança} \end{array}$$

Apesar de ser fisicamente possível colocar em uso todos os pares de um cabo existente, isto pode não ser desejável do ponto de vista administrativo e de serviço. Experiências têm mostrado que a taxa de ocupação máxima ideal (limite superior) de uma rota situa-se em torno de 85%.

O atendimento dos assinantes dentro de valores razoáveis de taxa de ocupação não deve ser conseguido de maneira "cega", estática, considerando um único estágio de planejamento de 1 ou 2 anos. A adoção de uma política mais consequente pode ser conseguida através de estudos dinâmicos, baseados em projeções de demanda para vários estágios. Assim, é possível adotar soluções de curto prazo tendenciadas para alvos de médio (ou longo) prazo e procurando convergir gradualmente para padrões de aproveitamento médio da rede pré-estabelecidos por diretrizes mais gerais.

Por outro lado, é preciso verificar o efeito das decisões de alívio (lançamento de um novo cabo, de um trecho de cabo, mudanças na distribuição, etc.) sobre a transmissão.

O comprimento das linhas de assinantes determina a resistência e a atenuação do enlace, podendo tornar o sinal de comunicação insatisfatório. Também, o limite de supervisão da central pode ser ultrapassado, o que compromete a sinalização.

Para contornar estes problemas, pode-se aumentar o calibre dos cabos ou se promover o tratamento de enlace. A escolha de uma destas alternativas, da mesma forma que na questão do alívio, exige um estudo comparativo de custos.

Dada a diversidade das variáveis que influem no estabelecimento de uma alternativa de expansão, a abordagem do problema deve ser concebida através do enfoque de decomposição de objetivos. Mais uma vez trata-se de "dividir para otimizar", abandonando as pretensões de construir um modelo global do problema e obter ótimos absolutos em favor de hierarquizar os objetivos para poder definir um conjunto de soluções viáveis.

2. A REALIDADE BRASILEIRA: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL*

Em 1982, a taxa de ocupação média do STB (Sistema Telefônico Brasileiro) em localidades com menos de 1000 terminais era de 43,1% e em localidades com mais de 1000 terminais era de 53,9% (Informações mais detalhadas podem ser encontradas na Tabela 1.1).

Estes números preocupavam ainda mais quando se verificava que até o ano de 1982, a taxa de ocupação geral do STB vinha caindo em média 1% ao ano.

A previsão, desde que se conseguisse reverter esta tendência de queda, era a de que se chegasse no ano de 1986 com taxas de ocupação médias de 54,1% para localidades com menos de 1000 terminais e de 62,2% para localidades com mais de 1000 terminais.

As causas desta situação foram identificadas em um estudo feito em 1981, e são as seguintes:

- 1ª) inexistência ou falhas de documentos cadastrais
- 2ª) estruturas e métodos gerenciais dos órgãos de expansão de redes inadequados
- 3ª) ausência de planejamento de redes

(*) As informações contidas neste item foram extraídas do texto que serviu de base para uma palestra proferida na TELEBRÁS sobre as atividades desenvolvidas pela "Gerência de Ocupação da Rede" [45].

GERÊNCIA DE OCUPAÇÃO DA REDE

METAS DE OCUPAÇÕES DA REDE
1983-1986

EMPRESAS	LOCALIDADES COM MENOS DE 1.000 FERRIAIS										LOCALIDADES COM MAIS DE 1.000 FERRIAIS										
	OCUPAÇÃO DA REDE A.2.1					PARES DEFEITUOSOS A.2.3					OCUPAÇÃO DA REDE A.2.2					PARES DEFEITUOSOS A.2.4					
	82	83	84	85	86	82	83	84	85	86	82	83	84	85	86	82	83	84	85	86	
NORTE	TELEAMA	47,0	49,0	53,0	57,0	66,0						53	52,0	66,0	78,0	66,0					
	TELEAMAZON	57,1	45,0	55,0	60,0	64,0	2	1,5	1,5	1,5	1,5	60,3	62,0	65,0	67,0	73,0	3,0	3,2	3,0	3,0	3
	TELEMAPA	56,8	67,1	73	77	79	2,9	4,5	3,8	3,1	2,6	51	53	68	71	70	8,5	4,5	3,8	3,1	2
	TELEPARÁ	55,2	56	57	58	60	3,7	4,5	3,8	3,7	2,6	57,8	53,5	59,0	62,0	65,0	4,8	4,5	3,8	3,1	2
	TELEFOR	45,15	48	52	51	50	0,32	8,24	0,2	0,2	0,2	56,7	54	62	64	65	2,3	2,0	1,5	1,5	1
	TELEACRE	60	59,3	66,0	64,0	70,9	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	66,0	66,8	66,4	73,8	77,2	1,0	2,2	2,3	2,0	2
	TELEMA	61,9	60,9	64,2	63,0	63,6	0,5	0,76	0,61	0,51	0,51	68,9	72,2	71,6	72,0	72,3	4,0	3,5	3,3	3,3	3
NORDESTE	TELEPISA	62,3	66,0	66,0	69,0	70,0	1,0	1,0	1,9	1,0	1,0	66,8	65,0	69,0	69,0	70,0	2,6	2,8	2,7	2,6	2
	TELECEARA	61,1	49,6	52,4	55,3	59,3	2,8					60,3	54,8	55,0	59,2	62,2	2,8				
	TELEEN	60,9	63,0	63,0	64,0	66	0,9					59,8	62,0	63,0	66,0	67,0	5,5	4,0	3,0	2,6	2
	TELEPA	67,9	63,03	63,50	64,66	66,87	1,3					63,1	66,25	66,98	61,35	70,0	1,7	1,8	1,5	1,5	1
	TELEPE	62,3	54,0	60,0	60,0	62,0	1,0	2	1,8	1,5	1,2	51,7	54,0	57,0	57,0	60,0	2,1	2,0	1,7	1,5	1
	TELEMA	73,1	74	74	74,5	75,1	3,1		2,8	2,0	1,0	73,6	73,6	73,6	74,0	74,5	8,00		8,0	5,0	2
	TELEGRUPE	54,2	60,0	63,1	64,4	65,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	69,0	70,4	59,2	65,0	66,0	2,1	2,1	2,0	1,83	1
C.OESTE	TELEBANHA	52,97	55,42	57,0	58,5	60	0,7					61,5	62,5	63,0	64	65	1,7				
	TELEBRASÍLIA	45,92	49,07	54,62	55,57	54,64						54,19	54,13	55,76	57,75	59,05	2,99				
	TELEGOIÁS	51,0	54,5	56,5	58	59,5	0,7					61,6	57	59,5	61,5	62,0	2,7	2,8	3,0	2,75	2
	TELEMAT	49,5	49	49	56	60	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	55,0	56,7	60,0	63,0	64,0	1,4	1,5	1,3	1,3	1
SUDESTE	TELEST	41,1	40,0	38,0	46	54	0,7					55,1	57,5	55,8	54,01	61,01	3,1	33	3,09	2,90	2
	TELEMIG	52,30	52,90	52,00	58	60	2,5					55,38	56,45	53,5	55	58	4,0				
	TELERJ	42,2	45,4	45,5	46,6	46,6	1,8					51,4	55,0	54,3	55,2	56,0	6,3				
	CETEL											60,6	60,21	63,11	63,51	64,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1
	TELESP	42,3	45,5	47,5	48,9	51,1	2,9					54,7	54,5	56,7	58,0	61,0	2,7	2,7	2,0	1,4	2
	CIOC											57,1	57,0	59,0	59,0	62,0	3,65				
SUL	TELEPAR	52,0	53,5	54,8	56,0	57,1						60,1	60,1	62,5	63,8	65,0					
	TELESC	43,5	44,0	44,5	45,0	45,5	2,2					56,0	58,0	58,5	59,0	59,5	2,3				
	CRT	42,1										46,7		52,0	54,1	55,3	3,1				
	CINR	74	77	78	79	80	0,2					50,4	58	66	70	70	0,9				
	MÉDIA	43,1				54,1						53,9				62,2					
MÉDIA - SIB					60					1,5					65						

Tabela 1.1

- 4ª) ausência de interação entre os órgãos de expansão e de operação da rede
- 5ª) órgãos de planejamento e de projetos centralizados

Diante deste quadro, a TELEBRÁS tomou algumas medidas, entre as quais a criação da "Gerência de Ocupação da Rede" e o estabelecimento das seguintes metas de ocupação para 1986:

- . 60% para localidades com menos de 1000 terminais
- . 65% para localidades com mais de 1000 terminais

Para tanto, ao lado de um controle rígido do orçamento da expansão da rede, a TELEBRÁS recomenda para as empresas - polo, o controle de qualidade nos cadastros de redes e um estudo de reorganização das atividades de expansão, tal que as mesmas sejam executadas com menor prazo de execução, pronto atendimento da demanda de pares, economicidade e altas ocupações.

Deste esforço, a TELEBRÁS espera obter no período 1983-1986 um ganho de ocupação anual superior a 1,5% no STB.

3. A REDE TELEFÔNICA URBANA

3.1. Caracterização

Esta caracterização é necessária para a formulação do problema de planejamento. Ao nível de interesse do problema aqui tratado, uma rede telefônica urbana pode ser compreendida pela Fig. 1.2.

Um elemento essencial para o funcionamento de uma re de telefônica é a central local de comutação.

A comunicação entre dois assinantes só é possível por que ambos estão conectados a uma central local.

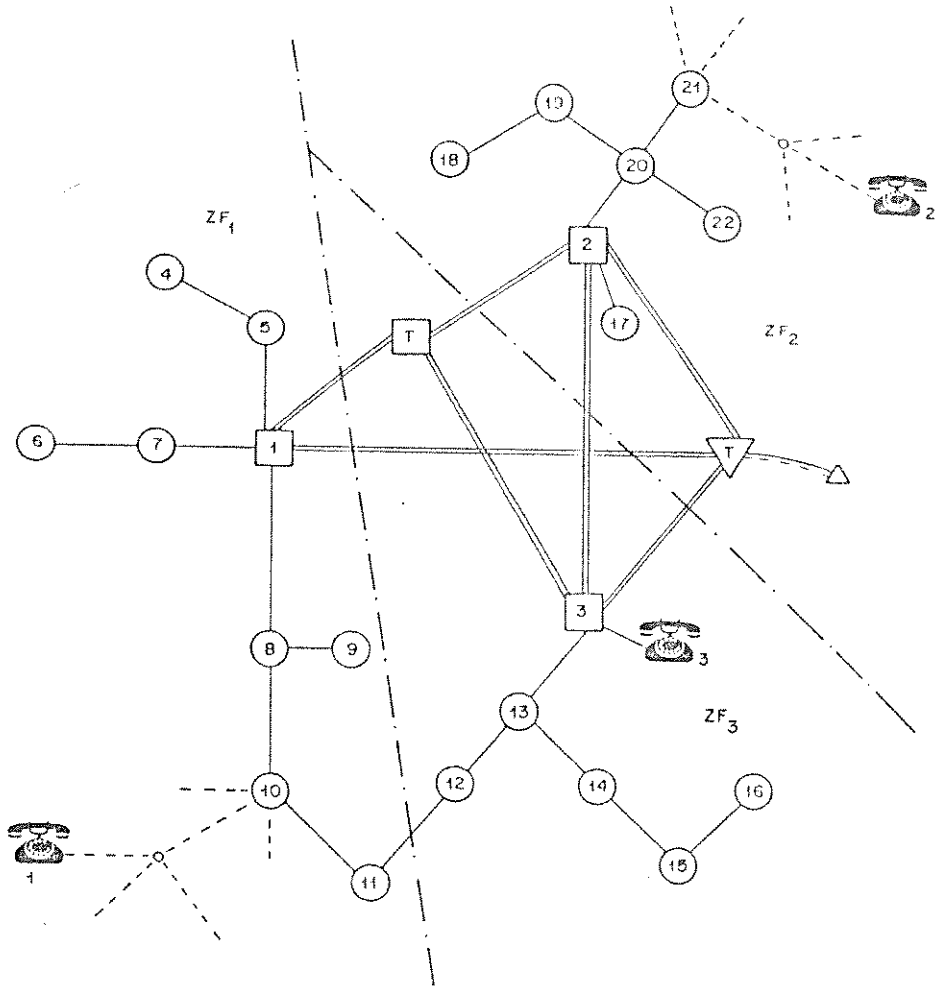
É da central que partem os cabos que constituem a re de primária, também chamada de rede de alimentação. A rede primária, em geral, é subterrânea.

Estes cabos caminham da central até caixas subterrâneas que se localizam em diferentes pontos de uma cidade, conhecidos por pontos de controle.

É dos pontos de controle que partem os cabos que constituem a rede secundária, também chamada de rede de distribuição. A rede secundária, em geral, é aérea.

Estes cabos caminham dos pontos de controle até caixas de distribuição que, por sua vez, ligam os usuários à rede*.

(*) É possível que hajam assinantes diretamente ligados à central, sem que estejam conectados aos pontos de controle; são os assinantes diretos (ver Fig. 1.2, usuário 3).



[j] central local j

ZF_j zona de filiação da central j

[T] central tandem

— rede primária

▽ central trânsito

---- rede secundária

(i) ponto de controle i

== rede de troncos

○ caixa de distribuição

≡≡≡ rede interurbana

☎ usuário

----- fronteiras das zonas de filiação

Figura 1.2 - Modelo de Rede Urbana

Cada central local serve uma certa região da cidade chamada de zona de filiação, também conhecida por área de influência da central.

Cada ponto de controle serve uma certa sub-região da cidade chamada de seção de serviço.

Uma cidade pode possuir mais de uma central local. A interligação entre as várias centrais é feita por uma rede de cabos chamada de rede de troncos.

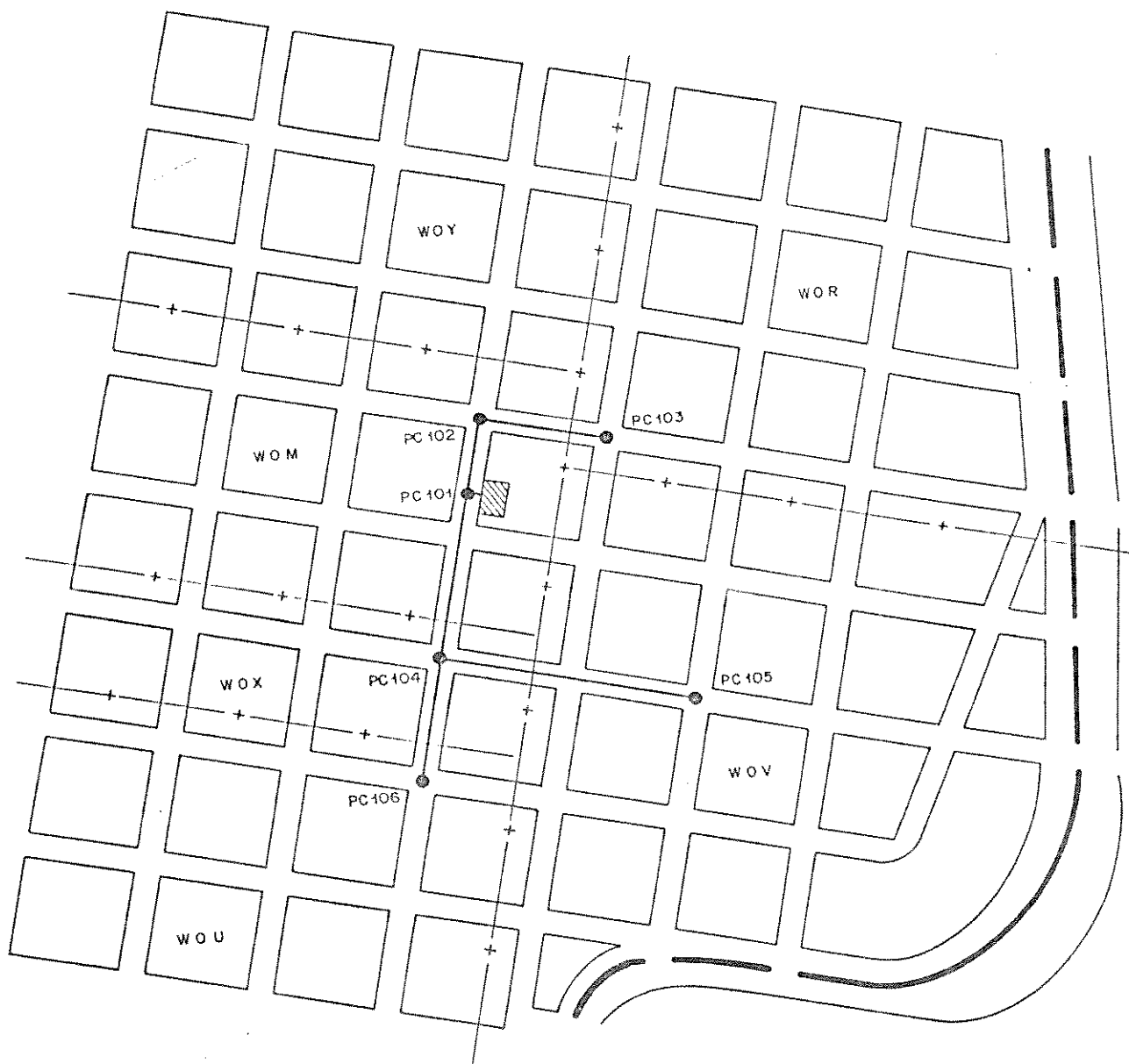
A central tandem, diferentemente das outras, não tem assinantes filiados a ela e serve apenas para baratear e facilitar o entroncamento entre as diferentes centrais.


A central trânsito é a responsável pelo encaminhamento das chamadas interurbanas.

3.2. Detalhamento da Rede Primária de uma Central Local de Comutação


As seções de serviço têm as suas demandas de linhas telefônicas satisfeitas através de cabos conectados entre a central local e os pontos de controle que as alimentam. Os cabos são constituídos de pares de fios, e cada seção de serviço existente ao longo de uma rota, absorve para si uma certa quantidade de destes pares.

Para que isto possa ser melhor compreendido, vamos nos utilizar de duas figuras: Fig. 1.3 e Fig. 1.4.




 central telefônica

 ponto de controle e caixa subterrânea

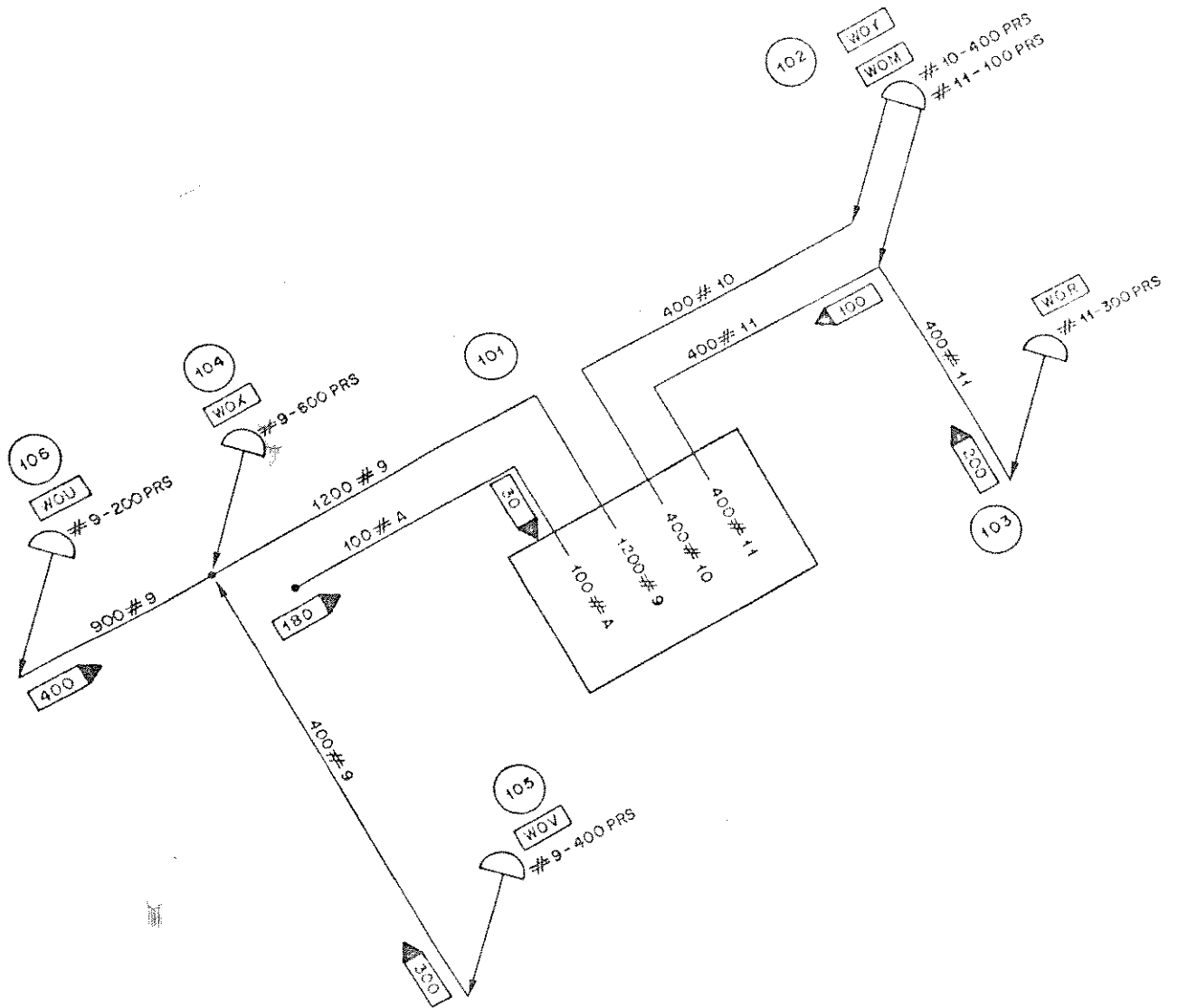
 rotas

WOX, WOY, seções de serviço

 limite entre uma seção de serviço e outra

 trecho

Figura 1.3 - Rede Primária Instalada sobre a Planta de uma Cidade



(101), (102) pontos de controle

WOX, WOY seções de serviço

☂ armário

100 → distância da central

400 # 10 cabo 10, 400 pares

Figura 1.4 - Detalhamento da Rede Primária da Figura 1.3

A Fig. 1.3 mostra a rede primária referente a uma central local de comutação instalada sobre a planta de uma cidade. Nela, podemos identificar a central local, a rede de cabos alimentadores e as seis seções de serviço.

A Fig. 1.4 mostra, detalhadamente, os cabos existentes nas rotas da rede primária da Fig. 1.3.

Em tal rede, existem 6 pontos de controle (PC 101, PC 102, PC 103, PC 104, PC 105 e PC 106), de onde podem ser extraídos os pares de fios para satisfazer a demanda nas 6 seções de serviço existentes (WOY, WOM, WOR, WOX, WOV, WOU).

A alimentação destes pontos de controle é feita através de duas rotas que transportam os 4 cabos que partem da central: cabo A, cabo 9, cabo 10 e cabo 11 com modularidades iguais a 100, 1200, 400 e 400 pares respectivamente.

Com exceção do PC 101, que não atende nenhuma seção de serviço, os demais PCs aproveitam a capacidade disponível nos cabos para atender uma ou mais seções de serviço.

O cabo A é conhecido como cabo de reserva, pois seus pares de fios (também chamados de pares de reserva) estão conectados apenas no Distribuidor Geral da central local e desconectados no outro extremo.

Os cabos 9, 10 e 11, diferentemente do cabo A, estão conectados nos dois extremos. Os pares de fios destes cabos que estiverem em serviço, ou seja, atendendo algum usuário são chamados pares terminados. Caso contrário, são chamados pares vagos.

O cabo 9 (1200 pares) está ligado aos PCs 104, 105 e 106, que atendem às seções de serviço WOX (600 pares), WOV (400 pares) e WOU (200 pares) respectivamente.

O cabo 10 (400 pares) está ligado ao PC 102 que atende às seções de serviço WOY e WOM (400 pares).

O cabo 11 (400 pares) está ligado aos PCs 102 e 103 que atendem às seções de serviço WOY e WOM (100 pares) e WOR (300 pares).

Nesta rede, os pares de fios não se encontram multiplados, ou seja, eles estão conectados em apenas uma caixa de distribuição. Caso os pares de fios estivessem conectados em mais de uma caixa de distribuição, esta seria uma Rede Múltipla.

Como esta rede não tem multiplagem nas caixas de distribuição e é caracterizada pela presença de armários nos pontos de controle, dizemos que ela é uma Rede Flexível.

Os armários são equipamentos onde é feita a conexão entre a rede primária e a rede secundária. Sua instalação nos pontos de controle de uma rede, introduz flexibilidade na mesma. Nas redes que não possuem armários, a conexão entre as redes primária e secundária é feita através de emendas diretas, o que produz uma configuração rígida na mesma. Ajustes menores de carga, acompanhados de mudanças de distribuição das caixas terminais, transferências de fios, etc., podem ser melhor executados através dos armários; daí a flexibilidade que o armário introduz nas redes.

Observe a trajetória do cabo 9: Ele sai da central , passa pelo PC 101 e atinge o PC 104 com 1200 pares. No PC 104 ele sofre duas emendas, das quais uma atinge o PC 106 com 900 pares e a outra atinge o PC 105 com 400 pares. Ou seja, no PC 104 entram 1200 pares e saem 1300 pares. Portanto, 100 destes 1300 pares não podem atender nenhum assinante, pois não existe o correspondente deles na central. Estes são os chamados pares mortos.

Não está dito na Fig. 1.4, qual o calibre dos cabos A, 9, 10 e 11. Porém dado que o ponto de controle que está situado à maior distância da central é o PC 106 (400 metros) e que esta distância não é suficiente para provocar uma atenuação considerável no sinal (a resistência do enlace é baixíssima), pode - -se supor que estes cabos são de pequenos calibres e que são não-pupinizados.

CAPÍTULO 2

ASPECTOS RELEVANTES DO PROBLEMA -
ALGUMAS REFLEXÕES

Para processar a expansão de uma rede telefônica primária, o planejador dispõe de vários recursos, tais como:

- lançamento de um novo cabo na rede.
- lançamento de um trecho de cabo na rede.
- instalação de carriers e concentradores.
- rearranjos na distribuição dos pares de fios.
- etc.

A fim de assegurar um sinal de comunicação satisfatório, pode-se:

- aumentar o calibre dos cabos.
- promover o tratamento de enlace.

Este capítulo aborda estas questões, assim como relata algumas reflexões acerca das mesmas.

1. CALIBRE [9]

Os cabos telefônicos se encontram disponíveis nos seguintes calibres: 0.32 mm, 0.40 mm, 0.50 mm e 0.65 mm.

Aos valores de atenuação provocados pelo comprimento das linhas de assinante, associa-se um destes calibres, capaz de assegurar a qualidade de transmissão.

As Tabelas 2.1 e 2.2, extraídas de [44], exemplificam esta questão.

CABOS	CALÍBRES			
		40	50	65
400		40	50	65
600		40	50	65
900		40	50	65
1200		40	50	
1500		40		
1800		40		
2400		40		
3600	32			

Tabela 2.1 - Modularidades e Calibres dos Cabos

CALÍBRE m m	ATENUAÇÃO dB/KM		RESISTÊNCIA Ω /KM
	NÃO PUP.	PUP.	
0,32	1,90	—	450
0,40	1,55	1,14	273
0,50	1,31	0,78	171
0,65	0,99	0,48	106

Tabela 2.2 - Características dos Cabos

A necessidade de se utilizar cabos de calibre mais grossos e conseqüentemente mais caros pode ser evitada através da promoção de tratamento de enlace. Tal decisão deve ser tomada com base em um estudo comparativo de custos.

2. TRATAMENTO DE ENLACE

O tratamento de enlace se refere à pupinização e à utilização de extensores de enlace e repetidores de frequência de voz.

a. Pupinização [14]

A pupinização deve ser adotada como primeira solução para manter os limites de transmissão dos cabos. Os principais motivos para a pupinização de cabos são as necessidades de redução da atenuação e de uma melhor uniformidade de impedância.

b. Extensor de Enlace [15]

Deverão ser utilizados nos casos específicos, extensores de enlace que manterão a corrente mínima necessária para a supervisão do equipamento de comutação e para alimentação da cápsula transmissora. Deverão ser utilizados extensores de 48 volts

(E-48), apropriados para serem usados em cabos com pupinização ou sem pupinização.

c. Repetidor de Frequência de Voz [9]

Os repetidores de frequência de voz (RFV) devem ser utilizados na recuperação do excesso da atenuação introduzida pelas linhas. Determinada a necessidade, os RFV devem ter características específicas para cabos pupinizados e cabos não-pupinizados.

3. LANÇAMENTO DE UM NOVO CABO OU DE UM TRECHO DE CABO NA REDE [8],[10]

Se por um lado é desejável que os cabos disponíveis na rede primária apresentem um alto valor de taxa de ocupação, pois isto traduz uma utilização eficiente dos mesmos; por outro, é preciso manter uma certa margem de segurança operacional no sistema, de modo a não comprometer o atendimento da demanda.

Uma das finalidades do lançamento de um novo cabo na rede é justamente a promoção de um alívio nas taxas de ocupação dos cabos pertencentes a uma determinada rota, que não está mais operando satisfatoriamente em virtude da alta ocupação.

A instalação de pequenos trechos de cabos cumpre a função de aliviar as taxas de ocupação dos trechos super-ocupados ,

de modo a retardar o lançamento de um novo cabo ao longo de toda a rota. Como se trata de um expediente de baixo custo, pois utiliza pequenas extensões de cabos de capacidade reduzida, a sua viabilidade deve ser testada em primeiro lugar.

Os cabos telefônicos existem à disposição no mercado em capacidades padronizadas (modularidades) de, por exemplo, 400 pares, 600 pares, 900 pares, etc. Uma vez detectada a necessidade de mais pares de fios num certo período de planejamento, para atender a demanda num ponto de controle de uma determinada rota da rede primária, a satisfação desta necessidade deverá ser feita com a modularidade ou combinação de modularidades que representar a melhor opção em termos de serviço e economia.

O número de furos ainda disponíveis para utilização na rede de dutos subterrâneos que confinam os cabos da rede primária pode ser uma variável decisiva na definição da melhor modularidade ou combinação de modularidades a adotar. Como cada cabo instalado ocupa um furo da rede de dutos, alternativas de solução que usem menos furos podem ser mais atraentes que aquelas que usam mais furos, mesmo que as segundas apresentem um "custo de cabo" menor que as primeiras.

Para facilitar a compreensão das questões envolvidas no problema de se lançar cabos/trechos de cabos na rede primária, a seguir são montados três cenários de expansão na rota mostrada pela Figura 2.3.

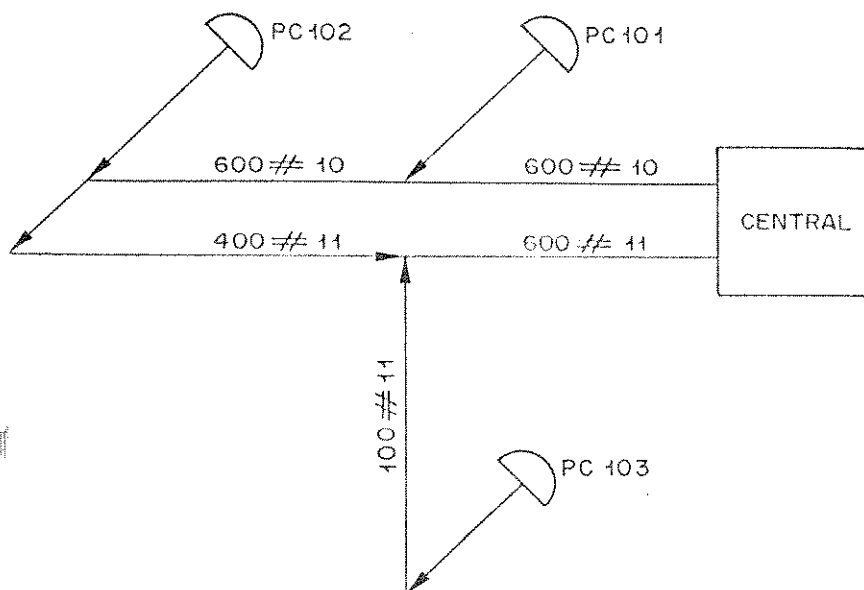


Figura 2.3 - Esquemático de cabos de uma das rotas que partem da central

1º CENÁRIO:

Após a realização de estudos de demanda, verificou-se a necessidade de mais pares de fios no próximo período de planejamento para atender o PC 101; os demais PCs continuarão a trabalhar com folga e, portanto, não estão a exigir expansão.

Uma solução possível seria instalar um novo cabo no trecho entre a central e o PC 101. Se, para realizar este serviço, tem-se à disposição cabos de 400, 600, 900 e 1200 pares, qual a melhor opção? 400 pares (1 furo), 600 pares (1 furo), 800 pares (2 furos), ...? O valor da taxa de crescimento da demanda neste PC entre outros fatores a analisar é que poderá responder a esta pergunta.

Outra solução possível seria alterar a distribuição dos pares de fios aos pontos de controle, remanejando-os dos pontos de controle que estão trabalhando com folga para aqueles que estão trabalhando em situação crítica; no nosso caso, dos PCs 102 e 103

para o PC 101. Desta forma, evita-se o lançamento de um novo cabo na rota.

Também pode-se testar a viabilidade de se instalar um carrier ou concentrador, etc.

2º CENÁRIO:

Após a realização de estudos de demanda, verificou-se a necessidade de mais pares de fios no próximo período de planejamento para atender o PC 103; os demais PCs não estão a exigir expansão.

Uma solução possível seria a instalação de um trecho de cabo entre PC 101 e o PC 103, que passaria a constituir mais uma ramificação do cabo 11.

Também pode-se providenciar a substituição do trecho de cabo entre o PC 101 e o PC 103 com capacidade igual a 100 pares por outro trecho de cabo de maior capacidade, etc.

3º CENÁRIO:

Após a realização de estudos de demanda, verificou-se que todos os pontos de controle estão a exigir expansão para o próximo período de planejamento.

A solução pode ser, por exemplo, o lançamento de um novo cabo no trecho central - PC 101 - PC 103. Neste caso, qual a modularidade do cabo entre a central e o PC 101? E entre o PC 101 e o PC 103? A mesma? Ou o valor da taxa de crescimento de demanda,

diferente para os dois pontos de controle, talvez indique uma modularidade diferente para cada trecho em questão?

Outra solução, praticável somente se a distribuição dos assinantes e a topografia da área da estação permitirem, é providenciar o alívio num sentido de penetração alternativo. Assim, o novo cabo pode ser projetado para servir ao duplo propósito de aliviar a área congestionada e possibilitar o atendimento de novas áreas ao longo da rota alternativa.

Uma vez detectado o déficit de pares de fios em cada período de planejamento que pesa sobre cada trecho da rota que está sob estudo, faz-se necessária a realização de um estudo de engenharia econômica para que se possa comparar os custos associados a cada decisão. Trata-se de examinar os custos relativos em se efetuar o alívio pelos diversos métodos possíveis ou para se examinar a validade de se fazer um dispêndio de capital, comparado com o adiamento desse dispêndio pelo uso mais eficiente da rede existente*.

(*) Segundo [9], os serviços em cabos ou rotas de cabos que estão na condição de saturação podem ser considerados sob duas classificações gerais:

- 1) Alívio por Expansão: Consiste no lançamento de um cabo adicional na rede existente.
- 2) Medidas para Retardar o Alívio por Expansão: Consiste na instalação de trechos de cabos, mudanças na distribuição, etc.

No caso específico de se optar pelo lançamento de novos pares de fios na rede, na forma de novos cabos ou de trechos de cabos, é necessário determinar a melhor modularidade ou combinação de modularidades a adotar para cada trecho da rota em estudo, assim como o número de furos utilizados.

4. INSTALAÇÃO DE CARRIERS E CONCENTRADORES

A finalidade principal da instalação de carriers e concentradores é a de elevar o grau de utilização da rede primária, através de um maior aproveitamento dos terminais existentes. Procura-se com isso economia em termos de cobre, com um mínimo de deterioração do serviço oferecido. Há, no entanto, uma contrapartida nesta economia de pares de fios, que é o custo do equipamento. Do confronto entre aquele benefício e este custo, deve-se levantar qual a política mais adequada para a implantação de carriers e concentradores.

a. Concentradores [7],[40]

O concentrador é um equipamento capaz de ligar N assinantes à sua central através de um número P ($P < N$) de canais que serão disputados pelos N assinantes.

O concentrador de linha digital TRÓPICO C, desenvolvido no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS, em Campinas,

SP, é um sistema que concentra 192 assinantes em 32 canais transmitidos através de um multiplex de divisão em tempo (PCM).

b. Carrier [16],[17]

O carrier - multiplex por divisão de frequências - também é conhecido por Sistema de Ondas Portadoras. Além de permitir economia de cobre, ele é particularmente útil para resolver temporariamente problemas de engenharia.

Existem dois tipos de carriers, um chamado Sistema de Ondas Portadoras Monocanal para Assinantes, projetado para fornecer um segundo circuito de voz sobre um par de fios existente, e o outro chamado Sistema de Ondas Portadoras Multicanal para Assinantes, projetado para prover um número de 8 canais por sistema .

5. DISTRIBUIÇÃO DOS PARES DE FIOS AOS PONTOS DE CONTROLE

A quantidade de pares de fios distribuídos aos pontos de controle deve ser determinada com base nas taxas de crescimento da demanda em cada ponto de controle.

O objetivo é planejar uma configuração de distribuição das facilidades disponíveis, onde os pares vagos existam em maior quantidade nos pontos de controle que atendem seções de serviço que apresentem os maiores incrementos de demanda ao longo do tempo.

Assim, os riscos de se ter que ficar fazendo rearranjos na rede toda vez que novos assinantes a ela se incorporam, serão menores e, em decorrência, a administração do sistema ficará mais fácil e os custos operacionais tenderão a diminuir.

A Figura 2.4 mostra, para um determinado período de planejamento, o aproveitamento de um dos cabos existentes ao longo de uma das rotas que partem da central. Este cabo distribui a sua capacidade aos pontos de controle PC 103, PC 104, PC 105 e PC 107. Os demais PCs devem estar, provavelmente, aproveitando a capacidade de outros cabos. A questão é determinar quantos pares de fios do total disponível neste cabo (= 1200 pares) devem ser distribuídos a cada ponto de controle.

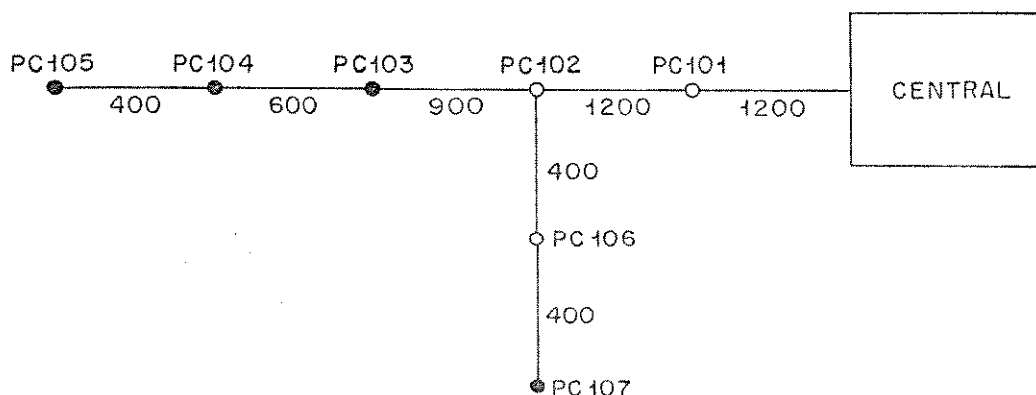


Figura 2.4

Sendo x, y, z, t o número de pares de fios distribuídos respectivamente ao PC 103, PC 104, PC 105 e PC 107, tem-se:

$$\left. \begin{array}{l}
 t \leq 400 \text{ pares} \\
 z < 400 \text{ pares} \\
 y + z \leq 600 \text{ pares} \\
 x + y + z \leq 900 \text{ pares} \\
 x + y + z + t < 1200 \text{ pares}
 \end{array} \right\}$$

Uma vez respeitadas estas restrições, o passo seguinte é observar a taxa de crescimento da demanda em cada ponto de controle e promover uma repartição ótima dos pares de fios do cabo em questão.

6. DISTRIBUIÇÃO DE CAMADAS AOS PONTOS DE CONTROLE

Um cabo é dividido em camadas. Um cabo de 1200 pares , por exemplo, é constituído de 24 camadas de 50 pares cada uma, ou em 12 camadas de 100 pares cada uma, etc.

Uma regra de utilização das camadas dos cabos é a de se distribuir as camadas internas do cabo para os pontos de controle mais distantes da central e ir utilizando as camadas seguintes para os outros pontos de controle, conforme estes vão se deslocando em direção à central.

A Figura 2.5 mostra um cabo com capacidade igual a 1200 pares. Isto pode ser traduzido como sendo 12 camadas de 100 pares cada uma. Estas 12 camadas estão disponíveis aos pontos de controle PC 102, PC 103 e PC 105.

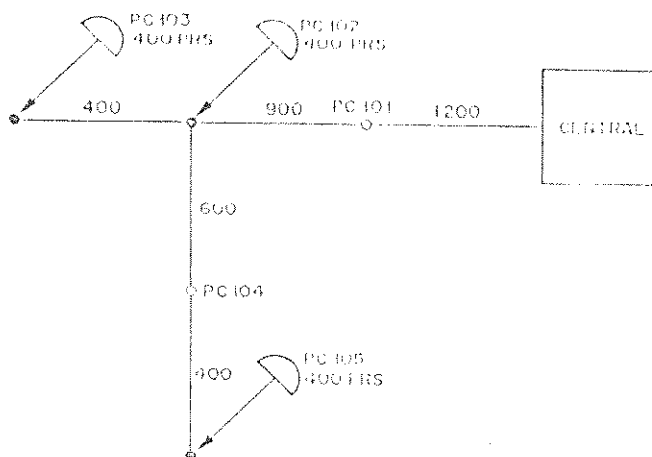


Figura 2.5

As seguintes definições são necessárias:

CAMADAS EXISTENTES: São as camadas que se encontram disponíveis no trecho que antecede cada ponto de controle. No exemplo, as camadas existentes para o PC 102 são 9, para o PC 103 são 4 e para o PC 105 são 4.

CAMADAS DISTRIBUÍDAS: São as camadas que se encontram distribuídas aos pontos de controle no período atual de planejamento. No exemplo, as camadas distribuídas para o PC 102 são 4, para o PC 103 são 4 e para o PC 105 são 4.

CAMADAS PROPOSTAS: Configuram uma alternativa de distribuição das camadas para o próximo

período de planejamento, cuja quantidade foi definida no estudo apresentado no item anterior. No exemplo, as camadas propostas poderiam ser 5 para o PC 102, 3 para o PC 103 e 4 para o PC 105.

A configuração atual das camadas do cabo, bem como a alternativa de configuração para o próximo período de planejamento estão esquematizadas no Diagrama 2.6.

PC 103	Camadas existentes												
	Camadas distribuídas												
	Camadas propostas												
PC 102	Camadas existentes												
	Camadas distribuídas												
	Camadas propostas												
PC 105	Camadas existentes												
	Camadas distribuídas												
	Camadas propostas												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Diagrama 2.6 - Diagrama de Derivação dos Pontos de Controle

A tal alternativa pode ser associado um custo de emendas

e desemendas e uma determinada taxa de ocupação de cada ponto de controle. O que se deseja é encontrar a alternativa de menor custo e com taxa de ocupação dentro de padrões pró-definidos.

7. APROVEITAMENTO DOS CABOS PELOS PONTOS DE CONTROLE

¶ Em uma rota são instalados vários cabos que colocam seus pares de fios à disposição dos pontos de controle existentes ao longo da mesma. A questão é saber de que cabos cada ponto de controle deve extrair suas necessidades e quantas camadas serão aproveitadas de cada um.

Quando um ponto de controle extrai n camadas de um cabo que possui um total de N camadas, ficam restando $(N-n)$ camadas para serem distribuídas aos demais pontos de controle por onde este cabo passa. Se outro ponto de controle extrair mais n' camadas, ficam restando $(N-n-n')$ camadas; e assim sucessivamente.

Por conseguinte, qualquer decisão que for tomada no que diz respeito a um ponto de controle, acaba interferindo nas decisões que virão a ser tomadas nos outros pontos de controle de uma mesma rota. Como avaliar a situação, para que as decisões sejam tomadas, exige a análise global de toda a rota.

A Figura 2.7 ilustra este problema: o PC 102 extrai, no atual período de planejamento, 300 pares do cabo 11. No máximo período de planejamento, para poder atender a demanda, este PC deverá estar extraindo 400 pares. Que fazer?

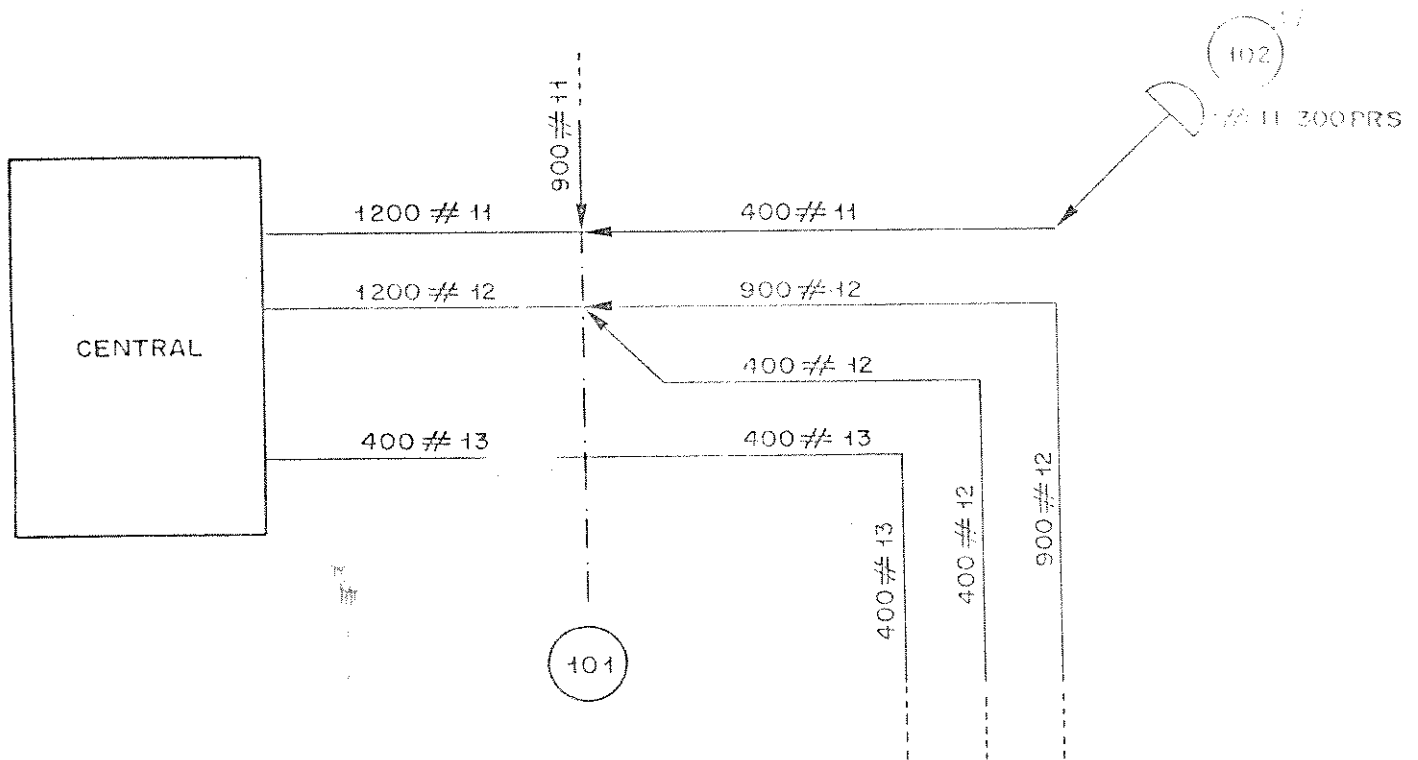


Figura 2.7

Continuar extraíndo pares exclusivamente do cabo 11 , visto que este dispõe de 400 pares passando por ali? Isto interferiria na outra derivação do cabo 11 de 900 pares.

Continuar extraíndo os 300 pares do cabo 11 e passar a extrair mais 100 pares do cabo 12? De que derivação do cabo 12 ; da de 400 ou da de 900?

Continuar extraíndo os 300 pares do cabo 11 e passar a extrair mais 50 do cabo 12 e mais 50 pares do cabo 13?

Enfim, trata-se de um problema do tipo combinatório, onde as decisões tomadas em um local exercem influência sobre a configuração de toda a vizinhança.

8. PARES DE RESERVA

Um ponto de controle existente em uma rota traz no trecho que a antecede, uma oferta de pares de fios que deve ser suficiente para atender a demanda de pares de fios nos pontos de controle que o sucedem. Caso a oferta seja menor que a demanda, o trecho (ou trechos) que antecede(m) o ponto de controle em questão, estão necessitando de um reforço nas suas capacidades.

Entretanto, a presença de um cabo de reserva na rede (dispêndio antecipado de capital), pode fazer com que surja uma situação, na qual os trechos que antecedem determinado ponto de controle não precisem de reforço, mas somente do aproveitamento deste cabo de reserva.

A Figura 2.8 ilustra esta situação.

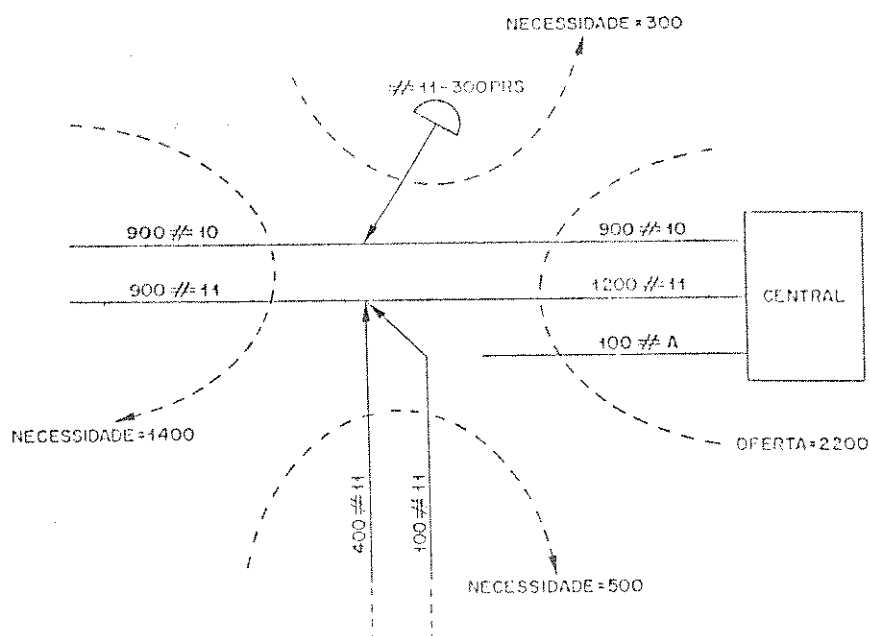


Figura 2.8

A oferta de pares de fios satisfaz a necessidade desde que o cabo de reserva A seja aproveitado. Como aproveitá-lo? Ligando - o ao cabo 10? Ou ao cabo 11? Em que derivação do cabo 11?

Igual ao caso do item anterior, trata-se de um problema do tipo combinatório. Uma solução possível é fornecida pela Figura 2.9.

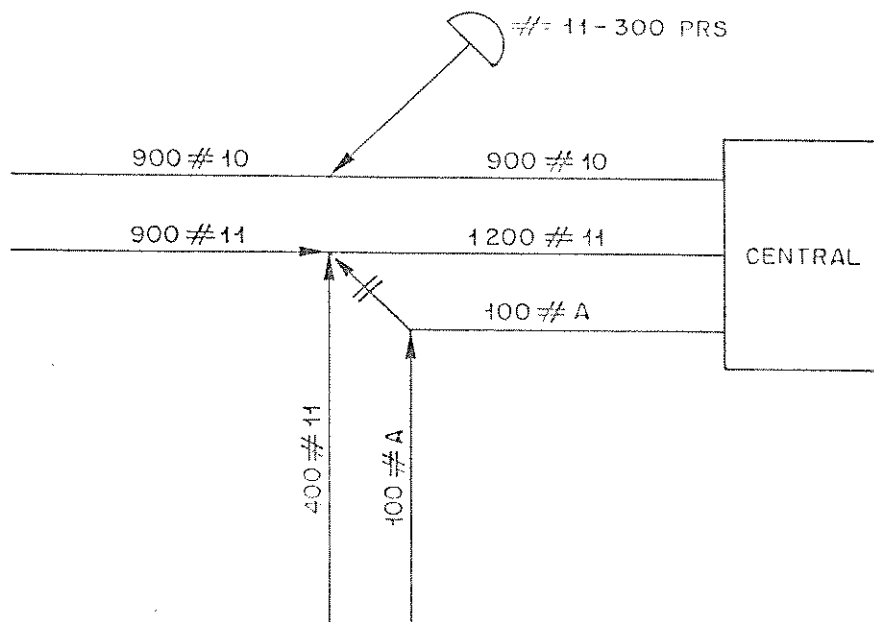


Figura 2.9

9. PARES MORTOS

A existência de pares mortos nas redes primárias é fruto da incerteza em relação ao crescimento da demanda de assinantes. Uma vez que o planejamento é elaborado com base nos valores

de demanda prevista, o par morto na rede se torna uma precaução contra os possíveis problemas advindos de erros de previsão.

A Figura 2.10 mostra a presença de pares mortos na rede: antes do PC 101 o cabo 10 possui 1200 pares; depois o cabo possui uma derivação LESTE com 900 pares e uma derivação SUL com 400 pares, o que totaliza 1300 pares.

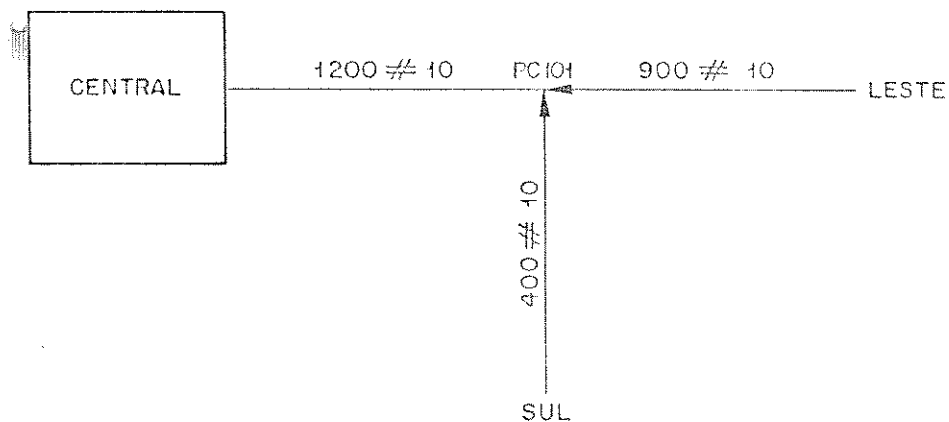


Figura 2.10

Caso a demanda de assinantes apresente maior crescimento na direção LESTE, a derivação LESTE poderá contar com 900 pares e a derivação SUL com 300 pares. Caso contrário, atitude análoga.

10. ARMÁRIOS DE DISTRIBUIÇÃO [8],[11],[12],[13]

O armário de distribuição é um dispositivo que inter

conecta a rede de alimentação à rede de distribuição*. Todos os pares alimentadores e distribuidores são terminados no armário para facilitar a interconexão entre quaisquer um deles.

O armário deve ser dimensionado para as necessidades finais das seções de serviço que atender, baseado na previsão da demanda a longo prazo (15 a 20 anos).

Os armários são particularmente úteis para se conseguir alto uso da rede existente retardando o alívio por expansão, devido à flexibilidade que introduz na mesma:

- 19) Serviços como mudanças de distribuição, transferência de fios, etc., podem ser melhor executados através dos armários.
- 29) É o meio mais prático de agrupar os pares vagos, isola os pares defeituosos, facilita o serviço de testes, etc.

11. DUTOS

A rede de dutos subterrâneos que confina os cabos alimentadores deve ser construída através da otimização do compromisso

(*) A conexão entre as redes primária e secundária pode prescindir do uso do armário. Neste caso, a conexão entre as duas redes é feita emendando-se uma à outra diretamente.

so entre o interesse em minimizar o comprimento dos trajetos pontos de controle-central e o interesse em fazer com que estes trajetos sejam coincidentes [39].

Apesar dos cabos alimentadores serem dimensionados em função dos índices de crescimento anuais da demanda, a rede de dutos deve ser dimensionada para a demanda final (15-20 anos), aproveitando-se a economia de escala oriunda de se instalar dutos com grande número de furos quando da abertura e fechamento das valas. Caso contrário, ao lançamento de novos cabos na rede estaria associada a necessidade de se abrir e fechar valas, o que, além de penalizar a população com a interdição de ruas e outros tipos de inconvenientes, implicaria em maiores custos.

12. PONTOS DE CONTROLE

A abertura de novos pontos de controle na rede faz parte do elenco de alternativas a ser examinado nos planos de expansão:

Uma política de expansão pode, por exemplo, decidir pela ampliação do comprimento das rotas existentes ou pela construção de rotas alternativas, etc., após empreender estudos em que são considerados fatores diversos como operacionalidade do sistema, custos, aspectos urbanísticos, etc. Nestes casos, novos pontos de controle serão adicionados à rede.

Também, quando a capacidade do armário instalado em um ponto de controle esgota-se, a abertura de um novo ponto de controle é uma hipótese a ser considerada, pois substituir este armário com capacidade esgotada por outro de maior capacidade é "uma operação difícil e onerosa" [11].

Nestas situações, o problema está em se determinar qual o melhor ponto para se instalar o novo ponto de controle (problema de localização) e em se determinar através de que caminho este novo ponto de controle irá se ligar à rede telefônica instalada.

O Programa PLOTTER [39] resolve este problema.

CAPÍTULO 3

APROVEITAMENTO DE REDE:
PROGRAMAS DETETA , ALIVIA E LICA

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, é proposta uma METODOLOGIA para se processar as expansões a curto-prazo e apresentados os PROGRAMAS DETETA, ALIVIA e LIGA.

O objetivo da METODOLOGIA e dos PROGRAMAS é contribuir para melhorar o aproveitamento da rede existente e nesse sentido se coadunam com as intenções do STB (Sistema Telefônico Brasileiro) de aumentar gradativamente o percentual de ocupação das redes brasileiras.

2. METODOLOGIA

O problema da expansão de redes telefônicas primárias a curto prazo é de grande complexidade devido à diversidade de variáveis que influem no estabelecimento de uma alternativa de expansão. Em decorrência, a construção de um modelo global do problema que pudesse fornecer ótimos absolutos como solução deve ser abandonada - dada a sua impraticabilidade - em favor de se hierarquizar os objetivos (decompondo-os) e definir um conjunto de soluções factíveis.

Assim é que o problema está pensado em 4 etapas, a saber:

- ETAPA DE DETECÇÃO
- ETAPA DE ALÍVIO

- ETAPA DE ARRUMAÇÃO
- ETAPA DE DISTRIBUIÇÃO

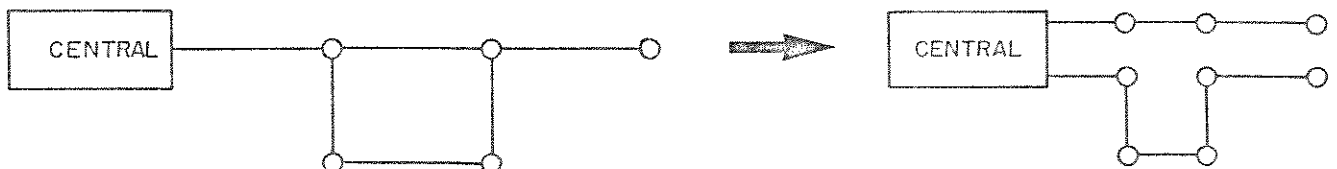
A contribuição específica de cada uma destas etapas ao trabalho de planejamento é apresentada a seguir:

(I) DETECÇÃO

Cabe à etapa de DETECÇÃO levantar os deficits de pares de fios existentes em cada trecho da rede para todos os períodos de planejamento considerados. (Entende-se por deficit de pares de fios a diferença entre a quantidade de pares ofertados no trecho considerado e a demanda ali prevista para um dado período de planejamento.)

Exige-se para se efetuar estes cálculos, que a rede primária tenha a configuração de uma árvore* (Fig. 3.1): Das pontas da rede, caminha-se pelas rotas de cabos em direção à central, calculando para cada trecho o deficit de pares.

* Caso a rede não possua a configuração de árvore, deve-se criar pontos de controle artificiais de tal modo que a rede passe a ser uma árvore. Por exemplo:



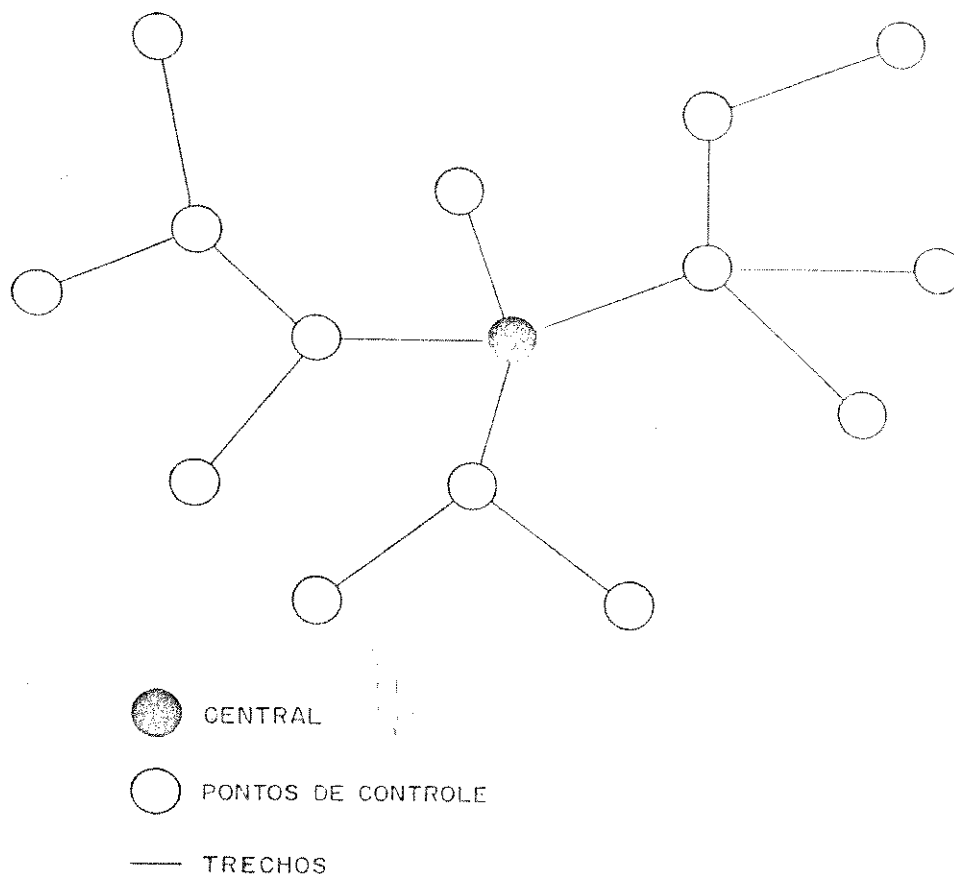


Fig. 3.1 - Configuração de árvore

Como os deficits devem ser apontados por calibre, também cabe à etapa de DETECÇÃO determinar qual o calibre dos pares para cada trecho da rede. Para tanto, é necessário considerar os níveis mínimos de supervisão do equipamento de comutação, de atenuação e resistência de enlace a fim de garantir um sinal de comunicação satisfatório. A utilização de expedientes, tais como a pupinização, extensores de enlace e repetidores de frequência de voz, que constituem o chamado "tratamento de enlace" deve ser estudada.

(II) ALÍVIO

Cabe à etapa de ALÍVIO providenciar a adição dos reforços na rede exigidos na etapa de DETECÇÃO. Para tanto, é necessária a realização de um estudo* de engenharia econômica com o objetivo de encontrar, dentre as diversas alternativas de solução possíveis, aquela que apresenta menor custo.

Um deficit de pares de fios detectado num certo trecho da rede pode ser erradicado das seguintes maneiras:

- 1º) Lançamento de um novo cabo ou de um trecho de cabo na rede.

Neste caso, qual a melhor modularidade(s) do cabo ou do trecho de cabo? Qual o número de duto(s) utilizado(s)? Será necessária a construção de novos dutos? Qual o melhor período de planejamento para lançá-lo na rede?

- 2º) Instalação de carriers.

Neste caso, em quais pontos de controle? Quantos? Monocanal? Multicanal? Em qual período de planejamento?

- 3º) Instalação de concentradores.

* Deve-se destacar o caráter dinâmico deste estudo; um procedimento estático, que levasse em conta apenas um período de planejamento, não permitiria a obtenção de soluções de curto prazo tendenciadas para alvos de médio ou longo prazo.

Neste caso, em quais pontos de controle? Quantos? Em qual período de planejamento?

Um estudo comparativo de custos entre as alternativas constitui uma base para a tomada de decisão.

(III) ARRUMAÇÃO

Cabe à etapa de ARRUMAÇÃO alocar na rede os reforços decididos na etapa de ALÍVIO. Tal tarefa exige que sejam feitas algumas arrumações na rede instalada para factibilizar a solução decidida na fase anterior.

A Fig. 3.2 mostra uma situação, onde foi decidido o lançamento de um trecho de cabo de 400 pares entre o PC 102 e o PC 103.

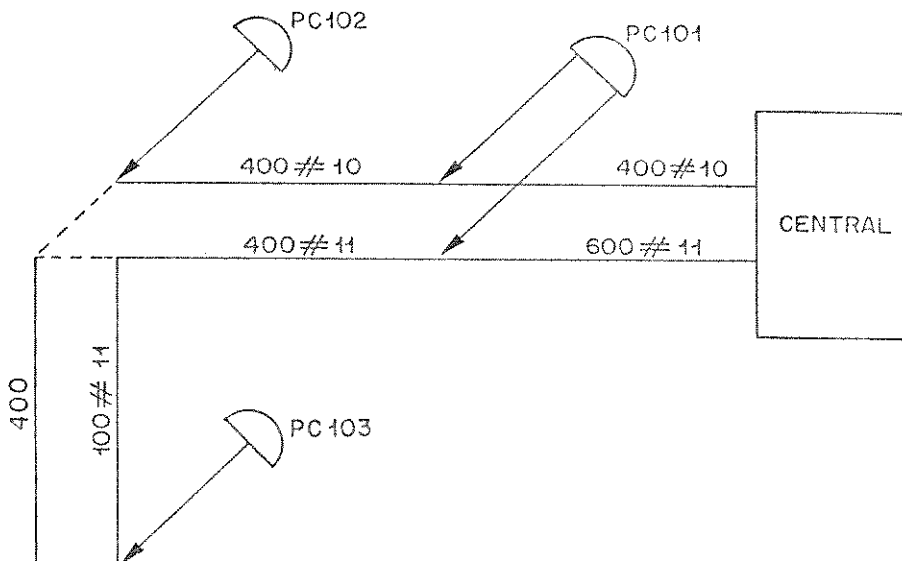


Figura 3.2

Qual a melhor opção, emendá-lo ao cabo 10 ou ao cabo 11? Caso ele fosse emendado ao cabo 10, o PC 101 não poderia passar a extrair seus pares somente do cabo 11?

(IV) DISTRIBUIÇÃO

Cabe à etapa de DISTRIBUIÇÃO definir quantas e quais camadas de cada cabo devem ser distribuídas aos pontos de controle que servem.

Tal definição deve se orientar pela taxa de crescimento da demanda nos pontos de controle, procurando situar a oferta de pares distribuídos dentro de faixas percentuais pré-estabelecidas.

Por outro lado, deve ser contemplado o interesse em se minimizar o número de emendas e desemendas de pares de fios.

OBSERVAÇÃO: Decisões como a construção de rotas alternativas na rede, o prolongamento de uma rota, a substituição de cabos por outros de maior capacidade, a instalação de armários (rede flexível) etc., devem ser tomadas extra-metodologia, uma vez que esta tem como único objetivo assegurar que a rede instalada seja capaz de atender a demanda de assinantes em cada período de planejamento - filosofia de curto-prazo.

3. OS PROGRAMAS

Das tarefas destinadas a cada uma das etapas da metodologia proposta, tiveram tratamento computacional as seguintes:

- detecção de deficits de pares de fios → PROGRAMA DETETA
- lançamento de novos pares de fios para cobrir estes deficits → PROGRAMA ALIVIA
- distribuição dos pares de fios aos pontos de controle → PROGRAMA LIGA

As operações específicas da etapa de ARRUMAÇÃO, bem como outras operações relacionadas com as outras etapas de planejamento, tais como instalação de carriers e concentradores (etapa de ALÍVIO), decisão sobre a melhor composição de calibres dos cabos e utilização de tratamento de enlace (etapa de DETECÇÃO), ainda não tiveram tratamento computacional.

3.1. PROGRAMA DETETA

Este programa detecta para cada período de planejamento o deficit de pares de fios (nos diferentes tipos de calibres) existente em cada trecho da rede.

3.1.1. Abordagem

O problema será abordado estudando-se a rede da Fig. 3.3. Para simplificar a exposição, a rede é suposta ser uma árvore e todos os seus cabos possuem calibre 0.40 mm.

Os valores de demanda em cada ponto de controle para os períodos considerados são fornecidos pela Tab. 3.1. Estes valores estão aumentados em 10% para alguns pontos de controle, em 25% para outros, etc., conforme o planejador julgou conveniente para manter o padrão de atendimento da demanda pré-fixada para os diferentes pontos de controle.

Os comprimentos e as capacidades de cada trecho da rede estão relacionados na Tab. 3.2.

Em cada período de planejamento, a capacidade do trecho 1 deve ser suficiente para atender a demanda nos pontos de controle PC 101, PC 102, PC 103 e PC 104; a capacidade do trecho 2 deve ser suficiente para atender a demanda nos pontos de controle PC 102 e PC 103; a capacidade do trecho 3 deve ser suficiente para atender a demanda no ponto de controle PC 103 e a capacidade do trecho 4 deve ser suficiente para atender a dem^{anda} no ponto de controle PC 104.

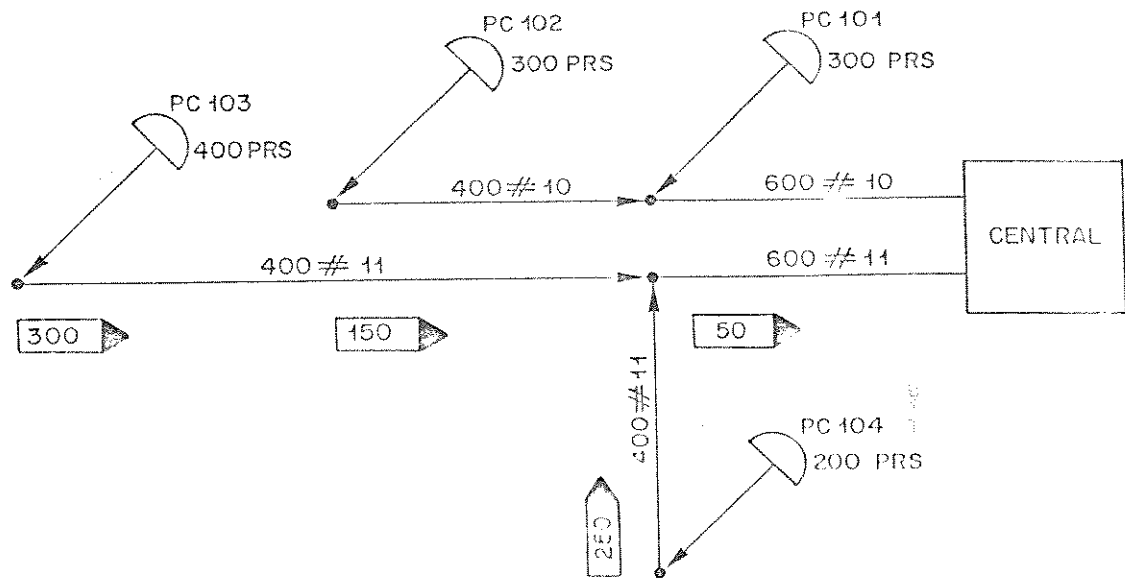


Figura 3.3

PONTO DE CONTROLE	Demanda (pares)		
	ATUAL	1988	1990
PC 101	104	120	145
PC 102	200	218	220
PC 103	372	420	470
PC 104	197	219	291

Tabela 3.1

Trecho	Ponto de controle que antecede	Comprimento (metros)	Capacidade (pares)
1	PC 101	50	1200
2	PC 102	100	800
3	PC 103	150	400
4	PC 104	200	400

Tabela 3.2

Assim sendo, a demanda em cada trecho da rede, é dada pela soma das demandas nos pontos de controle que atende. A Tab. 3.3 mostra a demanda em cada trecho da rede para os períodos de planejamento considerados.

TRECHO	Demanda (pares)		
	ATUAL	1988	1990
1	873	977	1126
2	572	638	690
3	372	420	470
4	197	219	291

Tabela 3.3

Isto feito, é fácil calcular os deficits (ou superavits) existentes em cada trecho da rede para todos os períodos de planejamento: $DEFICIT = CAPACIDADE - DEMANDA \text{ NO PERÍODO}$. A Tab. 3.4 mostra os resultados destes cálculos.

TRECHO	Deficit ou Superavit - (pares)		
	ATUAL	1988	1990
1	327	223	74
2	228	162	110
3	28	-20	-70
4	203	181	109

Tabela 3.4

Foi encontrado deficit apenas no trecho 3, que antecede o PC 103 e possui 150 metros de comprimento. Este deficit é de 20 pares em 1988 e de 70 pares em 1990. Os pares são de calibre 0.40 mm.

3.1.2. Concepção do Programa

O PROGRAMA DETETA foi concebido para detectar deficits de pares de fios em redes com configuração de árvore. A central e os pontos de controle constituem os nós da árvore. Os trechos da rede constituem os arcos.

A Fig. 3.4 mostra a "árvore equivalente" da Fig. 3.3 para utilização do PROGRAMA DETETA.

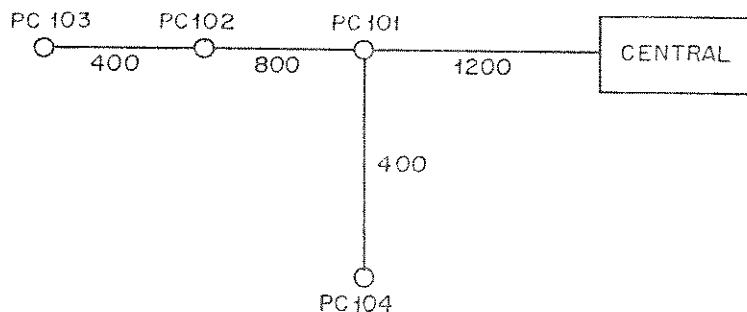


Figura 3.4

O que o programa faz é promover uma "desarborescência" na rede, começando pelas pontas da mesma até a central. Para tal, define-se:

GRAU DE UM NÓ = número de arcos a que o nó está ligado.

Na rede-exemplo da Fig. 3.3,

GRAU (PC 103) = 1

GRAU (PC 104) = 1

GRAU (PC 102) = 2

GRAU (PC 101) = 3

GRAU (central) = 1

O programa começa a trabalhar por um nó de GRAU 1 (ponta da rede) e calcula para o arco que o antecede, seu comprimento e os deficits existentes em cada período de planejamento. Em seguida, o programa procura o nó seguinte e investiga qual o seu GRAU. Se o GRAU do novo nó for, por exemplo, igual a 5, o programa diminui o seu GRAU para 4 e vai procurar um outro nó de GRAU 1 para começar tudo de novo. Somente para os nós com GRAU 1, podem ser calculados os deficits.

Na rede-exemplo da Fig. 3.3, caso o programa começasse a trabalhar pelo PC 104, ela seguiria a sequência mostrada na Fig. 3.5, e produziria como resultado a Tab. 3.5.

Cada nó ou conjunto de nós possui um certo PADRÃO de atendimento da demanda. A cada PADRÃO de atendimento da demanda está associado um FATOR DE MULTIPLICAÇÃO DA DEMANDA - FMD que estende os valores da demanda para os níveis desejados. O número de PADRÕES DIFERENTES, assim como o valor para cada FMD associado são decisões que ficam a critério do usuário do programa.

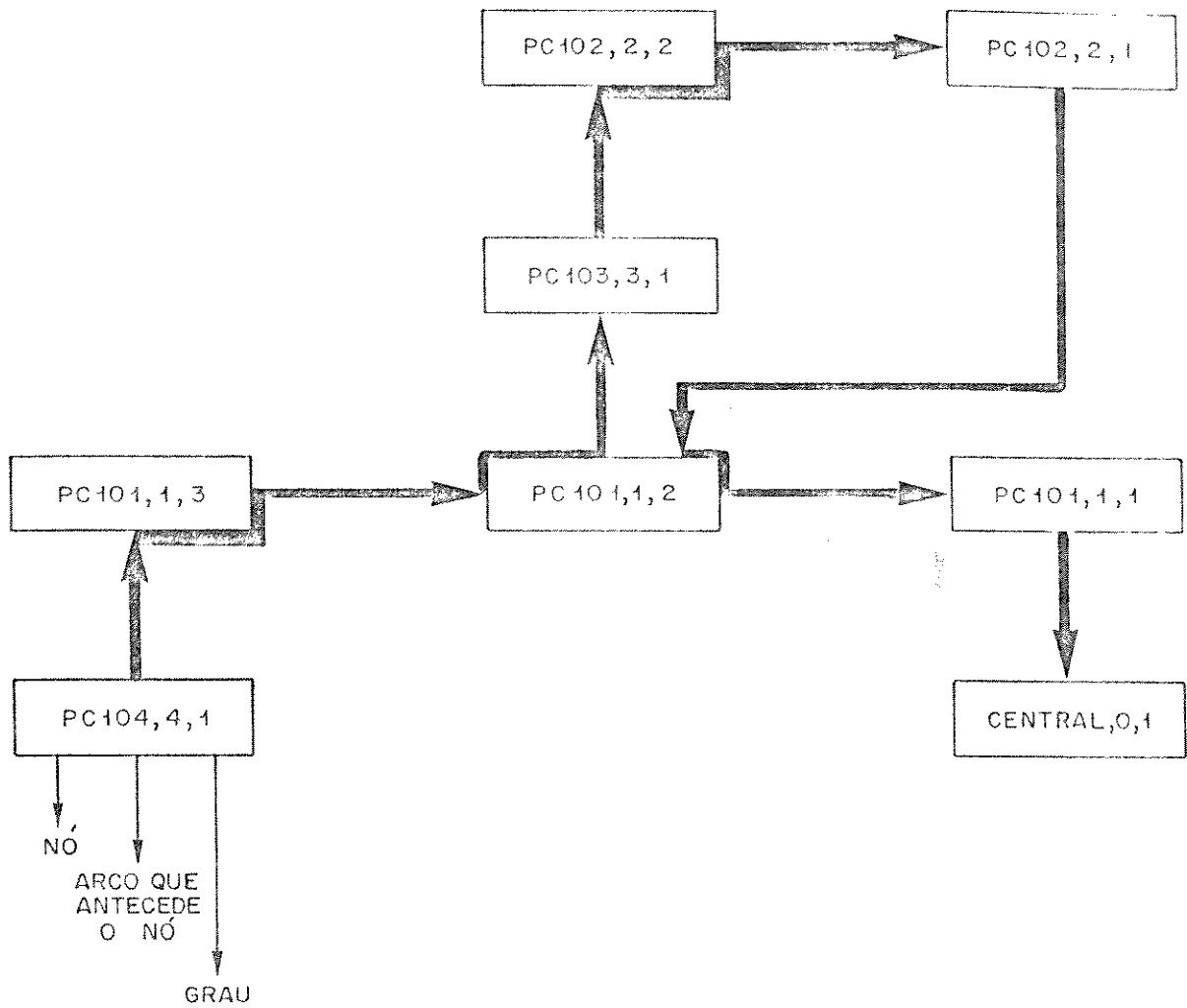


Figura 3.5

TRECHO	Ponto de controle que antecede	Comprimento (metros)	Deficit (pares)		
			ATUAL	1988	1990
1	PC 101	50	0	0	0
2	PC 102	100	0	0	0
3	PC 103	150	0	20	70
4	PC 104	200	0	0	0

Tabela 3.5

3.1.3. Dados de Entrada

1º) Dados Gerais:

- número de nós da rede
- número de arcos da rede
- número de períodos de planejamento
- número de padrões
- fator de multiplicação da demanda referente a cada padrão

2º) Dados sobre os nós:

- número do nó
- número do ponto de controle
- distância da central
- demandas previstas para os períodos de planejamento
- grau
- padrão

3º) Dados sobre os arcos:

- número do arco
- nó origem
- nó destino
- capacidade do arco
- calibre

3.1.4. Dados de Saída

- número dos pontos de controle
- comprimento de arcos que antecedem estes pontos de controle
- deficits de pares de fios nestes arcos em cada período de planejamento
- calibres para cada arco

3.1.5. Fluxograma

Ver Fig. 3.6.

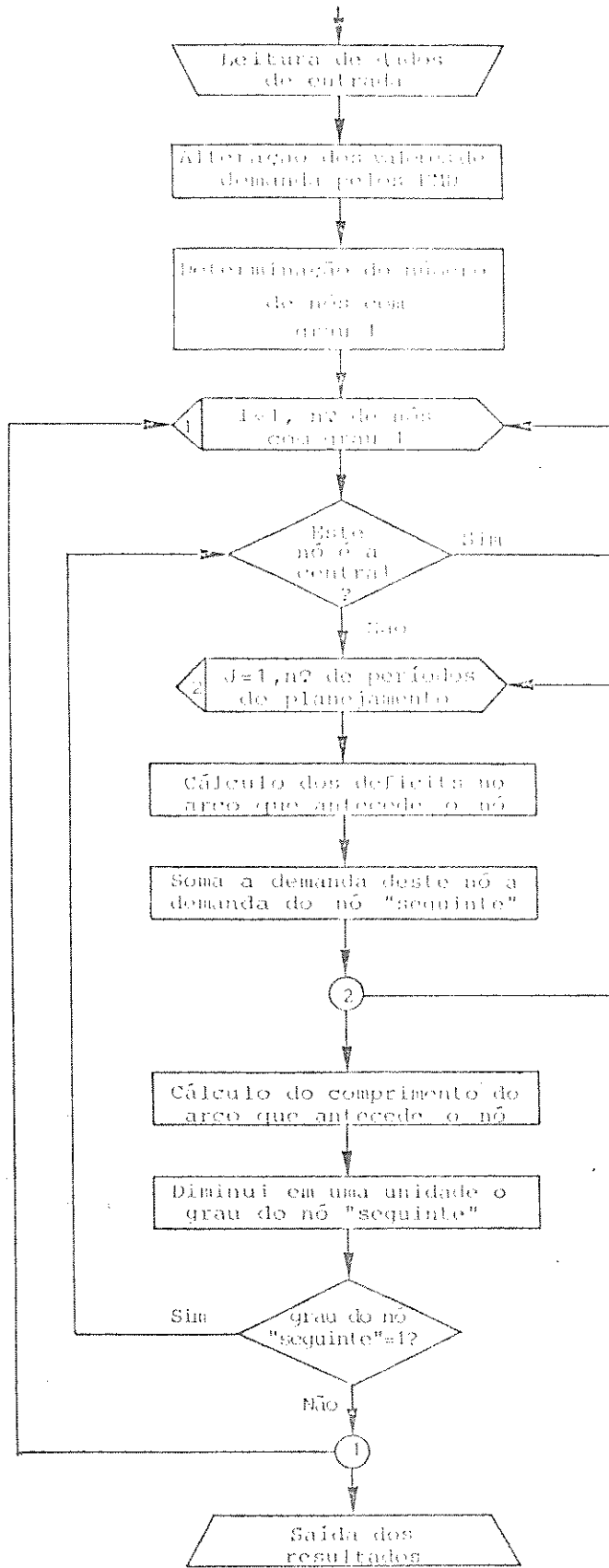


Figura 3.6

3.2. PROGRAMA ALIVIA

Este programa determina para cada trecho da rede:

- A) o melhor período de planejamento para lançar os cabos que vão eliminar os deficits detectados.
- B) a melhor modularidade para cada um dos cabos que serão lançados.
- C) o número de furos da rede de dutos utilizados.

3.2.1. Abordagem

O PROGRAMA DETETA rodado para a rede-exemplo da Fig. 3.3, encontrou um deficit de pares de fios no trecho que antecede o PC 103:

Ponto de Controle	Deficit (pares)		
	ATUAL	1988	1990
PC 103	0	20	70

Tabela 3.6

Caso existam à disposição no mercado, somente cabos

de 50, 100 e 200 pares de fios, quais as soluções possíveis?

- 1º) Lançar um cabo de 50 pares em 1988 e outro de 50 pares em 1990.

O valor presente do custo desta solução será igual a $VP_1 = \alpha_1 c(50) + \alpha_2 c(50)$, onde:

$c(50)$ = custo do cabo de 50 pares

α_1, α_2 = fatores de desconto*

Esta solução usaria 2 furos da rede de dutos.

- 2º) Lançar um cabo de 100 pares em 1988.

O valor presente do custo desta solução será igual

a $VP_2 = \alpha_1 c(100)$, onde:

$c(100)$ = custo do cabo de 100 pares

α_1 = fator de desconto

Esta solução usaria 1 furo da rede de dutos.

- 3º) Lançar um cabo de 200 pares em 1988.

O valor presente do custo desta solução será igual

à $VP_3 = \alpha_1 c(200)$, onde:

$c(200)$ = custo do cabo de 200 pares

α_1 = fator de desconto

Esta solução usaria 1 furo da rede de dutos.

* $\alpha = \frac{1}{(1+i)^n}$, onde: i = taxa de juros

n = intervalo de tempo

Existem outras soluções possíveis, mas para simplificar serão consideradas apenas estas três:

Se

$$VP_1 < VP_2 < VP_3 ,$$

qual a melhor solução?

Se o critério para escolha da melhor solução for o CUSTO DE CABO, a 1ª solução é a melhor. Porém, se o critério para escolha da melhor solução for o NÚMERO DE FUROS utilizados, a 2ª solução é a melhor (entre as soluções que usam 1 furo é a que apresenta menor custo).

3.2.2. O Modelo

O lançamento de pares de fios nos trechos deficitários da rede é feito em períodos pré-estabelecidos chamados períodos de planejamento. Os períodos de planejamento são uma variável k , cujo valor pode ser $1, 2, \dots, n$.

O número de pares de fios u a ser lançado num certo trecho deve ser maior ou igual ao deficit Z encontrado pelo PROGRAMA DETETA.

Os pares lançados têm um calibre j , determinado para satisfazer certas restrições técnicas.

O número de pares de fios de calibre j existentes no período k é igual ao número de pares de fios de calibre j existentes no período $(k-1)$ mais o número de pares de fios u^j lan

çados no período k . Sendo x a variável que informa o número de pares de fios de calibre j existentes nos trechos, têm-se:

$$x_k^j = x_{k-1}^j + u_k^j \quad \text{com} \quad x_k^j \geq z_k^j$$

Os pares de fios existem à disposição no mercado na forma de cabos com capacidades padronizadas. Seja M_i^j a capacidade de um cabo de modularidade i e calibre j . Supõe-se que existam no mercado m tipos de cabos com diferentes modularidades e p calibres disponíveis.

Um lançamento de pares de fios u^j é factível se:

$$\left\{ \begin{array}{l} u^j = \sum_{i=1}^m a_i^j * M_i^j \\ \text{onde } a_i^j \text{ é um número inteiro não negativo} \end{array} \right.$$

Exemplo: Se existirem à disposição no mercado cabos de 400, 600 e 900 pares de fios no calibre j , um lançamento de 2400 pares neste calibre é possível, pois:

$$2400 = (0*400) + (1*600) + (2*900)^*$$

* Além desta, existem outras combinações possíveis, tais como:

$$2400 = (6*400) + (0*600) + (0*900)$$

$$2400 = (0*400) + (4*600) + (0*900)$$

$$2400 = (3*400) + (2*600) + (0*900)$$

Em casos como este, opta-se pela combinação de menor custo.

À cada lançamento de pares de fios u^j efetuado, está associado o uso de um número de furos da rede de dutos igual a:

$$e^j = \sum_{i=1}^m a_i^j$$

Exemplo: O lançamento $u^j = 2400$ pares do exemplo acima tem a somatória dos a_i^j igual a 3. Isto significa que serão utilizados 3 furos da rede de dutos (um para o cabo de 600 pares e dois para os cabos de 900 pares).

Evidencia-se, portanto, que o número e^j de furos utilizados em um lançamento, é função do número de pares de fios u^j (providenciados através das capacidades padronizadas M_i^j).

O número de furos utilizados no período k é igual ao número de furos utilizados no período $(k-1)$ mais o número de furos utilizados pelo número de pares de fios lançados no período k . Sendo d a variável que informa o número de furos utilizados nos trechos, têm-se:

$$d_k = d_{k-1} + \sum_{j=1}^p e^j \quad \text{com } d_k \geq 0$$

Ao lançamento de um número de pares u e calibre j no período de planejamento k está associado um CUSTO* igual a $c(u_k^j)$.

* Por custo, entenda custo dos pares de fios lançados. O custo de utilização ou de construção dos furos não é considerado; apenas controla-se o número de furos utilizados através da variável d .

Para todos os períodos de planejamento, têm-se um CUSTO cujo valor presente é dado por:

$$VP = \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^p \alpha_k * c(u_k^j)$$

onde α_k = fator de desconto.

O objetivo é determinar em cada período de planejamento o número e a capacidade ótimos de cabos a lançar nos trechos da rede a fim de cobrir os deficits do período.

Assim sendo, o problema a resolver é:

$$(\text{MINIMIZAR}) \quad VP = \sum_k \sum_j \alpha_k * c(u_k^j)$$

com

$$\left\{ \begin{array}{l} x_k^j = x_{k-1}^j + u_k^j \\ d_k = d_{k-1} + \sum_{j=1}^p e^j \\ z_k^j \leq x_k^j \leq x_k^j \text{ máximo} \\ 0 \leq d_k \leq d_k^{\text{máximo}} \\ k = 1, \dots, n \\ j = 1, \dots, p \end{array} \right.$$

3.2.3. Método de Resolução do Problema

O modelo apresentado sugere a PROGRAMACÃO DINÂMICA

[41], [42], [43] como método de resolução, onde:

→ estágios = períodos de planejamento (k)

→ variáveis de estado = número de pares de fios (x)
número de furos (d)

→ variável de decisão = número de pares de fios a
lançar (u)

Uma vez que os deficits são calculados por calibre, o modelo pode ser resolvido de modo independente para cada calibre. Assim sendo, o índice j é eliminado.

3.2.4. Concepção do Programa

O PROGRAMA ALIVIA utiliza a PROGRAMAÇÃO DINÂMICA para determinar o planejamento ótimo para o lançamento de pares de fios nos trechos deficitários da rede.

O critério estabelecido para encontrar a solução ótima é o custo do lançamento dos pares de fios, independente do número de furos da rede de dutos que estes pares de fios utilizam. Porém, se por exemplo, a solução ótima encontrada utilizar 3 furos, o programa também listará as soluções de menor custo que utilizem 2 furos e 1 furo para que o planejador possa compará-las e tomar sua decisão.

Antes que o programa possa dar início à determinação do planejamento ótimo propriamente dito, ele determina a partir das capacidades padronizadas (em cada calibre) de cabos

existentes à disposição no mercado - e de maneira otimizada - os possíveis valores de u , o número de furos e da rede de dutos por eles utilizados e o custo associado $c(u)$.

Para tanto, é necessário informar ao programa quantos valores diferentes de u serão permitidos e a quantização H ("tamanho do passo") desejada.

Um exemplo esclarece o que é feito: Sejam as capacidades padronizadas de cabo 0.40 mm existentes à disposição no mercado e seus respectivos custos, os fornecidos pela Tab.3.7. O número de valores diferentes de u permitidos é igual a 15 e a quantização desejada igual a 100.

CAPACIDADES PADRONIZADAS	CUSTO
400	$c(400)$
600	$c(600)$
900	$c(900)$
1200	$c(1200)$

Tabela 3.7

A determinação dos valores possíveis de u é feita de maneira "exaustiva", pois faz uma enumeração completa entre todas as capacidades padronizadas, observando um limite e uma quantização que no caso são respectivamente iguais a 15 e 100. A Tab. 3.8 mostra o resultado desta enumeração.

Conforme pode ser observado, esta enumeração é feita de maneira otimizada: A quantidade $u = 1200$ pares, por exemplo, poderia ser lançada na forma de 3 cabos de 400 pares ou 2 cabos de 600 pares ou 1 cabo de 1200 pares; no entanto, escolhe-se o lançamento usando 1 cabo de 1200 pares pois há economia de escala em se providenciar cabos com mais pares de fios*.

u	e				c(u)
	400	600	900	1200	
0	0	0	0	0	0
100	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-
400	1	0	0	0	$c(400)$
500	-	-	-	-	-
600	0	1	0	0	$c(600)$
700	-	-	-	-	-
800	2	0	0	0	$c(400) + c(400)$
900	0	0	1	0	$c(900)$
1000	1	1	0	0	$c(400) + c(600)$
1100	-	-	-	-	-
1200	0	0	0	1	$c(1200)$
1300	1	0	1	0	$c(400) + c(900)$
1400	2	1	0	0	$c(400) + c(400) + c(600)$

Tabela 3.8

* Pode acontecer uma situação na qual a alternativa de lançamento mais barata utilize mais furos da rede de dutos que uma ou outra. Todavia, nos testes que realizamos isto não ocorreu nenhuma vez.

Uma vez construída a tabela contendo u , e , $c(u)$, esta é armazenada na memória do computador para que possa ser consultada no desenrolar do programa.

Alimentado por informações provenientes do PROGRAMA DETETA e por conformações específicas suas, o PROGRAMA ALIVIA determina o planejamento ótimo resolvendo um problema clássico de programação dinâmica.

A impressão dos resultados é feita pelo PROGRAMA SAÍDA, especialmente preparado para tal função.

3.2.5. Dados de Entrada

¶

- números de períodos de planejamento
- duração de cada período de planejamento
- taxa de juros anual
- número de trechos da rede
- capacidades padronizadas de cabos por calibre
- custos das capacidades padronizadas
- número de valores possíveis para u
- quantização H para o cálculo do número de valores possíveis de u
- saída do PROGRAMA DETETA

3.2.6. Dados de Saída

Para cada trecho da rede, o PROGRAMA SAÍDA imprime , ,

para cada período de planejamento:

- deficit
- número de pares de fios lançados
- número de furos utilizados
- custo

3.2.7. Fluxograma

Ver Fig. 3.7.

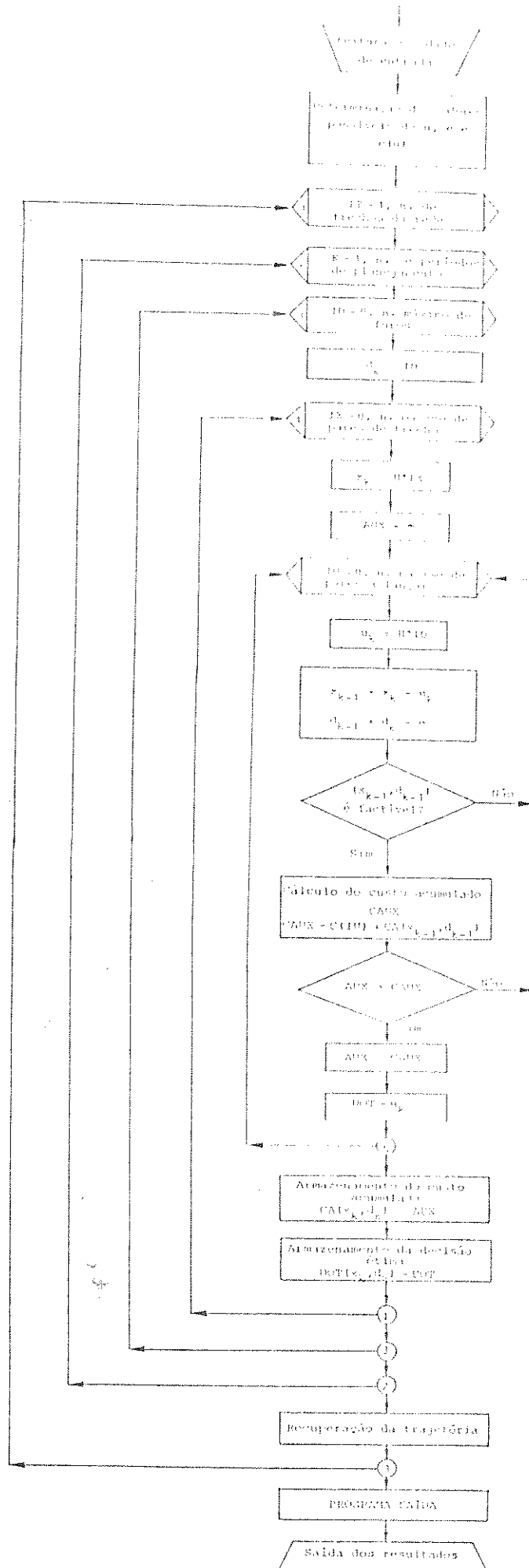


Figura 3.7

3.3. PROGRAMA LIGA

Este programa determina quantas e quais camadas de cada cabo serão distribuídas aos pontos de controle que servem. O objetivo perseguido é minimizar o custo de emendas e desmen^{das} e situar a oferta de camadas distribuídas a cada ponto de controle dentro de faixas percentuais pré-estabelecidas.

3.3.1. Abordagem

O problema será abordado estudando-se a distribuição das camadas do cabo mostrado na Fig. 3.8 . Este cabo possui 1200 pares de fios, ou seja, 12 camadas de 100 pares cada uma, para distribuir aos pontos de controle PC 103, PC 105, PC 106 e PC 108.

A "demanda atual" (no 1º período de planejamento) e a "demanda futura" (no 2º período de planejamento) nestes pontos de controle são fornecidas pela Tab. 3.9.

A "situação atual", ou seja, como estas 12 camadas estão distribuídas atualmente aos pontos de controle é dada pelo Diagrama de Derivação dos Pontos de Controle 3.1.

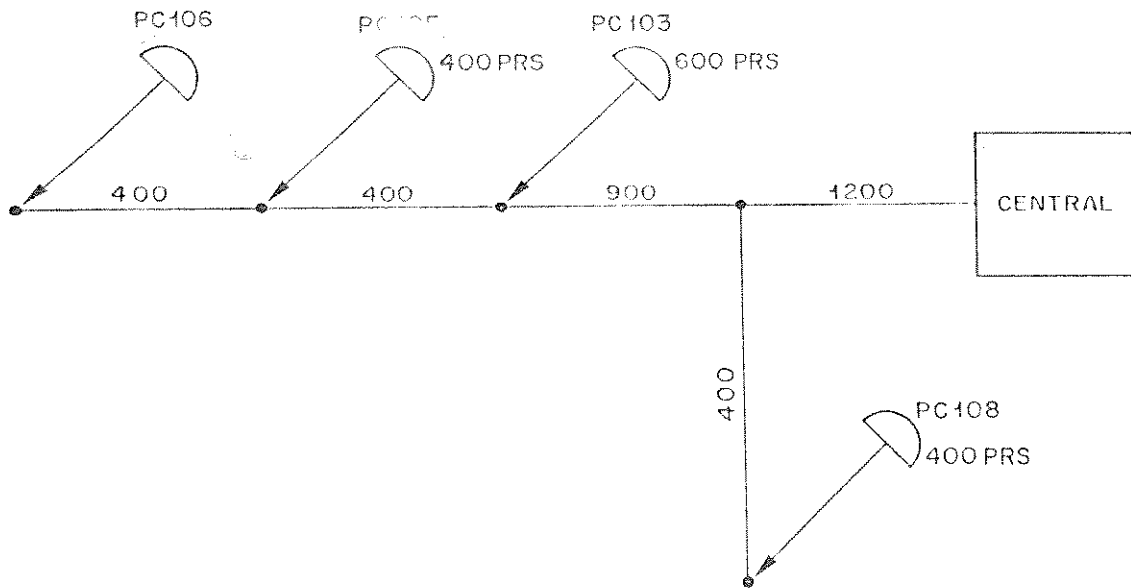


Figura 3.8

Ponto de Controle	Demanda Atual	Demanda Futura
PC 106	30	40
PC 105	89	145
PC 103	247	356
PC 108	202	232

Tabela 3.9

PC 106	camadas existentes	-----	-----	-----																
	camadas distribuídas																			
	camadas propostas																			
PC 105	camadas existentes	-----	-----	-----																
	camadas distribuídas	-----	-----	-----																
	camadas propostas																			
PC 103	camadas existentes	-----	-----	-----	-----															
	camadas distribuídas																			
	camadas propostas																			
PC 108	camadas existentes	-----	-----	-----	-----															
	camadas distribuídas																			
	camadas propostas																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							

Diagrama 3.1

Conforme pode ser observado no Diagrama 3.1, atualmente estão distribuídas 4 camadas ao PC 105, 6 camadas ao PC 103 e 4 camadas ao PC 108, o que totaliza 14 camadas.

Tal situação é possível porque a camada 4 está distribuída ao PC 105 e ao PC 103 e a camada 9 está distribuída ao PC 103 e ao PC 108*.

Existem várias maneiras factíveis de se distribuir as camadas deste cabo aos pontos de controle. Duas delas - caracterizadas pela não-multiplagem - são analisadas a seguir.

* O que caracteriza MULTIPLAGEM na rede.

(I) Distribuir: 1 camada ao PC 106
 3 camadas ao PC 105
 4 camadas ao PC 103
 4 camadas ao PC 108

Esta solução forneceria as seguintes taxas de ocupação dos pontos de controle:

Ponto de Controle	T.O. atual	T.O. futura
PC 106	30.00%	40.00%
PC 105	29.67%	48.33%
PC 103	61.75%	89.00%
PC 108	50.50%	58.00%

Tabela 3.10

(II) Distribuir 1 camada ao PC 106
 2 camadas ao PC 105
 5 camadas ao PC 103
 4 camadas ao PC 108

Esta solução forneceria as seguintes taxas de ocupação dos pontos de controle:

Ponto de Controle	T.O. atual	T.O. futura
PC 106	30.00%	40.00%
PC 105	44.50%	72.50%
PC 103	49.40%	71.20%
PC 108	50.50%	58.00%

Tabela 3.11

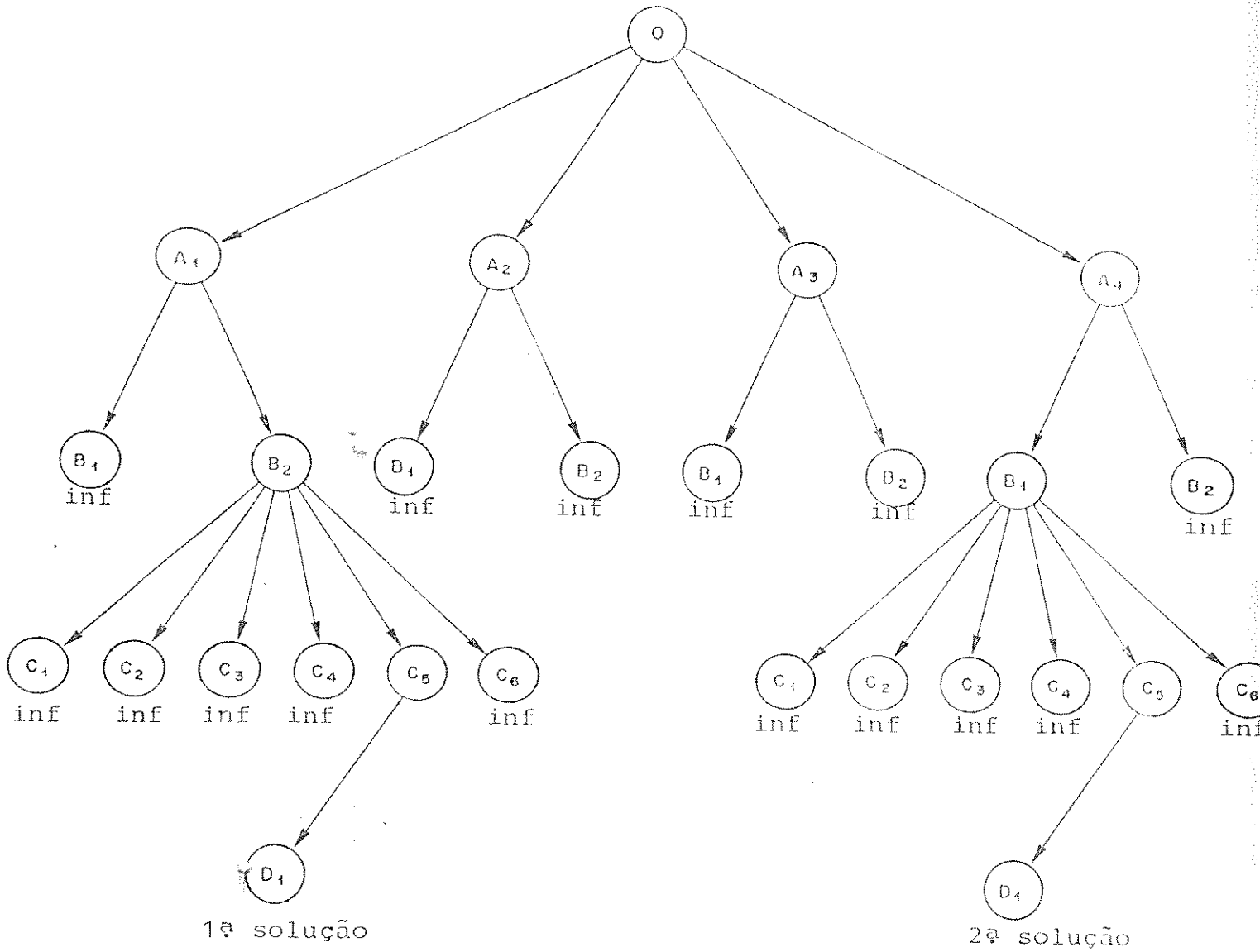
Tanto em (I) como em (II) seriam necessárias emendas e desemendas para efetuar a ligação das camadas aos pontos de controle.

As alternativas possíveis de ligação para (I) são mostradas no Diagrama 3.2.

A Fig. 3.9 mostra a árvore de enumeração para (I).

PC 106	camadas existentes													
	camadas distribuídas													
	Alternativas possíveis	A ₁												
		A ₂												
A ₃														
A ₄														
PC 105	camadas existentes													
	camadas distribuídas													
	Alternativas possíveis	B ₁												
B ₂														
PC 103	camadas existentes													
	camadas distribuídas													
	Alternativas possíveis	C ₁												
		C ₂												
		C ₃												
		C ₄												
C ₅														
C ₆														
PC 108	camadas existentes													
	camadas distribuídas													
	Alternativa possível	D ₁												

Diagrama 3.2 - Alternativas possíveis de se ligar as camadas aos pontos de controle para (I)



OBS: nível A → PC 106
 nível B → PC 105
 nível C → PC 103
 nível D → PC 108
 inf → infactível

Fig. 3.9 - Árvore de enumeração para (I)

Como se vê, há apenas duas soluções possíveis para (I):

1ª) $A_1 - B_2 - C_5 - D_1 \rightarrow$ ver Diagrama 3.3.

PC 106	camadas existentes												
	camadas distribuídas												
	camadas propostas												
PC 105	camadas existentes												
	camadas distribuídas												
	camadas propostas												
PC 103	camadas existentes												
	camadas distribuídas												
	camadas propostas												
PC 108	camadas existentes												
	camadas distribuídas												
	camadas propostas												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Diagrama 3.3

2ª) $A_4 - B_1 - C_5 - D_1 \rightarrow$ ver Diagrama 3.4.

PC 106	camadas existentes												
	camadas distribuídas												
	camadas propostas												
PC 105	camadas existentes												
	camadas distribuídas												
	camadas propostas												
PC 103	camadas existentes												
	camadas distribuídas												
	camadas propostas												
PC 108	camadas existentes												
	camadas distribuídas												
	camadas propostas												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Diagrama 3.4

Tanto a 1ª como a 2ª solução implicam em se desenhar 3 camadas (1 no PC 105 e 2 no PC 103) e em se emendar 1 camada (no PC 106).

Para (II) e para todas as outras maneiras possíveis de se distribuir as camadas deste cabo aos pontos de controle, configuram-se alternativas de solução análogas às de (I).

O que permite diferenciar uma maneira de distribuir da outra e, por conseguinte, estabelecer um critério para julgá-las é o valor das TAXAS DE OCUPAÇÃO ATUAL e FUTURA nos pontos de controle que cada uma proporciona e o número de EMENDAS e DESEMENDAS necessárias.

3.3.2. Concepção do Programa

O PROGRAMA LIGA gera alternativas otimizadas de distribuição das camadas de um cabo aos pontos de controle através do processamento de uma ENUMERAÇÃO.

As PROPOSTAS de distribuição nascem a partir da determinação do número mínimo e máximo de camadas que podem ser ligadas aos pontos de controle. Esta determinação é feita através da fixação de taxas de ocupação mínimas e máximas permitidas aos pontos de controle nos períodos "atual e futuro" de planejamento, ressaltando-se que o número máximo de camadas não pode exceder o número de camadas existentes no trecho que antecede os pontos de controle.

Para escolher as melhores soluções encontradas no processo de enumeração, o programa utiliza 2 critérios:

(I) menor "custo" de LIGA/DESLIGA

Cada proposta de distribuição ao ser enumerada resulta no preenchimento de uma MATRIZ DE LIGAÇÕES - $ML(I,J)$, onde I são os pontos de controle e J as camadas do cabo.

Quando é encontrada uma SOLUÇÃO, $ML(I,J)$ está

completamente preenchida e então, é confrontada com a MATRIZ DE CAMADAS DISTRIBUÍDAS - MD(I,J), onde I são os pontos de controle e J as camadas do cabo.

Deste confronto, é determinado o número de camadas que precisam ser ligadas e o número de camadas que precisam ser desligadas. À cada camada ligada é associado um "custo" CLIG e à cada camada desligada é associado um "custo" CDESL.

O objetivo é encontrar as soluções que minimizem o "custo" de liga/desliga.

(II) menor "custo" de OCUPAÇÃO

Cada PROPOSTA de distribuição implica numa certa TAXA DE OCUPAÇÃO dos pontos de controle.

Um ponto de controle terá uma taxa de ocupação "ideal" quando seu valor estiver contido num certo intervalo de ocupação "ideal" [TOC1,TOC2] pré-estabelecido.

Fora deste intervalo, a taxa de ocupação do ponto de controle é penalizada conforme a Fig. 3.10.

À esquerda do intervalo [TOC1,TOC2] penaliza-se a taxa de ocupação com K_1 e à direita, penaliza-se com K_2 .*.

* Exemplo:

Se: taxa de ocupação = 73%, TOC1 = 60%, TOC2 = 60%, $K_1 = 1$

$K_2 = 2$,

"custo" de OCUPAÇÃO = $(0.73 - 0.70) * 2 = 0.06$

O objetivo é encontrar as soluções onde as taxas de ocupação dos pontos de controle estejam mais próximas do intervalo $[TOC1, TOC2]$.

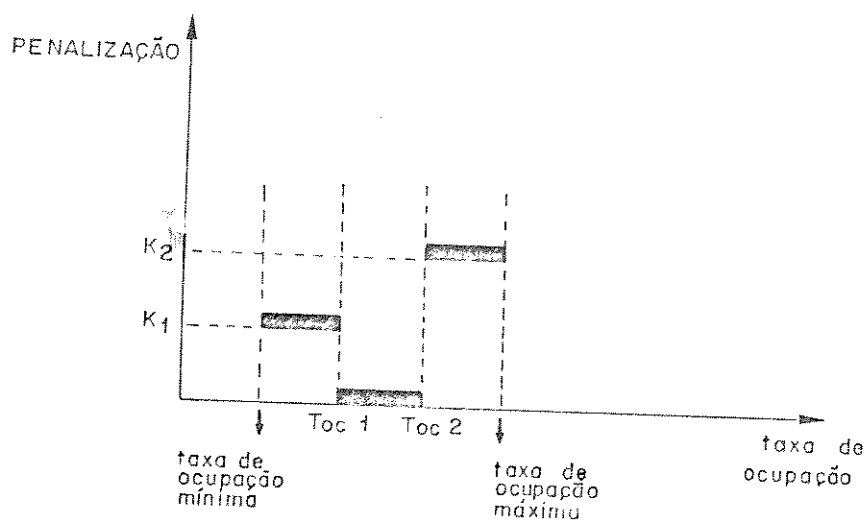


Figura 3.10

O PROGRAMA LIGA imprime tantas quantas soluções com "custos" de LIGA/DESLIGA e de OCUPAÇÃO diferentes o usuário quer.

3.3.3. Dados de Entrada

1º) Dados gerais

- número de cabos

2º) Dados sobre os cabos

- número de cada cabo
- número de pontos de controle de cada cabo
- número de pares contidos em uma camada
- custo de se ligar 1 camada

- custo de se desligar 1 camada
- taxa de ocupação mínima permitida (atual e futura)
- taxa de ocupação máxima permitida (atual e futura)
- intervalo "ideal" de ocupação [TOC1, TOC2]
- fatores de penalização K_1, K_2
- número de soluções diferentes desejadas

3º) Dados sobre os pontos de controle

- número de cada ponto de controle
- matriz de camadas existentes
- matriz de camadas distribuídas
- demanda atual
- demanda futura

3.3.4. Dados de Saída

Soluções sugeridas por "custo" de LIGA/DESLIGA e por "custo" de OCUPAÇÃO para cada cabo, fornecendo:

- pontos de controle
- número de camadas a distribuir para cada ponto de controle
- posição das camadas no cabo
- taxa de ocupação atual
- taxa de ocupação futura

- número de camadas ligadas e desligadas
- "custos" de liga/desliga e de ocupação

3.3.5. Fluxograma

Ver Fig. 3.11.

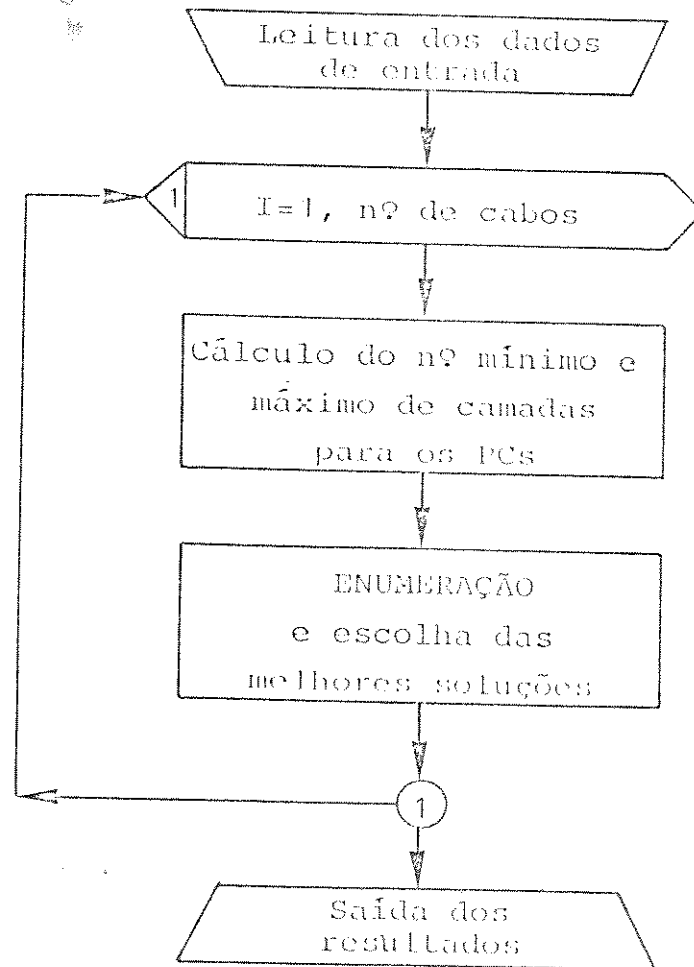


Figura 3.11

CAPÍTULO 4

APLICAÇÃO DOS PROGRAMAS
ESTAÇÃO DUQUE DE CAXIAS/TAQUARITINGA (SP)

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentada uma aplicação dos PROGRAMAS DETETA, ALIVIA e LIGA sobre a rede primária da ESTAÇÃO DUQUE DE CAXIAS/TAQUARATINGA (SP).

Outra aplicação não foi possível devido à falta de dados sobre outras redes.

2. PLANEJAMENTO - TELESP

O plano de expansão elaborado pela TELESP para entrar em funcionamento em 1984 (ver o ESQUEMÁTICO DE CABOS ALIMENTADORES E PONTOS DE CONTROLE - Fig. 4.1) providenciou o seguinte:

- A) instalação de 6 novos armários de distribuição, sendo 4 do tipo ARD-10 (PC 103, PC 105, PC 106 e PC 111) e 2 do tipo ARD-14 (PC 108 e PC 113)*.
- B) ampliação da rede de dutos pela construção de uma ligação subterrânea entre o PC 106 e o PC 113.

* ARD-10: capacidade de entrada (rede primária) = 400 pares
capacidade de saída (rede secundária) = 600 pares
ARD-14: capacidade de entrada (rede primária) = 600 pares
capacidade de saída (rede secundária) = 800 pares

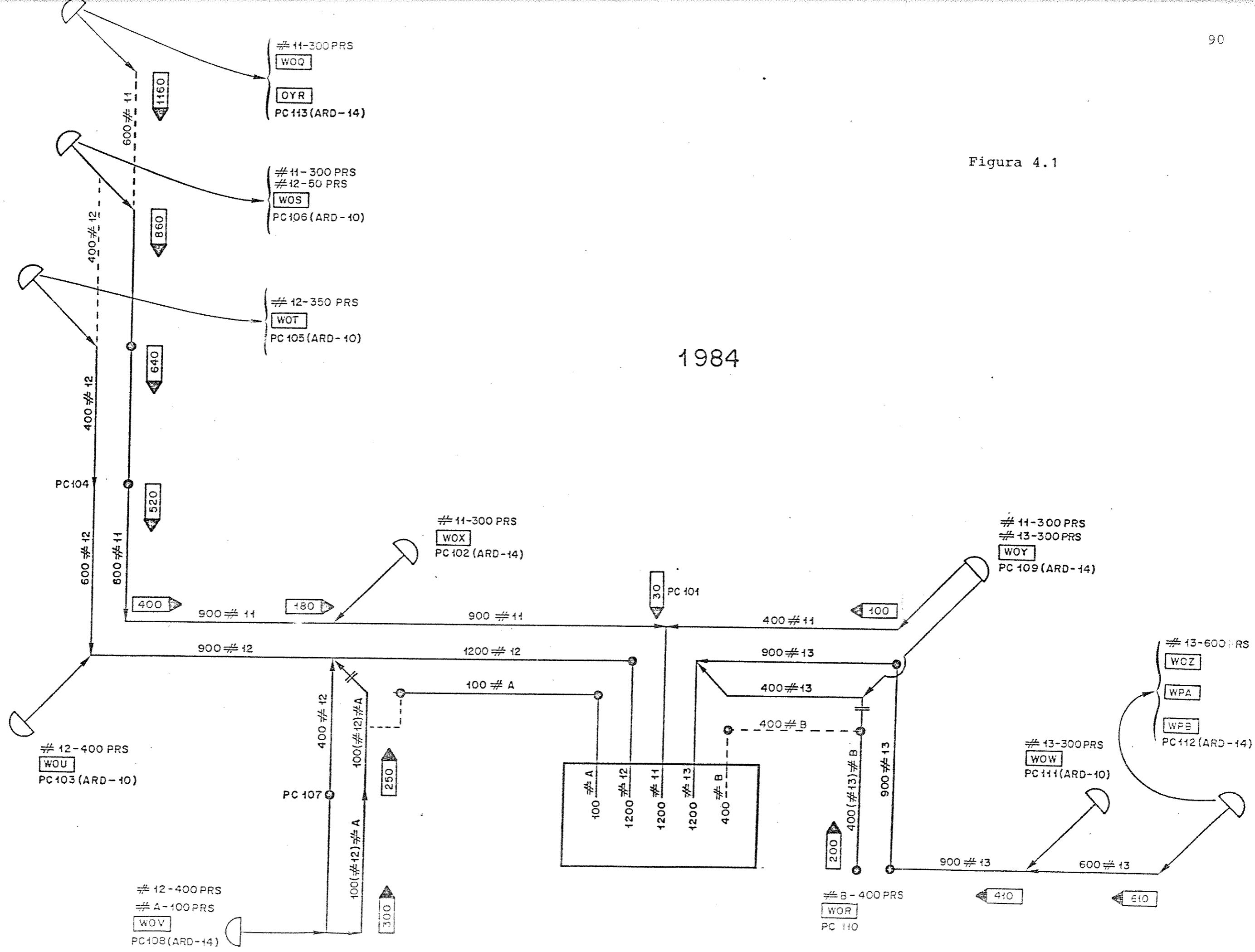


Figura 4.1

1984

- C) aproveitamento do cabo de reserva A, ligando-o a uma das derivações do cabo 12.
- D) lançamento de 600 pares de fios entre o PC 106 e o PC 113, ligando-os ao cabo 11.
- E) lançamento de 400 pares de fios entre o PC 105 e o PC 106, ligando-os ao cabo 12.
- F) lançamento de 400 pares de fios entre a central, PC 101 e PC 109, ligando-os a uma das derivações do cabo 13, o que constituiu um novo cabo - o cabo B.
- G) uma distribuição de pares de fios aos pontos de controle conforme pode ser observada na Fig. 4.1.

Todos os pares de fios lançados possuem calibre 0.40 mm, pois este satisfaz as restrições técnicas da rede. As capacidades padronizadas utilizadas são aquelas relacionadas na Tab.

2.1

3. PLANEJAMENTO - DETETA/ALIVIA/LIGA

Com o auxílio dos PROGRAMAS DETETA, ALIVIA e LIGA foram elaborados os planejamentos para 1984, 1986 e 1988.

Nestes planejamentos, as providências A, B e C tomadas pelo Planejamento-TELESP foram mantidas.

(I) PROGRAMA DETETA

Para utilização do PROGRAMA DETETA, a rede da ESTAÇÃO DUQUE DE CAXIAS foi convertida na árvore equivalente da Fig. 4.2.

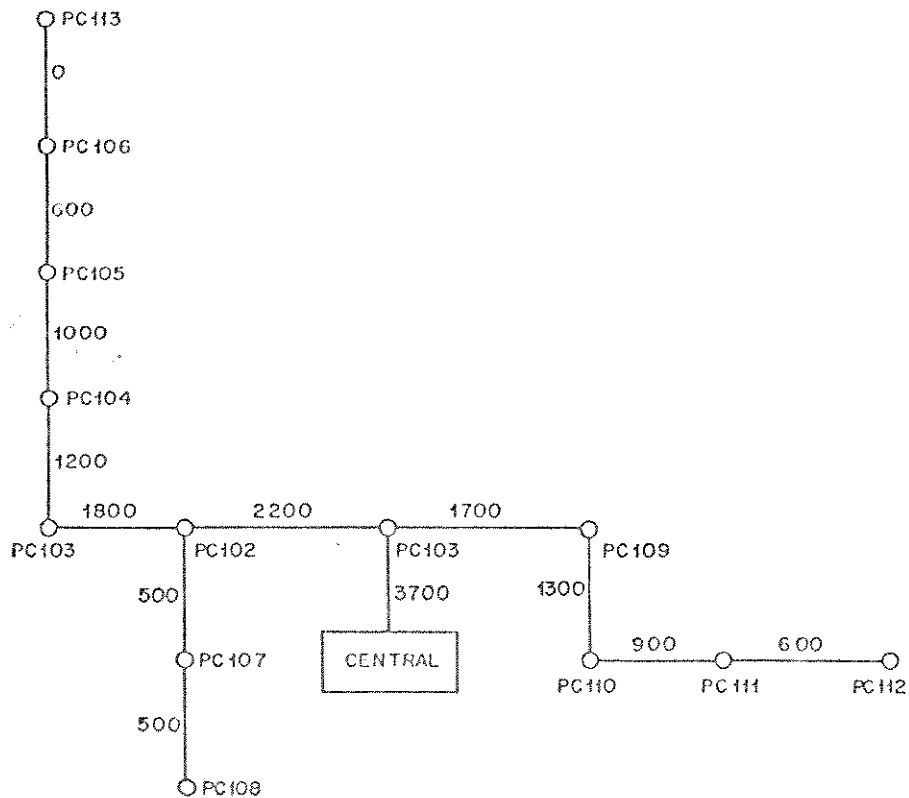


Figura 4.2

DADOS DE ENTRADA:

nº de nós = 14

nº de arcos = 13

nº de períodos de planejamento = 3

nº de padrões = 1

FMD = 1*

nó	PC	distância [m]	demanda (pares)			grau	padrão
			1984	1986	1988		
1	113	1160	230	258	319	1	1
2	106	860	262	282	295	2	1
3	105	640	241	274	311	2	1
4	104	520	0	0	0	2	1
5	103	400	276	292	314	2	1
6	108	300	332	398	466	1	1
7	107	250	0	0	0	2	1
8	102	180	179	191	193	3	1
9	112	610	440	503	577	1	1
10	111	410	228	241	254	2	1
11	110	200	153	161	169	2	1
12	109	100	322	364	419	2	1
13	101	30	0	0	0	3	1
14	central	0	0	0	0	1	1

Tabela 4.1

* Dado o grau de ociosidade dos pares de fios nesta rede, resolveu-se não estender os valores de demanda. re

arco	nó origem	nó destino	capacidade (pares)	calibre (mm)
1	1	2	0	0.40
2	2	3	600	"
3	3	4	1000	"
4	4	5	1200	"
5	5	6	1800	"
6	6	7	500	"
7	7	8	500	"
8	8	13	2200	"
9	9	10	600	"
10	10	11	900	"
11	11	12	1300	"
12	12	13	1700	"
13	13	14	3700	"

Tabela 4.2

DADOS DE SAÍDA:

ARCO	PC que antecede	Comprimento (km)	DEFICIT (pares)			Calibre (mm)
			1984	1986	1988	
1	113	0,30	230	258	319	0.40
2	106	0.22	0	0	14	"
3	105	0.12	0	0	0	"
4	104	0.12	0	0	0	"
5	103	0.22	0	0	0	"
6	108	0.05	0	0	0	"
7	107	0.07	0	0	0	"
8	102	0.15	0	0	0	"
9	112	0.20	0	0	0	"
10	111	0.21	0	0	0	"
11	110	0.10	0	0	0	"
12	109	0.07	0	0	0	"
13	101	0.03	0	0	0	"

Tabela 4.3

Foram encontrados deficits apenas nos trechos que antecedem os PCs 113 e 106.

(II) PROGRAMA ALIVIADADOS DE ENTRADA:

nº de períodos de planejamento = 3

duração de cada período = 2 anos

taxa de juros = 10% ao ano

nº de trechos da rede = 13

nº de valores possíveis para u = 50

quantização = 100

saída do PROGRAMA DETETA

capacidades padronizadas (pares)	Custo (Cr\$/km)
400	26200
600	32200
900	41850
1200	55980

Tabela 4.4

DADOS DE SAÍDA:

Trecho que antecede o	1984			1986			1988		
	decisão (pares)	decisão (furos)	Custo	decisão (pares)	decisão (furos)	Custo	decisão (pares)	decisão (furos)	Custo
PC 113	400	1	7860.0	-	-	-	-	-	-
PC 106	-	-	-	-	-	-	400	1	5764.0
PC 105	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC 104	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC 103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC 108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC 107	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC 102	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC 112	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC 111	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC 110	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC 109	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC 101	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 4.5

→ O PROGRAMA SAÍDA imprime conjuntamente as saídas dos PROGRAMAS DETETA e ALIVIA. Um exemplo de relatório do PROGRAMA SAÍDA pode ser visto a seguir, onde o cabeçalho é formado por:

- PONTO DE CONTROLE ***: planejamento ótimo de lançamento de pares de fios para o trecho que antecede o PC***.
- CUSTO: valor presente do custo dispendido pelo planejamento ótimo.
- N DE FUROS: número total de furos utilizados pelo planejamento ótimo.
- COMP (KM): comprimento em quilômetros do trecho que antecede o PC***.

Para cada período de planejamento são fornecidas as seguintes informações:

- CUSTO: custo do lançamento de pares de fios feito.
- N DE FUROS UTILIZ: número de furos utilizados no lançamento.
- FALTA: deficit de pares de fios no trecho.
- DECISÃO: número de pares de fios a lançar.
- N DE CABOS: número de cabos a lançar.
- QUANT DE CABOS P/ MÓDULO: quantidade de cabos por módulo a lançar.

Um "RELATÓRIO FINAL DO PROGRAMA ALIVIA" é impresso , resumindo todas as operações realizadas.

 PONTO DE CONTROLE 113

CUSTO= 7860.0 N DE FURUS= 1 COMP(KM)= .300

 PERIODO 1

CUSTO= 7860.0 N DE FURUS UTILIZ= 1

CABO	FALTA	DECISAO	N DE CABOS	QUANT DE CABOS P/ MODULO
CAL40	230	400	1	1 400

 PERIODO 2

CUSTO= 0.0 N DE FURUS UTILIZ= 0

CABO	FALTA	DECISAO	N DE CABOS	QUANT DE CABOS P/ MODULO
CAL40	258	0	0	-----

 PERIODO 3

CUSTO= 0.0 N DE FURUS UTILIZ= 0

CABO	FALTA	DECISAO	N DE CABOS	QUANT DE CABOS P/ MODULO
CAL40	319	0	0	-----

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 FONTO DE CONTROLE 106
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

CUSTO= 3936.9 N DE FURROS= 1 CONP(KID)= .220

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 PERIODO 1
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

CUSTO= 0.0 N DE FURROS UTILIZ= 0

CABO	FALTA	DECISAO	N DE CABOS	QUANT DE CABOS P/ MODULO
------	-------	---------	------------	--------------------------

CAL40	0	0	0	-----
-------	---	---	---	-------

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 PERIODO 2
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

CUSTO= 0.0 N DE FURROS UTILIZ= 0

CABO	FALTA	DECISAO	N DE CABOS	QUANT DE CABOS P/ MODULO
------	-------	---------	------------	--------------------------

CAL40	0	0	0	-----
-------	---	---	---	-------

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 PERIODO 3
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

CUSTO= 5764.0 N DE FURROS UTILIZ= 1

CABO	FALTA	DECISAO	N DE CABOS	QUANT DE CABOS P/ MODULO
------	-------	---------	------------	--------------------------

CAL40	14	400	1	1 400
-------	----	-----	---	----------

RELATORIO FINAL DO PROGRAMA ALVIA

#####

PERIODO 1 CUSTO= 7860.00

#####

CABO COMP(KM) DO CABO P/ NODULO

CAL40	.300	.600	.900	.000
	400	600	900	1200

#####

PERIODO 2 CUSTO= 0.00

#####

CABO COMP(KM) DO CABO P/ NODULO

CAL40	.000	.000	.000	.000
	400	600	900	1200

#####

PERIODO 3 CUSTO= 5764.00

#####

CABO COMP(KM) DO CABO P/ NODULO

CAL40	.220	.000	.000	.000
	400	600	900	1200

(III) PROGRAMA LIGA

- demandas "atual e futura"* para cada período de planejamento.
- nº de cabos = 4
- nº de pares contidos em uma camada = 50**
- "custo" de se ligar uma camada do cabo = 2
"custo" de se desligar uma camada do cabo = 1***
- nº de soluções diferentes**** desejadas = 3
- taxas de ocupação mínimas e máximas "atuais" permitidas = [30%,100%]

* Para o 3º período de planejamento, é necessária a "demanda futura"; os valores disponíveis são para o ano de 1989:

Ponto de Controle	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	central
Demanda (pares)	341	300	331	0	321	499	0	197	615	259	173	449	0	0	

** Optou-se por camadas de 50 pares, pois este número mostrou-se o mais razoável nos testes realizados. (Camadas de 100 pares geram uma quantidade reduzida de alternativas de solução.)

*** Considerou-se que ligar uma camada do cabo é mais "caro" do que desligar, pois emendar é uma operação mais complexa que desemendar.

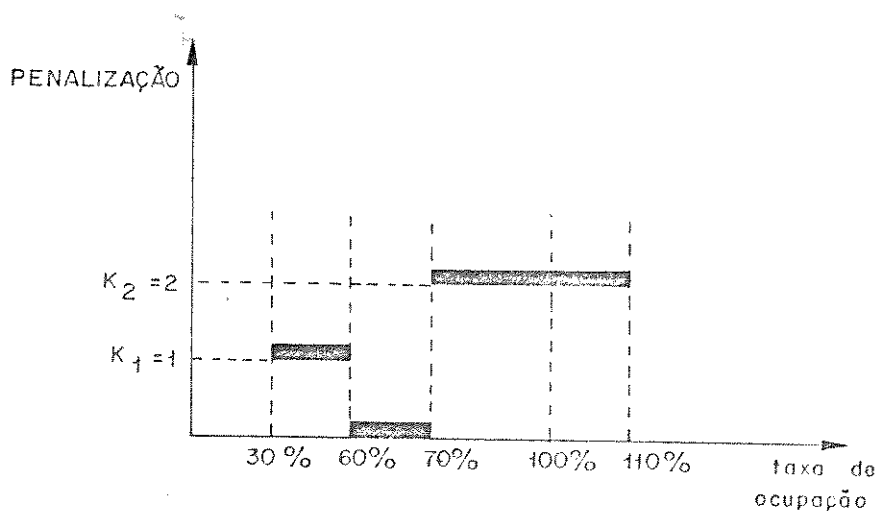
**** Soluções com "custos" diferentes para evitar redundância.

taxas de ocupação mínimas e máximas "futuras" permitidas = [30%,110%]

intervalo "ideal" para a taxa de ocupação = [60%, 70%]

fatores de penalização: $K_1 = 1$, $K_2 = 2^*$

*



Considerou-se [60%,70%] o intervalo "ideal" para a taxa de ocupação dado que a meta fixada pela TELEBRÁS é 65%. A penalidade imposta para as taxas de ocupação superiores a 70% foi maior que a penalidade imposta para as taxas de ocupação inferiores a 60%. Tal medida visou privilegiar soluções que não apresentassem taxas de ocupação muito altas.

Os resultados do PROGRAMA LIGA para cada período de planejamento são mostrados a seguir, onde:

- CABO NUM** : número do cabo
- PC : ponto de controle
- CAM. : a partir de que camada do cabo deve ser extraído o número de camadas distribuídas ao ponto de controle
- PRO : número de camadas distribuídas ao ponto de controle
- OC ATUAL : taxa de ocupação atual
- OC FUTURA : taxa de ocupação futura
- LIG : número de camadas ligadas
- DSL : número de camadas desligadas
- "CUSTO" DE LIG/DESL : "custo" associado ao número de camadas ligadas e desligadas
- "CUSTO" DE OCUPAÇÃO : "custo" associado ao se obter uma taxa de ocupação fora do intervalo "ideal" pré-estabelecido.

Após as listagens dos resultados do PROGRAMA LIGA para cada período de planejamento foi anexado um DIAGRAMA DE DERIVAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE, onde a evolução da situação da rede pode ser melhor acompanhada e

um ESQUEMÁTICO DE CABOS ALIMENTADORES E PONTOS DE CON
TROLE, onde a configuração final da rede pode ser mel
lhor visualizada.

1º PERÍODO

1984

***** CAD0 NUM: 11 *****

SOLUCOES SUGERIDAS:

A) POR LIGACOES:

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	113	1	6	76.67	86.00	6	0
2	106	7	6	87.33	94.00	2	6
3	102	13	4	89.50	95.50	0	2
4	109	17	8	84.25	72.75	0	0
"CUSTO" DE LIG/DESL:					24.000		

} solução adotada

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	113	1	6	76.67	86.00	6	0
2	106	7	6	87.33	94.00	2	6
3	102	13	4	89.50	95.50	0	2
4	109	17	7	73.43	83.14	0	1
"CUSTO" DE LIG/DESL:					25.000		

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	113	1	6	76.67	86.00	6	0
2	106	7	6	87.33	94.00	2	6
3	102	13	4	89.50	95.50	0	2
4	109	17	6	85.67	97.00	0	2
"CUSTO" DE LIG/DESL:					26.000		

B) POR TAXA DE OCUPACAO:

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	113	1	6	76.67	86.00	6	0
2	106	7	6	87.33	94.00	2	6
3	102	13	4	89.50	95.50	0	2
4	109	17	8	84.25	72.75	0	0
"CUSTO" DE OCUPACAO:					0.870		

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	113	1	6	76.67	86.00	6	0
2	106	7	6	87.33	94.00	2	6
3	102	13	4	89.50	95.50	0	2
4	109	17	7	73.43	83.14	0	1
"CUSTO" DE OCUPACAO:					0.939		

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	113	1	6	76.67	86.00	6	0
2	106	7	6	87.33	94.00	2	6
3	102	13	4	89.50	95.50	0	2
4	109	17	6	85.67	97.00	0	2
"CUSTO" DE OCUPACAO:					1.183		

***** CADO 1001: 12 *****

SOLUCOES SUGERIDAS:

A) POR LIGACOES:

#	N	FC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
# 1	# 105	# 1	# 6	# 80.33	# 91.33	# 0	# 2	
# 2	# 103	# 7	# 10	# 55.20	# 58.40	# 0	# 0	
# 3	# 108	# 17	# 8	# 66.00	# 79.00	# 0	# 0	
"CUSTO" DE LIG/DESL:						2.000		

#	N	FC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
# 1	# 105	# 1	# 6	# 80.33	# 91.33	# 0	# 2	
# 2	# 103	# 7	# 9	# 61.33	# 64.87	# 0	# 1	
# 3	# 108	# 17	# 8	# 66.00	# 79.00	# 0	# 0	
"CUSTO" DE LIG/DESL:						3.000		

#	N	FC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
# 1	# 105	# 1	# 6	# 80.33	# 91.33	# 0	# 2	
# 2	# 103	# 7	# 8	# 69.00	# 73.00	# 0	# 2	
# 3	# 108	# 17	# 8	# 66.00	# 79.00	# 0	# 0	
"CUSTO" DE LIG/DESL:						4.000		

B) POR TAXA DE OCUPACAO:

#	N	FC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
# 1	# 105	# 1	# 7	# 68.86	# 78.29	# 0	# 1	
# 2	# 103	# 8	# 8	# 69.00	# 73.00	# 0	# 2	
# 3	# 108	# 17	# 8	# 66.00	# 79.00	# 0	# 0	
"CUSTO" DE OCUPACAO:						0.000		

} solução adotada

#	N	FC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
# 1	# 105	# 1	# 7	# 68.86	# 78.29	# 0	# 1	
# 2	# 103	# 8	# 8	# 69.00	# 73.00	# 0	# 2	
# 3	# 108	# 17	# 7	# 75.43	# 90.29	# 0	# 1	
"CUSTO" DE OCUPACAO:						0.109		

#	N	FC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
# 1	# 105	# 1	# 7	# 68.86	# 78.29	# 0	# 1	
# 2	# 103	# 8	# 7	# 78.86	# 83.43	# 0	# 3	
# 3	# 108	# 17	# 8	# 66.00	# 79.00	# 0	# 0	
"CUSTO" DE OCUPACAO:						0.177		

***** CAD0 0001: 13 *****

SOLUCOES SUGERIDAS:

A) POR LIGACOES:

#	#	PC	#	CAN	#	PRO	#	OC ATUAL	#	OC FUTURA	#	LIG	#	DSL	
#	1	#	112	#	1	#	10	#	88.00	#	100.60	#	0	#	2
#	2	#	111	#	11	#	6	#	76.00	#	80.33	#	6	#	0
#	3	#	110	#	19	#	6	#	51.00	#	53.67	#	0	#	2
#	4	#	109	#	17	#	2	#	65.00	#	73.00	#	0	#	6
										"CUSTO" DE LIG/DSL:		23.000			

#	#	PC	#	CAN	#	PRO	#	OC ATUAL	#	OC FUTURA	#	LIG	#	DSL	
#	1	#	112	#	1	#	10	#	88.00	#	100.60	#	0	#	2
#	2	#	111	#	11	#	6	#	76.00	#	80.33	#	6	#	0
#	3	#	110	#	19	#	5	#	61.20	#	64.40	#	0	#	3
#	4	#	109	#	17	#	2	#	65.00	#	73.00	#	0	#	6
										"CUSTO" DE LIG/DSL:		23.000			

#	#	PC	#	CAN	#	PRO	#	OC ATUAL	#	OC FUTURA	#	LIG	#	DSL	
#	1	#	112	#	1	#	10	#	88.00	#	100.60	#	0	#	2
#	2	#	111	#	11	#	6	#	76.00	#	80.33	#	6	#	0
#	3	#	110	#	19	#	4	#	76.50	#	80.50	#	0	#	4
#	4	#	109	#	17	#	2	#	65.00	#	73.00	#	0	#	6
										"CUSTO" DE LIG/DSL:		24.000			

5) POR TAXA DE OCUPACAO:

#	#	PC	#	CAN	#	PRO	#	OC ATUAL	#	OC FUTURA	#	LIG	#	DSL	
#	1	#	112	#	1	#	12	#	73.33	#	83.83	#	0	#	0
#	2	#	111	#	13	#	6	#	76.00	#	80.33	#	6	#	0
#	3	#	110	#	19	#	4	#	76.50	#	80.50	#	0	#	4
#	4	#	109	#	23	#	2	#	65.00	#	73.00	#	2	#	8
										"CUSTO" DE OCUPACAO:		0.317			

} solução adotada

#	#	PC	#	CAN	#	PRO	#	OC ATUAL	#	OC FUTURA	#	LIG	#	DSL	
#	1	#	112	#	1	#	11	#	80.00	#	91.45	#	0	#	1
#	2	#	111	#	12	#	6	#	76.00	#	80.33	#	6	#	0
#	3	#	110	#	18	#	5	#	61.20	#	64.40	#	0	#	3
#	4	#	109	#	23	#	2	#	65.00	#	73.00	#	2	#	8
										"CUSTO" DE OCUPACAO:		0.320			

#	#	PC	#	CAN	#	PRO	#	OC ATUAL	#	OC FUTURA	#	LIG	#	DSL	
#	1	#	112	#	1	#	11	#	80.00	#	91.45	#	0	#	1
#	2	#	111	#	12	#	7	#	65.14	#	68.86	#	7	#	0
#	3	#	110	#	19	#	4	#	76.50	#	80.50	#	0	#	4
#	4	#	109	#	23	#	2	#	65.00	#	73.00	#	2	#	8
										"CUSTO" DE OCUPACAO:		0.330			

***** CARGO NUB: 1 *****

SOLUCOES SUGERIDAS:

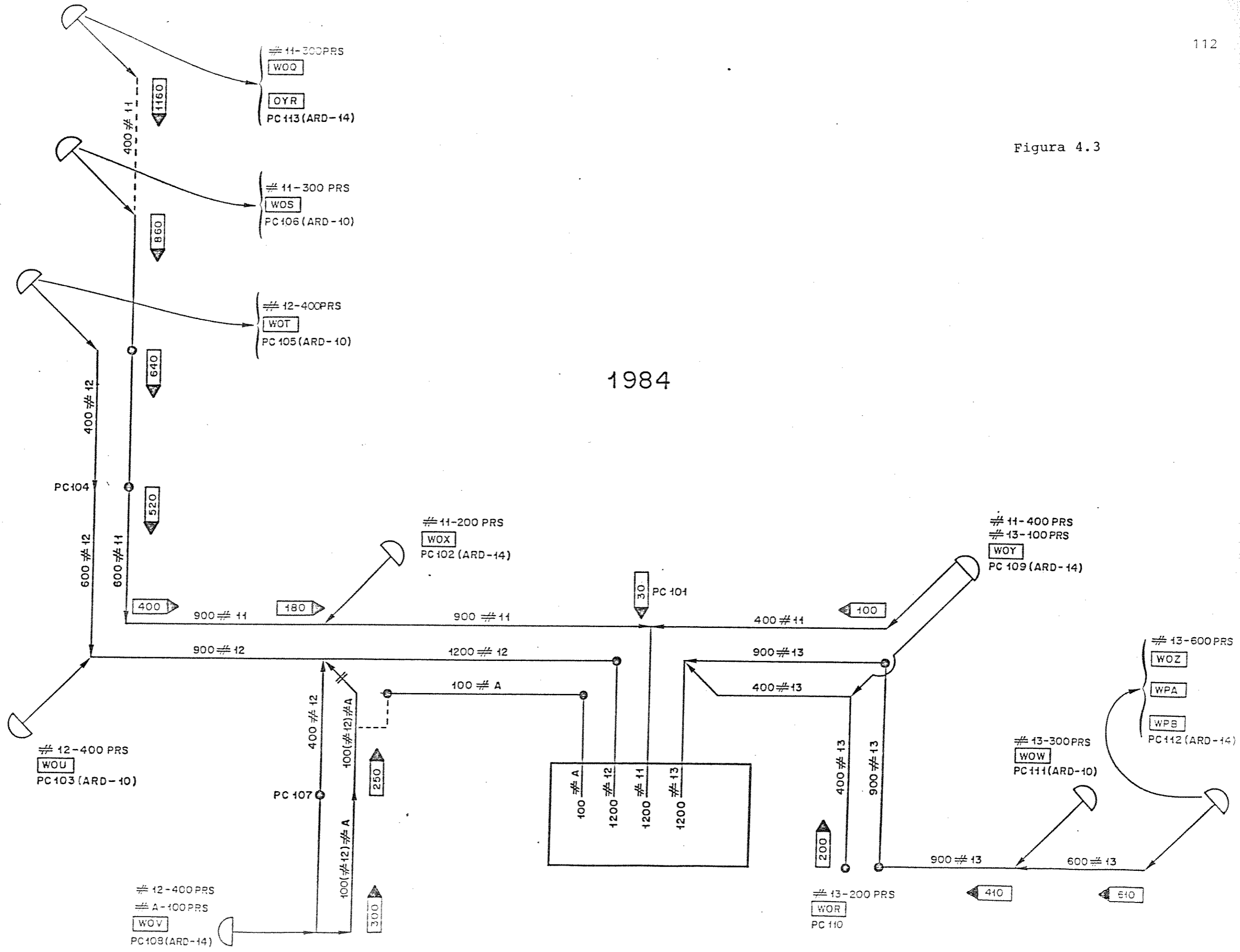
A) POR LIGACOES:

#	#	#	FC	#	CAN	#	PRO	#	DC ATUAL	#	DC FUTURA	#	LIG	#	DSL	#
#	1	#	108	#	1	#	2	#	68,00	#	82,00	#	2	#	0	#
"CUSTO" DE LIG/DESL:										4,000						

B) POR TAXA DE OCUPACAO:

#	#	#	FC	#	CAN	#	PRO	#	DC ATUAL	#	DC FUTURA	#	LIG	#	DSL	#
#	1	#	108	#	1	#	2	#	68,00	#	82,00	#	2	#	0	#
"CUSTO" DE OCUPACAO:										0,000						

Figura 4.3



2º PERÍODO

1986

***** CABO NIM: 11 *****

SOLUCOES SUGERIDAS:

A) POR LIGACOES:

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	113	1	6	86.00	104.67	0	0
2	106	7	6	94.00	98.33	0	0
3	102	13	4	95.50	96.50	0	0
4	109	17	8	72.75	83.75	0	0
"CUSTO" DE LIG/DESL:					0.000		

} solução adotada

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	113	1	6	86.00	104.67	0	0
2	106	7	6	94.00	98.33	0	0
3	102	13	4	95.50	96.50	0	0
4	109	17	7	83.14	95.71	0	1
"CUSTO" DE LIG/DESL:					1.000		

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	113	1	6	86.00	104.67	0	0
2	106	7	6	94.00	98.33	0	0
3	102	13	4	95.50	96.50	0	0
4	109	17	6	97.00	111.67	0	2
"CUSTO" DE LIG/DESL:					2.000		

B) POR TAXA DE OCUPACAO:

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	113	1	6	86.00	104.67	0	0
2	106	7	6	94.00	98.33	0	0
3	102	13	4	95.50	96.50	0	0
4	109	17	8	72.75	83.75	0	0
"CUSTO" DE OCUPACAO:					1.365		

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	113	1	6	86.00	104.67	0	0
2	106	7	6	94.00	98.33	0	0
3	102	13	4	95.50	96.50	0	0
4	109	17	7	83.14	95.71	0	1
"CUSTO" DE OCUPACAO:					1.573		

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	113	1	6	86.00	104.67	0	0
2	106	7	6	94.00	98.33	0	0
3	102	13	4	95.50	96.50	0	0
4	109	17	6	97.00	111.67	0	2
"CUSTO" DE OCUPACAO:					1.850		

CDDO NUN: 12

SOLUCOES-SUGERIDAS:

a) POR LIGACOES:

N	PC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	105	1	B	68.59	77.75	0	0
2	103	9	B	73.00	78.50	0	0
3	108	17	B	79.00	93.00	0	0
"CUSTO" DE LIG/DSL:					0.000		

} solução adotada

N	PC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	105	1	7	78.29	88.86	0	1
2	103	9	6	73.00	78.50	0	0
3	108	17	B	79.00	93.00	0	0
"CUSTO" DE LIG/DSL:					1.000		

N	PC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	105	1	7	78.29	88.86	0	1
2	103	9	7	83.43	89.71	0	1
3	108	17	B	79.00	93.00	0	0
"CUSTO" DE LIG/DSL:					2.000		

b) POR TAXA DE OCUPACAO:

N	PC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	105	1	B	68.59	77.75	0	0
2	103	9	B	73.00	78.50	0	0
3	108	17	B	79.00	93.00	0	0
"CUSTO" DE OCUPACAO:					0.240		

N	PC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	105	1	7	78.29	88.86	0	1
2	103	B	7	84.89	89.78	1	0
3	108	17	B	79.00	93.00	0	0
"CUSTO" DE OCUPACAO:					0.346		

N	PC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	105	1	7	78.29	88.86	0	1
2	103	B	B	73.00	78.50	1	1
3	108	17	B	79.00	93.00	0	0
"CUSTO" DE OCUPACAO:					0.406		

CASO NUM: 13

SOLUCOES SUGERIDAS:

A) POR LIGACOES:

N	N	PC	N	CAN	N	PRO	N	DC ATUAL	N	DC FUTURA	N	LIG	N	DSL	N	
#	1	#	112	#	1	#	12	#	83.83	#	96.17	#	0	#	0	#
#	2	#	111	#	13	#	6	#	80.33	#	84.67	#	0	#	0	#
#	3	#	110	#	19	#	4	#	80.50	#	84.50	#	0	#	0	#
#	4	#	109	#	23	#	2	#	73.00	#	84.00	#	0	#	0	#
"CUSTO" DE LIG/DESL:										0.000						

} solução adotada

N	N	PC	N	CAN	N	PRO	N	DC ATUAL	N	DC FUTURA	N	LIG	N	DSL	N	
#	1	#	112	#	1	#	12	#	83.83	#	96.17	#	0	#	0	#
#	2	#	111	#	13	#	6	#	80.33	#	84.67	#	0	#	0	#
#	3	#	110	#	21	#	4	#	80.50	#	84.50	#	2	#	2	#
#	4	#	109	#	19	#	2	#	73.00	#	84.00	#	2	#	2	#
"CUSTO" DE LIG/DESL:										12.000						

B) POR TAXA DE OCUPACAO:

N	N	PC	N	CAN	N	PRO	N	DC ATUAL	N	DC FUTURA	N	LIG	N	DSL	N	
#	1	#	112	#	1	#	12	#	83.83	#	96.17	#	0	#	0	#
#	2	#	111	#	13	#	6	#	80.33	#	84.67	#	0	#	0	#
#	3	#	110	#	19	#	4	#	80.50	#	84.50	#	0	#	0	#
#	4	#	109	#	23	#	2	#	73.00	#	84.00	#	0	#	0	#
"CUSTO" DE OCUPACAO:										0.753						

***** CARGO *****

SOLUCIONES SUGERIDAS:

A) POR LIGAJES:

N	PC	CAN	PRO	OC	ACTUAL	OC	FUTURA	LIG	DSL
1	LOR	1	2	02.00	54.00	0	0	0	0
COSTO DE LIG/DSL:					0.000				

B) POR TAXA DE OCUPACAO:

N	PC	CAN	PRO	OC	ACTUAL	OC	FUTURA	LIG	DSL
1	LOR	1	2	02.00	54.00	0	0	0	0
COSTO DE OCUPACAO:					0.240				

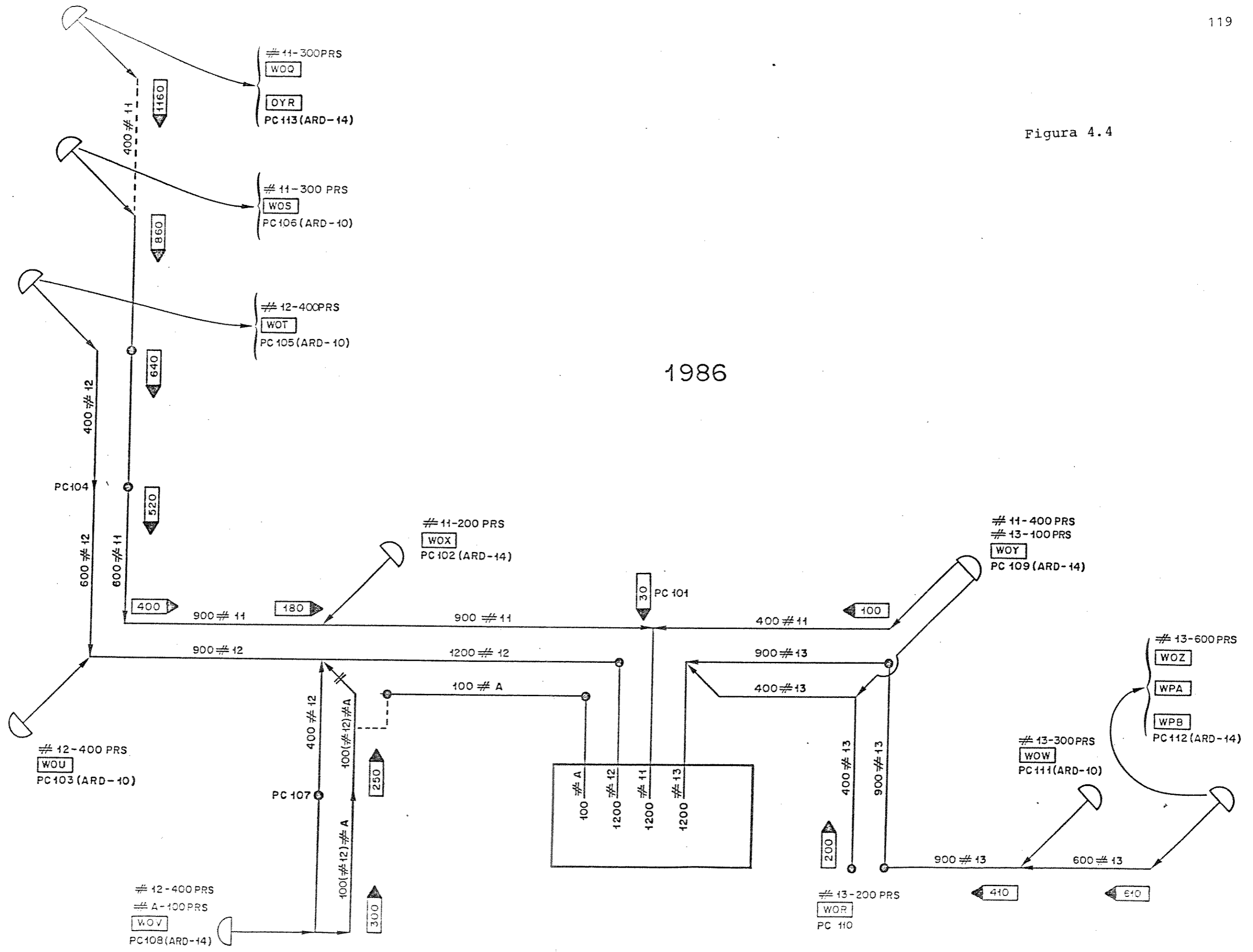


Figura 4.4

3º PERÍODO

1988

***** CABO NUN: 11 *****

SOLUCOES SUGERIDAS:

A) POR LIGACOES:

N	PC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	113	1	7	89.71	97.43	1	0
2	106	8	5	96.00	100.00	0	1
3	102	13	4	96.50	98.50	0	0
4	109	17	8	83.75	89.75	0	0
"CUSTO" DE LIG/DESL:					3.000		

} solução adotada

N	PC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	113	1	7	89.71	97.43	1	0
2	106	8	5	96.00	100.00	0	1
3	102	13	4	96.50	98.50	0	0
4	109	17	7	95.71	102.57	0	1
"CUSTO" DE LIG/DESL:					4.000		

B) POR TAXA DE OCUPACAO:

N	PC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	113	1	7	89.71	97.43	1	0
2	106	8	5	96.00	100.00	0	1
3	102	13	4	96.50	98.50	0	0
4	109	17	8	83.75	89.75	0	0
"CUSTO" DE OCUPACAO:					1.719		

N	PC	CAN	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	113	1	7	89.71	97.43	1	0
2	106	8	5	96.00	100.00	0	1
3	102	13	4	96.50	98.50	0	0
4	109	17	7	95.71	102.57	0	1
"CUSTO" DE OCUPACAO:					1.959		

***** CABO NUM: 12 *****

SOLUCOES SUGERIDAS:

A) POR LIGACOES:

N	PC	CAM	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	106	1	1	90.00	100.00	1	0
2	105	2	7	88.86	94.57	0	1
3	103	9	8	78.50	80.25	0	0
4	108	17	8	93.00	99.75	0	0
"CUSTO" DE LIG/DSL:					3.000		

} solução adotada

N	PC	CAM	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	106	1	1	90.00	100.00	1	0
2	105	2	7	88.86	94.57	0	1
3	103	9	7	89.71	91.71	0	1
4	108	17	8	93.00	99.75	0	0
"CUSTO" DE LIG/DSL:					4.000		

B) POR TAXA DE OCUPACAO:

N	PC	CAM	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	106	1	1	90.00	100.00	1	0
2	105	2	7	88.86	94.57	0	1
3	103	9	8	78.50	80.25	0	0
4	108	17	8	93.00	99.75	0	0
"CUSTO" DE OCUPACAO:					1.407		

N	PC	CAM	PRO	OC ATUAL	OC FUTURA	LIG	DSL
1	106	1	1	90.00	100.00	1	0
2	105	2	7	88.86	94.57	0	1
3	103	9	7	89.71	91.71	0	1
4	108	17	8	93.00	99.75	0	0
"CUSTO" DE OCUPACAO:					1.631		

***** CABO NUH: 13 *****

SOLUCOES SUGERIDAS:

A) POR LIGACOES:

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	112	1	12	96.17	102.50	0	0
2	111	13	6	84.67	86.33	0	0
3	110	19	4	84.50	86.50	0	0
4	109	23	2	84.00	90.00	0	0

"CUSTO" DE LIG/BSL: 0.000

} solução adotada

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	112	1	12	96.17	102.50	0	0
2	111	13	6	84.67	86.33	0	0
3	110	21	4	84.50	86.50	2	2
4	109	19	2	84.00	90.00	2	2

"CUSTO" DE LIG/BSL: 12.000

B) POR TAXA DE OCUPACAO:

N	PC	CAN	PRO	DC ATUAL	DC FUTURA	LIG	BSL
1	112	1	12	96.17	102.50	0	0
2	111	13	6	84.67	86.33	0	0
3	110	19	4	84.50	86.50	0	0
4	109	23	2	84.00	90.00	0	0

"CUSTO" DE OCUPACAO: 1.387

***** CABO HON: 1 *****

SOLUCOES SUBERIDAS:

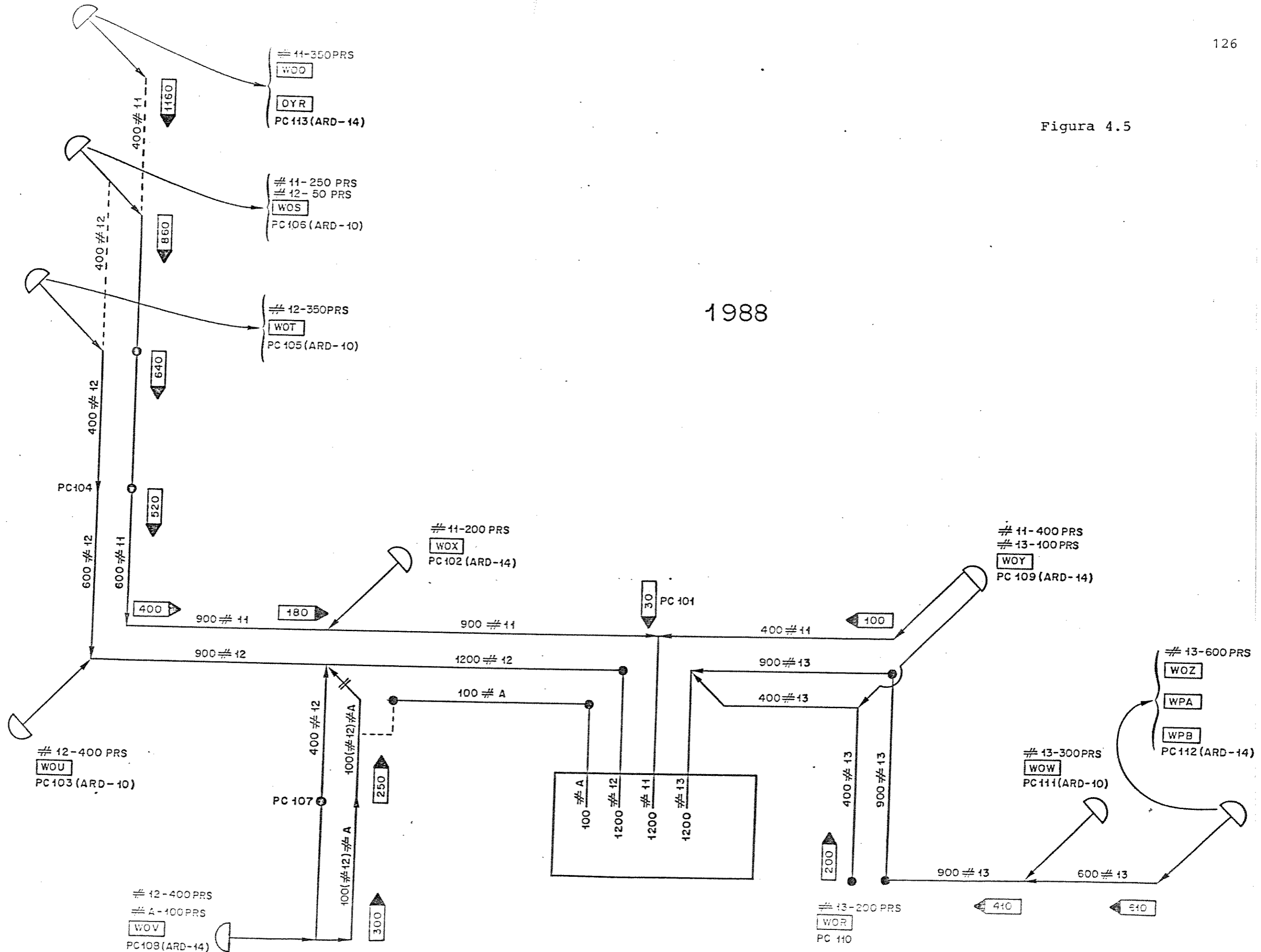
A) POR LIGACOES:

* N *	PC	* CAN *	PRO	* DC ATUAL *	* DC FUTURA *	* LIG *	DSL *
* 1 *	108	* 1 *	2	* 94.00 *	* 100.00 *	* 0 *	0 *
"CUSTO" DE LIG/DESL:					0.000		

B) POR TAXA DE OCUPACAO:

* N *	PC	* CAN *	PRO	* DC ATUAL *	* DC FUTURA *	* LIG *	DSL *
* 1 *	108	* 1 *	2	* 94.00 *	* 100.00 *	* 0 *	0 *
"CUSTO" DE OCUPACAO:					0.480		

Figura 4.5



4. COMENTÁRIOS

- Comparação entre os resultados do PROGRAMA ALIVIA e
 - PLANEJAMENTO-TELESP:

ANO	PLANEJAMENTO	COMPRIMENTO DOS CABOS LANÇADOS (metros)		AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE DE COMUTAÇÃO DA CENTRAL (pares)	CUSTO DOS PARES DE FIOS LANÇADOS (Cr\$)	TAXA DE OCUPAÇÃO NO DG
		400 pares	600 pares			
1984	ALIVIA	300	0	0	9860.0	71.97%
	TELESP	320	300	400	18044.0	65.00%
	economia	6.25%	100%	100%	56.44%	-
1986	ALIVIA	0	0	0	0	80.11%
	TELESP	-	-	-	-	-
	economia	-	-	-	-	-
1988	ALIVIA	220	0	0	5764.0	89.65%
	TELESP	-	-	-	-	-
	economia	-	-	-	-	-

Tabela 4.6

Como mostra a Tab. 4.6, para 1984, o PROGRAMA ALIVIA reduziu os dispêndios efetuados pelo PLANEJAMENTO - TELESP em todos os itens considerados. O custo dos pares lançados, por exemplo, sofreu uma redução de

56.44%.

Além disso, obteve-se uma elevação de 6.97% no valor da taxa de ocupação no DG, devido à não ampliação da capacidade de comutação da central.

Notar que estas diferenças foram verificadas em uma rede de pequeno porte como é a rede da ESTAÇÃO DUQUE DE CAXIAS (14 nós, 13 arcos). Em redes de maior porte, pode-se prever vantagens ainda maiores para o PROGRAMA ALIVIA.

A elevação gradativa do percentual de aproveitamento da rede proporcionada pelo PROGRAMA ALIVIA também pode ser observada na Tab. 4.6: 71.97% em 1984, 80.11% em 1986 e 89.65% em 1988.

- Comparação entre os resultados do PROGRAMA LIGA e o PLANEJAMENTO TELESP:

Como mostra a Tab. 4.7, a seguir, para 1984, o PROGRAMA LIGA apresentou um "custo de liga/desliga" menor e um "custo de ocupação do DG" maior do que aqueles observados no PLANEJAMENTO TELESP.

A razão para este "custo de ocupação" maior reside em ter-se fixado o intervalo "ideal" [TOC1,TOC2] de ocupação em [60%,70%]: Sendo 65.00% a taxa de ocupação do PLANEJAMENTO-TELESP, esta não é penalizada, e como a taxa de ocupação do PROGRAMA LIGA é 71.97%, penaliza-se o 1.97% que excede o intervalo "ideal" com $K_2 = 2$.

No entanto, é evidente que a taxa de ocupação igual a 71.97% é melhor que 65.00%...

Por outro lado, deve-se observar que a distribuição dos pares de fios aos pontos de controle, obtida em 1984 pelo PROGRAMA LIGA, se manteve intacta em 1986 (ver Tab. 4.7 - "custo de liga/desliga" = 0) e se alterou levemente em 1988 (ver Tab. 4.7 - "custo de liga/desliga" = 6) pela necessidade de se lançar 400 pares no trecho que antecede o PC 106. Ou seja, a configuração de rede planejada para entrar em funcionamento em 1984 praticamente não sofre alterações até 1988, o que facilita a administração do sistema.

- Para o 4º período de planejamento, o valor da taxa ocupação pode sofrer uma pequena queda em virtude da necessidade de se lançar um novo cabo na rede.

Além disso, o armário instalado no PC 111 (ARD-14) não terá mais condições de continuar a atender a demanda nas seções de serviço WOZ, WPA e WPB, pois a sua capacidade será esgotada - ver 3º período/cabo 13 / PC 111, taxa de ocupação futura = 102.5%. Isto sugere a necessidade de se abrir um novo ponto de controle na rede.

- A Tab. 4.8 informa os TEMPOS DE CPU para os 3 programas.

Notar que os valores são baixos ainda que o número de valores possíveis para u fornecido ao PROGRAMA ALIVIA tenha sido excessivo (=50) e que as taxas de ocupação mínimas e máximas para os períodos "atual e futuro" fixadas igualmente para todos os períodos de planejamento (=[30%,100%] e [30%,110%] respectivamente) no PROGRAMA LIGA, tenham criado alternativas de distribuição das camadas aos pontos de controle em excesso.

PROGRAMA	TEMPO DE CPU (seg.)
DETETA	0.20
ALIVIA	1.25
LIGA	2.10

Tabela 4.8

CAPÍTULO 5

VISÕES ALTERNATIVAS OU COMPLEMENTARES

1. INTRODUÇÃO

O material de pesquisa reunido para a realização do trabalho apresentado nos capítulos anteriores, pode ser classificado em três grupos:

- A) ALÍVIO: É formado pelos trabalhos que abordam a questão do lançamento de novos pares de fios na rede, instalação de concentradores, etc.

- B) DISTRIBUIÇÃO: É formado pelos trabalhos que abordam a questão da distribuição dos pares de fios aos pontos de controle.

- C) OUTROS

A seguir, tais trabalhos são apresentados.

2. ALÍVIO

O EFRAP [20],[34],[38] - Exchange Feeder Route Analysis Program - é o programa utilizado pelas companhias operadoras da "Bell System" para planejar a expansão da capacidade das rotas de alimentação.

Nele, supõe-se que a rede pode ser decomposta em trechos, que a expansão da capacidade em cada trecho pode ser realizada independentemente da capacidade dos trechos vizinhos, que a demanda é um valor determinístico e que o único custo importante é o custo de comprar e instalar o cabo na rede de dutos. Decisões como a construção de novos dutos ou a remoção de um cabo para instalação de outro no seu lugar, devem ser tomadas externamente ao programa.

Os deficits de pares de fios em cada trecho podem ser atendidos no calibre nominal exigido ou pela utilização de pares de fios de calibres mais grossos que estejam disponíveis no trecho.

O método empregado é o "branch-and-bound" acelerado por heurísticas. A otimalidade da solução não é garantida.

O horizonte de planejamento é infinito; mas, dado que somente os primeiros níveis da árvore de decisões tem importância crítica, procedeu-se uma hierarquização dos diversos níveis de profundidade da mesma: 1ª) realizar uma enumeração explícita de todas as alternativas de solução para os 2 primeiros níveis de decisão; 2ª) completar a seqüência a partir dos

2 primeiros até o 45º ano usando heurísticas; 3ª) estimar o custo de completar a seqüência a partir do 45º ano até o infinito.

O SYNTAX [35],[36], é o programa desenvolvido pelo CNET (Centre National D'Études des Télécommunications - France) para orientar os investimentos na rede em cabos, duros e concentradores.

Assume-se que, quando um trecho se torna saturado, o alívio pode ser providenciado através do lançamento de novos cabos ou da instalação de concentradores*. Os dados de entrada exigem uma descrição detalhada da rede, autorização para desmontar vias aéreas de cabos, remover concentradores, etc.

O método utilizado é o "profondeur d'abord" (método a proximado derivado do "branch-and-bound").

O SYNTAX, na versão "time-sharing" limita o número de pontos de controle em 20 e na versão "in batch" em 30.

O PLOTTER [39] - Plano Otimizador de Topologia em Re de - é um programa desenvolvido para a TELEMIG pela UFMG que tem por objetivo auxiliar o planejamento de redes telefônicas de alimentação. Com base no mapeamento da área de atendimento, o sistema interage com o usuário a fim de eleger o ponto de con trole de cada seção de serviço, e definir e dimensionar (cabos e duros) o caminho que liga cada ponto de controle eleito à cen tral telefônica.

* O processo para verificação da conveniência de se instalar con centradores é exaustivo; nenhum critério para eliminação "a priori" de alguns nós é aplicado.

A estratégia para resolver o problema envolve 3 etapas: INICIALIZAÇÃO (através do Algoritmo de Dijkstra é escolhido o nó candidato a ar co), HEURÍSTICA (busca a economia de escala oriunda da coincidência de trajetos) e OTIMIZAÇÃO (considera as economias provenientes do aproveitamento da rede e existente e da utilização de cabos de maior capacidade).

Em [21] são apresentados e discutidos uma série de modelos matemáticos que podem ser utilizados para uma análise econômica da instalação de carriers e concentradores nas redes telefônicas. O LFRAP - Long Feeder Route Analysis Program - é um programa que compara as soluções "usando cabos" e "usando carriers/concentradores". O método utilizado é o "branch - and -bound" e a solução obtida não é necessariamente ótima.

Y. Rapp [37] propõe a programação dinâmica para de terminar, para cada período de planejamento, o número de pares de fios a ser lançado em cada trecho da rede de cabos alimen tadores e as expansões nas redes de dutos.

3. DISTRIBUIÇÃO

Em [24] são descritas e modeladas sob o ponto de vista dos custos operacionais 2 tipos de rede: "REASSIGNABLE PLANT" e "CONNECT-THROUGH ADMINISTRATION". Na primeira, quando um par de fios deixa de servir um assinante, ele é considerado disponível para servir outro; na segunda, a conexão entre o assinante e a central é mantida intacta mesmo quando o serviço é interrompido. O EFAR - Economic Feeder Administration and Relief - é um programa desenvolvido sobre a "REASSIGNABLE PLANT", que encontra o período ótimo para lançar cabos de reforço e avalia o impacto econômico de rearranjos na distribuição.

Para determinar sob que condições é preferível desconectar os pares CT (pares de fios que estão ligados entre a central e os assinantes mas que não estão em serviço) a ter que providenciar o lançamento de cabos de reforço, [25] desenvolve alguns modelos específicos para crescimento de demanda linear, exponencial, etc. Caso seja decidida a desconexão dos pares CT, demonstra-se que devem ser desconectados aqueles com a menor probabilidade de reutilização instantânea.

Quanto à multiplagem na rede, [30] mostra através de um modelo estocástico, que esta pode ser razoavelmente limitada em cerca de 10% a 20% do total de pares disponíveis na rede.

[33] apresenta um modelo para rotas de alimentação, através do qual pode-se obter uma distribuição factível dos pares de fios, usando técnicas de programação matemática (algorit

mo interativo de programação linear por partes) combinada com heurística.

A heurística é o meio encontrado para garantir um tempo computacional razoável e para que se possa resolver de modo aproximado o problema (que é dinâmico).

A Fig. 5.1 mostra uma rota de topologia complexa na qual todos os cabos possuem o mesmo calibre e o seu modelamento segundo [33].

Em [23] é apresentada uma heurística capaz de descobrir deficits ou superavits na distribuição de pares de pares de fios a uma seção de serviço ou a um conjunto de seções de serviço; porém não propõe nenhuma solução alternativa para a distribuição atual. O algoritmo é especializado pa-ra rotas que apresentam altas taxas de crescimento da demanda e não considera o calibre dos cabos.

A heurística proposta em [32] pode ser encarada como uma continuação daquela apresentada em [23]: Aqui, a heu-rística pode ser aplicada em rotas de topologia complexa, multi-calibres e que apresentem altas ou baixas taxas de crescimento da demanda. Além disso, ela é capaz de propor uma alternativa factível de distribuição dos pares de fios na rede para a situação atual.

Com o objetivo de estudar o movimento dos assinantes na rede, [31] constrói um modelo para simular a aleatorie-dade do evento e encontrar uma estratégia de distribuição

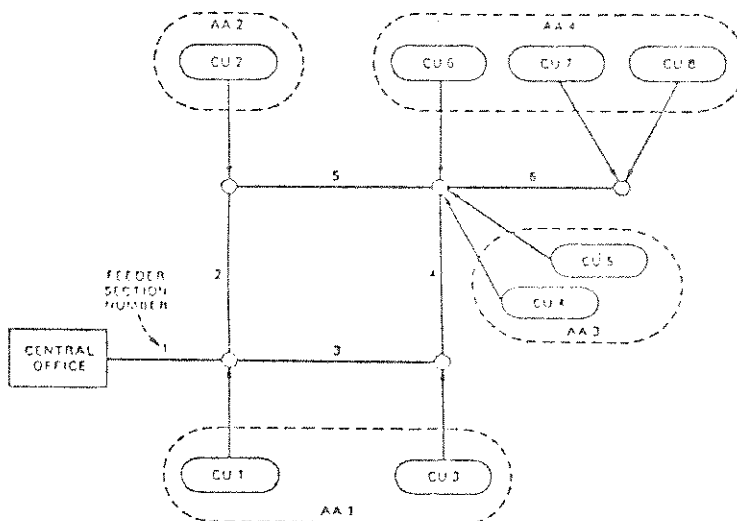


Figura 5.1

MODELAMENTO:

função objetivo (minimizar) $\sum_{j=1}^4 f_j(z_j)$

restrições

$$\begin{aligned}
 z_1 &= x_1 + x_3 \\
 z_2 &= x_2 \\
 z_3 &= x_4 + x_5 \\
 z_4 &= x_6 + x_7 + x_8 \\
 x_1 &= x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 \leq s_1 \\
 &\quad x_2 \quad \quad \quad + x_5 + x_6 + x_7 \leq s_2 \\
 &\quad \quad \quad x_3 + x_4 \quad \quad \quad + x_8 \leq s_3 \\
 &\quad \quad \quad \quad x_4 \quad \quad \quad + x_8 \leq s_4 \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad x_5 + x_6 + x_7 \leq s_5 \\
 &\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad x_7 + x_8 \leq s_6 \\
 x_i &\geq d_i, \quad i = 1, \dots, 8
 \end{aligned}$$

onde:

- CU_i = seção de serviço i
 - AA_j = conjunto de seções de serviço j
 - x_i = nº de pares distribuídos a CU_i
 - z_j = nº de pares distribuídos a AA_j
 - d_i = demanda de pares na seção de serviço i
 - s_k = nº de pares disponíveis no trecho k
- ↓
feeder section number k

dos pares de fios que minimize os custos de rearranjos na rede.

4. OUTROS

[19] faz uma abordagem das dificuldades inerentes ao modelamento da rede telefônica de alimentação e estabelece uma terminologia para a mesma.

[22] propõe um modelo para estimar o número total de pares de fios que deverão ser lançados na rede no próximo pe ríodo de planejamento (interessante para elaboração do orçamento).

[26],[27],[28] e [29] foram considerados de importância menor.

5. COMENTÁRIOS

Cada trabalho apresentado nos itens 2, 3 e 4 possui características muito próprias, decorrentes do problema específico que se propõe a resolver, da configuração da rede para a qual é destinado, da política de expansão adotada, etc.

A verificação da conveniência de se instalar concentradores, por exemplo, ignorada pelo EFRAP, é considerada importante pelo SYNTAX. Talvez porque as diretrizes de expansão que orientaram os 2 trabalhos fossem diferentes.

A localização de novos pontos de controle, fundamental no PLOTTER, não é considerada por nenhum outro trabalho. Talvez porque o PLOTTER seja um trabalho brasileiro e aqui isto seja importante.

A determinação das expansões na rede de dutos, considerada em [37], não o é no EFRAP.

Com o objetivo de desenvolver um trabalho que contivesse recursos endereçados especificamente para as redes brasileiras e sua problemática de curto prazo é que, antes de nos orientarmos por uma ou outra proposta apresentada neste capítulo, procuramos estabelecer contato com uma companhia operadora brasileira, no caso a TELESP, que nos forneceu os dados referentes à rede da ESTAÇÃO DUQUE DE CAXIAS - TAQUARITINGA / SP e contribuiu com sugestões e propostas de encaminhamento.

Em decorrência, as orientações contidas neste capítulo

tulo exerceram uma influência menor nas feições que o nosso trabalho tomou, e passaram a se constituir naquilo que se convencionou chamar de visões alternativas ou complementares deste.

Não obstante, para a continuidade deste trabalho (ver Cap. 6), estas orientações têm seu lugar assegurado entre as fontes de pesquisa a serem consultadas.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE CONTINUIDADE

O emprego de programas computacionais como instrumentos auxiliares do planejamento da expansão de redes telefônicas primárias a curto prazo pode melhorar a qualidade das decisões adotadas.

A rapidez com que tais ferramentas de cálculo geram alternativas de expansão e a análise conjunta que elas realizam das diferentes opções técnico-econômicas são fortes argumentos para encorajar seu desenvolvimento e utilização.

A partir desta premissa é que foram desenvolvidos os PROGRAMAS DETETA, ALIVIA e LIGA, cujos desempenhos, como pode ser observado no Cap. 4, mostraram-se satisfatórios.

Todavia, estes programas só puderam ser aplicados sobre uma rede de pequeno porte, como a da ESTAÇÃO DUQUE DE CAXIAS - TAQUARITINGA/SP. Apesar dos esforços, não nos foi permitido o acesso a dados de outras redes de maiores dimensões.

Assim, o primeiro passo na continuidade desta linha de pesquisa é justamente este: ensaiar redes de maior porte.

O aperfeiçoamento dos atuais programas e a criação de novos programas são outras perspectivas de trabalho que estão abertas. Neste sentido, pode-se sugerir:

- A) O desenvolvimento de um programa capaz de decidir os calibres a serem usados em cada trecho da rede e que contemple a utilização de "tratamento de enlace" - ETAPA DE DETECÇÃO.

- B) O desenvolvimento de um programa que automatize as operações realizadas na ETAPA DE ARRUMAÇÃO.
- C) O desenvolvimento de um programa para verificar a conveniência da instalação de carriers e concentradores na rede - ETAPA DE ALÍVIO.
- D) Um refinamento do PROGRAMA ALIVIA para que este , antes de lançar na rede pares de fios no calibre nominal exigido, verifique a disponibilidade de pares de fios em calibres mais grossos.
- E) Um refinamento do PROGRAMA LIGA, para que este, antes de eliminar soluções com "custos de liga / desliga" iguais, promova um desempate através dos "custos de ocupação" e vice-versa.

Para a execução destas tarefas, são úteis:

- 1º) os trabalhos apresentados no Cap. 5, que fornecem orientações.
- 2º) o contato com uma companhia operadora brasileira que contribuisse com sugestões e propostas de encaminhamento.

APÊNDICE

PEQUENO GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS DE
TELECOMUNICAÇÕES [18]

ALÍVIO DE CABO

Processo utilizado na rede de cabos para prover facilidades adicionais, transferindo a totalidade ou parte da carga de uma camada de pares, cabo ou rota saturada para outro que comporte esta carga.

ALÍVIO DE CABO POR EXPANSÃO

Provisão de facilidades de acordo com um plano ou programa global de expansão de rede de cabos de assinantes, de uma rota ou de toda a área de uma estação, consistindo, geralmente, da instalação de um ou mais cabos novos terminados no Distribuidor Geral.

ALÍVIO DE CABO POR INTERCEPTAÇÃO

Alívio obtido por intermédio da interceptação de um cabo existente por um novo cabo.

ALÍVIO DE CABO POR REMANEJAMENTO

Medida para obter algumas facilidades adicionais em pontos isolados da rede, utilizando os expedientes mais econômicos, tais como mudança de distribuição e instalação de pequenos trechos de cabos, de armários de distribuição e de carriers de assinantes, para aguardar ou retardar um alívio por expansão.

ALÍVIO DE CABO POR TRANSFERÊNCIA

Alívio obtido pela transferência de algumas derivações laterais ou ramais de um cabo alimentador existente para um outro cabo, novo ou existente.

ÁREA DE ESTAÇÃO

Área geográfica atendida por uma estação telefônica e sua respectiva rede de cabos de assinantes.

ÁREA LOCAL

Área geográfica atendida pelo conjunto de áreas de estação e a sua respectiva rede de cabos troncos.

ARMÁRIO DE DISTRIBUIÇÃO

Dispositivo destinado a suportar e abrigar blocos de conexão que possibilitam a interconexão dos cabos da rede alimentadora, que ali terminam, com os cabos da rede de distribuição.

ATENUAÇÃO

(de um sinal) Diminuição de certas grandezas características de um sinal, expressa pela relação entre estas grandezas na saída e na entrada de um dispositivo ou de um percurso.

CAIXA DE DISTRIBUIÇÃO

Caixa na qual são terminados e interligados os cabos de entrada da rede externa da concessionária e os cabos internos do edifício.

CAIXA SUBTERRÂNEA

É uma caixa de passagem instalada sob o chão, constituída, normalmente, de tijolo ou concreto, tendo como finalidade permitir o puxamento dos cabos, acomodar emendas, derivar cabos, receber equipamentos de tratamento de linha (repetidores, potes de pupinização, etc.) e permitir os trabalhos no seu interior.

CALIBRE

Diâmetro dos fios telefônicos.

CANAL

Conjunto de meios necessários para assegurar uma transmissão em um único sentido.

CARRIER

ver "Ondas Portadoras".

CENTRAL LOCAL

Central de comutação telefônica à qual se ligam linhas de assinantes.

CENTRAL TANDEM

Central telefônica cuja principal função é ligar outras centrais de comutação entre si.

CENTRAL TELEFÔNICA

Conjunto de equipamento de comutação destinado ao encaminhamento e/ou estabelecimento de chamadas telefônicas.

CENTRAL TRÂNSITO

Central tandem utilizada no encaminhamento de chamadas interurbanas.

CENTRO DE FIOS

Ponto de localização de uma estação telefônica ou outros equipamentos (concentradores, unidades remotas, etc.) que permite a conexão dos assinantes com os menores custos e distâncias.

COMUTAÇÃO

Conjunto de operações envolvidas na interligação de circuitos, para o estabelecimento de uma comunicação entre 2 ou mais equipamentos de assinante.

CONCENTRADOR DE LINHAS

Equipamento de comutação que permite ligar um certo número de assinantes grupados geograficamente à central telefônica de uma área, por meio de um número reduzido de circuitos, sem ne

cessidade de modificação do equipamento da central. Compõem -
-se de duas unidades:

- a) Unidade distante, para a qual convergem as linhas de as
sinantes.
- b) Unidade central, que interliga a central telefônica aos
troncos de conexão com a unidade distante.

CORTE DE ÁREA

Serviço executado numa rede, com a finalidade de adequá-la a
novos limites determinados por planejamento.

DISTRIBUIÇÃO

Determinação ordenada da terminação ou conexão dos pares de
um cabo telefônico, ou da centralização dos circuitos que ter
minam em armários de distribuição, de um modo geral.

DISTRIBUIDOR GERAL (DG)

Distribuidor ao qual se ligam, de um lado, as linhas externas
à central telefônica, e de outro, a sua cablagem interna.

Nota: Em inglês, Main Distribution Frame.

DUTO

Qualquer tipo de tubulação que permite a instalação de cabos
telefônicos.

EMENDA DE CABOS

É a conexão entre as extremidades de duas seções de cabos.

ENLACE

Circuito formado pela linha do assinante e pelo aparelho telefônico (fora do ganho); normalmente é ligado a uma ponte de alimentação.

ESTAÇÃO TELEFÔNICA

Conjunto constituído do prédio (ou unidades volantes) e de uma ou mais centrais telefônicas nele instaladas.

EXPANSÃO DE REDE

Serviço caracterizado pela ampliação de uma rede, com a eventual retirada de cabos existentes, afim de criar facilidades para novos assinantes.

EXTENSOR DE ENLACE

Equipamento destinado a elevar o limite de supervisão de uma central a um valor maior que o especificado, seja para uma linha de assinante ou para um tronco. O extensor de enlace, quando do tipo ativo, aplica um reforço de tensão à linha; é instalado na estação telefônica.

FURO

Cada cabo telefônico instalado num duto, ocupa um de seus furos.

LINHA

Parte externa de um circuito, constituída por fios condutores interligando um aparelho telefônico, telegráfico ou de dados, a uma central de comutação ou interligando duas centrais de comutação entre si, ou quaisquer equipamentos de telecomunicações.

LINHA DE ASSINANTE

Linha (telefônica) que liga uma instalação de assinante à Central Telefônica a que pertence.

LINHA PRIVATIVA (LP)

Meio de transmissão, constituído de um ou mais pares de fios e de equipamentos complementares, que interliga dois pontos distintos e não é conectado aos equipamentos de comutação das estações de telecomunicações públicas.

MODULAÇÃO

Processo através do qual certas características de uma onda são modificadas em função de uma característica de uma onda ou sinal.

MULTIPLAGEM

Arranjo de terminação ou de conexão, repetida dos pares ou grupos de pares do cabo.

MULTIPLEX

Emprego de um canal comum para formar diversos canais de comunicação, seja através da divisão da faixa de frequências transmitidas por este canal comum em faixas menores, as quais se constituem cada uma, em um canal de transmissão distinto (multiplex por divisão de frequências - FDM), seja através da utilização deste canal comum para constituir, por distribuição no tempo, diferentes canais de transmissão intermitentes (multiplex por divisão de tempo - TDM).

ONDAS PORTADORAS

A expressão ondas portadoras é utilizada com o significado de multiplex FDM.

PAR

Conjunto de dois condutores.

PAR MORTO

Par inoperante, desconectado tanto no Distribuidor Geral como no outro extremo.

PAR RESERVA

Par conectado apenas no lado vertical do Distribuidor Geral e desconectado no outro extremo.

PAR VAGO

Par conectado ao Distribuidor Geral no lado da central e a terminais de cabo no outro extremo, mas que não está em serviço.

PARES TERMINADOS

Quantidade de pares que efetivamente são ligados aos blocos terminais internos numa Caixa de Distribuição ou Distribuidor Geral.

PCM

(Modulação por Código de Pulsos) Processo pelo qual um sinal é amostrado e a amplitude de cada amostra é quantizada segundo um código que a converte em um sinal digital.

PONTO DE ALÍVIO

Ponto, determinado no projeto, em que um cabo de alívio intercepta o cabo alimentador existente, a fim de ampliar a capacidade de atendimento.

PONTO DE CONTROLE (PC)

Em uma rota de cabos de assinantes, é todo ponto, ao longo desta rota, onde ocorrem: descontinuidade do número total de pares, derivações dos cabos ou mudanças no diâmetro dos condutores, etc.

PUPINIZAÇÃO

Consiste na inserção de bobinas de indutância em série com os condutores do par com a finalidade principal de reduzir a atenuação do par em determinada faixa de frequências. Trata-se de uma compensação indutiva aplicada a intervalos regulares.

REDE

Conjunto de aparelhos telefônicos, linhas e circuitos, bem como os meios de comutação para a sua interligação, junto com todos os acessórios, para assegurar um serviço de telecomunicações.

REDE ALIMENTADORA (OU PRIMÁRIA)

É o conjunto de cabos alimentadores planejados, projetados ou existentes, dentro de uma determinada área de estação ou área local.

REDE DE CABO DE ASSINANTES (RCA)

É o conjunto de cabos alimentadores e de distribuição, projetada

dos ou existentes, dentro de uma área de estação ou área local.

REDE DE DISTRIBUIÇÃO (OU SECUNDÁRIA)

É o conjunto de cabos de distribuição planejados, projetados ou existentes, dentro de uma área de estação ou área local.

REDE DEDICADA

Sistema de rede na qual é previsto um ou mais pares telefônicos para cada assinante, ligando diretamente os telefones à estação telefônica sem interferências.

REDE EXTERNA

Conjunto de cabos telefônicos, inclusive cabos de entrada em edifícios, fios de distribuição externa, equipamentos e acessórios (excetuando-se os telefones), externos às estações telefônicas (entrada da vertical do Distribuidor Geral), destinado a interligar os telefones às estações, bem como estas entre si.

REDE FLEXÍVEL

Rede externa urbana em que um par de cabos só pode ser utilizado em determinada caixa de distribuição da rede, onde é feita a sua distribuição, não tendo derivações para outros pontos e havendo, em seu percurso, desde o assinante até a estação telefônica, a passagem através de um armário de distribuição.

REDE LOCAL

Em telefonia, é o conjunto de áreas de estação, troncos locais,

estações tandem, troncos tandem e troncos terminais interurbanos, e sua zona de influência.

REDE MÚLTIPLA

Rede externa urbana em que cada par de um cabo telefônico pode ter uma ou várias derivações, possibilitando a instalação de um telefone de assinante em qualquer uma de suas extremidades, mantendo-se todas as outras sem terminação.

REGENERADOR

Dispositivo que realiza a regeneração do sinal, entendendo-se como tal a recuperação de um sinal de entrada dentro de limites técnicos estabelecidos quanto à forma de onda ou sincronismo.

REMANEJAMENTO

Serviço executado numa rede, com a finalidade de equalizar as ocupação dos cabos existentes, através de mudanças de distribuição e da instalação de trechos de cabos, sem a necessária terminação de novos cabos no DG.

REPETIDOR

Em um sistema de transmissão é o equipamento colocado em posições intermediárias entre as extremidades transmissora e receptora, destinado a amplificar os sinais transmitidos.

RESISTÊNCIA DE ENLACE

Soma das resistências dos dois condutores que constituem o tronco ou a linha de assinante, excluindo desta última a resistência do aparelho telefônico, e a da ponte de alimentação em ambos os casos.

ROTA

Termo geral utilizado para designar o conjunto de circuitos destinados ao escoamento de tráfego específico telefônico, telex, transmissão de dados, etc., numa determinada direção.

SEÇÃO DE SERVIÇO (SS)

Menor unidade para controle de planejamento e projeto de cabos sob o aspecto de Distribuição e determinação de capacidades.

TERMINAL TELEFÔNICO (LINHA)

Terminal da Central Telefônica que está, ou pode ser ligado a uma linha de assinante, a um telefone público, a um equipamento de teste, etc.

TRONCO

Meio usado para interligação de duas centrais telefônicas.

ZONA DE FILIAÇÃO

Ver "Área de Estação".

BIBLIOGRAFIA

- [1] FRANÇA, P.M.; TAVARES, H.M.F.; LYRA FILHO, C.; AQUINO, L.A.C.,
Planejamento de Redes Telefônicas Locais - Concepção e
Ferramental, Revista TELEBRÁS, pp. 5-11, junho 1984.
- [2] NAKAGAWA, J.M.; TAVARES, H.M.F.; YAMAKAMI, A., LOCUS - Um Mé-
todo Otimizante para Localização de Centros de Fios, Re-
vista TELEBRÁS, pp. 12-20, junho 1984.
- [3] CARLSON, F.O.; C.M.; BASTOS, M.R.; FERNANDES, J.F.R., CRONOS -
Um Programa para Determinar o Estágio de Implantação
de Centrais, Revista TELEBRÁS, pp. 21-26, junho 1984.
- [4] FRAISLEBEM, F.; FRANÇA, P.M.; TAVARES, H.M.F., O Programa PE-
OR - Uma Metodologia para a Evolução Dinâmica de Cor-
tes de Área. Revista TELEBRÁS, pp. 27-38, junho 1984.
- [5] BASTOS, M.R.; FERNANDES, J.F.R.; TAVARES, H.M.F.; YAMAKAMI, A.;
LYRA FILHO, C., PALCO - Utilização de Concentradores em
Redes Urbanas, Revista TELEBRÁS, pp. 39-48, junho 1984.
- [6] GARCIA, A.S.; RIBEIRO, R.V., PORRUS-PORULP: Uma Metodologia
Otimizante para Cálculo do Roteamento a Longo Prazo
com Segurança, Revista TELEBRÁS, pp. 49-59, junho 1984.
- [7] RIBEIRO, C.M., "Planejamento de Redes Telefônicas: Alocação
de Concentradores, Indicação de Centro de Fios e Loca-
lização de Estágios de Linhas Remotas", Tese de Nestrado,
UNICAMP/FEC/DEE, setembro 1985.

- [8] NORMA TELEBRÁS 224-3105-08/01 - Série Redes, Procedimento de Projeto - Cabo Alimentador - Alívio, junho 1977.
- [9] NORMA TELEBRÁS 224-3109-01/01 - Série Redes, Procedimento de Projeto - Rede de Assinante - Transmissão, outubro 1977.
- [10] NORMA TELEBRÁS 224-3105-07/01, Série Redes, Procedimento de Projeto - Cabos Alimentadores - Princípios Gerais, junho 1977.
- [11] NORMA TELEBRÁS 224-3113-02/01, Série Redes - Procedimento de Projeto - Planejamento e Projeto de Cabos de Assinantes por Seções de Serviço, abril 1976.
- [12] NORMA TELEBRÁS 224-3113-01/01, Série Redes - Procedimento de Projeto - Princípios Gerais de Planejamento e Projeto de Redes, abril 1976.
- [13] NORMA TELEBRÁS 224-3105-10/01, Série Redes - Procedimento de Projeto - Cabo de Distribuição - Princípios Gerais, outubro 1977.
- [14] NORMA TELEBRÁS 224-3109-02/01, Série Redes - Procedimento de Projeto - Pupinização: Critérios para Cálculo de Espaçamento, junho 1977.
- [15] NORMA TELEBRÁS 224-1109-04/01, Série Redes - Especificação Geral - Extensor de Enlace, dezembro 1977.
- [16] NORMA TELEBRÁS 224-1109-06/01, Série Redes - Especificação Geral - Equipamento de Ondas Portadoras Monocanal para

Assinantes, outubro 1977.

- [17] NORMA TELEBRÁS 224-1109-07/01, Série Redes - Especificação Geral - Equipamento de Ondas Portadoras Multicanal para Assinantes, setembro 1977.
- [18] GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS DE TELECOMUNICAÇÕES - Emissão Preliminar, Série Engenharia, junho 1978.
- [19] LONG.N.G., "Loop Plant Modeling: Overview", B.S.T.J., Vol. 57, nº 4, pp. 797-806, april 1978.
- [20] FREIDENFELDS,J., "A Simple Model for Studying Feeder Capacity Expansion", B.S.T.J., Vol. 57, nº 4, pp. 807-823, april 1978.
- [21] KOONTZ,W.L.G., "Economic Evaluation of Subscriber Pair Gain System Applications", B.S.T.J., Vol. 57, nº 4, pp.825-848, april 1978.
- [22] BELL,W.N.; BLUM,S., "A Model of Cable Pairs Added at the Main Frames for a Large Entity", B.S.T.J., Vol. 57, nº 4, pp. 849-868, april 1978.
- [23] MARSH,B.L., "The Feeder Allocation Process", B.S.T.J.,Vol. 57, nº 4, pp. 869-890, april 1978.
- [24] KOONTZ,W.L.G., "An Approach to Modeling Operating Costs in the Loop Network", B.S.T.J., Vol. 57, nº 4, pp. 891-909, april 1978.
- [25] FREEDMAN,H.T., "Optimal Operating Policies for Serving Areas Using Connect-Through Administration", B.S.T.J., Vol.57,

- nº 4, pp. 911-926, april 1978.
- [26] GIBSON,A.E., "Cost Models for Loop Plant Work Operations Using Semi-Markov Processes", B.S.T.J., Vol. 57, nº 4, pp. 927-940, april 1978.
- [27] STILES,J.A., "Economic Design of Distribution Cable Networks", B.S.T.J., Vol. 57, nº 4, pp. 941-963, april 1978.
- [28] DUNN,D.M.; LANDWEHR,J.M., "Statistical Analysis of Costs in Loop Plant Operations", B.S.T.J., Vol. 57, nº 4 , pp. 965-998, april 1978.
- [29] AUGHENBAUGH,G.W.; STUMP,N.T., "The Facility Analysis Plan: New Methodology for Improving Loop Plant Operations", B.S.T.J., Vol. 57, nº 4, pp. 999-1024, april 1978.
- [30] DATTATREYA,E.S., "Multiple Commitment of Feeder Capacity in the Loop Plant", B.S.T.J., Vol. 59, nº 1, pp. 67 - 79, january 1980.
- [31] FREEDMAN,H.T.; HARMS,T.R., "A Discrete-Event Simulation Analysis of Loop Network Assignment Operations", B.S.T.J., Vol. 59, nº 1, pp. 81-98, january 1980.
- [32] GIBSON,A.E.; LUBER,D.B., "Critical Section Methods for Loop Plant Allocation", B.S.T.J., Vol. 59, nº 1, pp. 99-117, january 1980.
- [33] ELKEN,T.R., "The Application of Mathematical Programming to Loop Feeder Allocation", B.S.T.J., Vol. 59, nº 4 , april 1980.

- [34] FREIDENFELS, J.; MCLAUGHLIN, C.D., "A Heuristic Branch-and-Bound Algorithm for Telephone Feeder Capacity Expansion", OPERATIONS RESEARCH, Vol. 27, pp. 567-582, 1979.
- [35] CARRIER, C., "Planification des Réseaux Locaux", L'ECHO DES RECHERCHES, pp. 16-25, avril 1978.
- [36] , "Syntax: Programme d'aide à l'optimisation des investissements de la partie transport des réseaux locaux", Manual de Propaganda, CNET.
- [37] RAPP, Y., "Emploio de Programación Dinámica para el Planeamiento de Ampliaciones de Redes de Canalización y Primarias en una Zona Local de Central", ERICSSON REVIEW, nº 46, pp. 102-112, 1969.
- [38] FREIDENFELDS, J., "Capacity Expansion", Elsevier North Holland, 1981.
- [39] CABRAL, R.H.B., "Um Sistema para Planejamento de Redes Telefônicas Urbanas", Tese de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, ICE-DCC, julho 1985.
- [40] MARTINI, M.R.B., "Planejamento de Centro de Fios: Programa CRONOS, PALCO e RELUZ", Tese de Mestrado, UNICAMP/FEC / DEE, outubro 1983.
- [41] ARDUINO, A., "Programação Dinâmica", COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1972.
- [42] NEMHAUSER, G., "Introduction to Dynamic Programming", Wiley, 1966.

- [43] LARSON, R.E., "State Increment Dynamic Programming", American Elsevier Pub. Co., 1968.
- [44] _____, material fornecido pela TELESP para a realização deste trabalho.
- [45] _____, Texto-Base de uma palestra proferida na TELEBRÁS pela GERÊNCIA DE OCUPAÇÃO DA REDE.