



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE  
COMPUTAÇÃO

## Dimensionamento de Redes de Sinalização por Canal Comum

**Aurenice de Menezes Oliveira**

Eng. Eletricista pela Universidade Federal da Bahia.

Orientador: **Ivanil S. Bonatti**

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por: Aurenice de Menezes Oliveira e aprovada pela Comissão Julgadora em 11/02/98.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Bonatti", is written over a horizontal line. Below the line, the word "Orientador" is printed in a standard font.

Campinas-SP Brasil  
Fevereiro 1998

9808093



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE  
COMPUTAÇÃO

# Dimensionamento de Redes de Sinalização por Canal Comum

**Aurenice de Menezes Oliveira**

Eng. Eletricista pela Universidade Federal  
da Bahia.

Orientador: **Ivanil S. Bonatti**

Campinas-SP Brasil  
Fevereiro 1998



COLEÇÃO	BC
CHAMADA:	unicamp
Ex.	Ed.
O BC/	33113
	395/98
	D
	Y
	R\$ 11,00
	23/03/98
PD	

1-00108378-1

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

OL4d Oliveira, Aurenice de Menezes  
Dimensionamento de redes de sinalização por canal  
comum. / Aurenice de Menezes Oliveira.--Campinas,  
SP: [s.n.], 1998.

Orientador: Ivanil S. Bonatti  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de  
Computação.

1. Telecomunicações - Sinalização. 2. Telemática.  
I. Bonatti, Ivanil S. II. Universidade Estadual de  
Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de  
Computação. III. Título.

## Banca Examinadora

- Prof. Dr. Ivanil Sebastião Bonatti - Presidente  
Doutor em Automática - 1981- Toulouse - França  
Local de Trabalho: DT- FEEC - UNICAMP
  
- Prof. Dr. Ing. Marcos Bafutto - Membro Externo  
Doutor em Engenharia Elétrica - 1995 - Stuttgart - Alemanha  
Local de Trabalho: Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL
  
- Prof. Dr. Dalton Soares Arantes - Membro  
Ph.D. em Engenharia Elétrica - 1976- Cornell - USA  
Local de Trabalho: DECOM- FEEC - UNICAMP
  
- Prof. Dr. Pedro Luis Dias Peres - Suplente  
Doutor em Automática - 1989 - Toulouse - França  
Local de Trabalho: DT- FEEC - UNICAMP

## Agradecimentos

Ao Professor Ivanil Sebastião Bonatti pela sugestão do tema, orientação, paciência e confiança demonstradas em todas as fases do trabalho.

À CAPES pelo suporte financeiro, sem o qual não seria possível realizar este trabalho.

Ao Amaury Krueel pela contribuição dada a este trabalho.

À Telesp pela colaboração técnica.

Aos Departamentos de Telemática e de Microonda e Óptica pelo uso dos laboratórios durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos ilustres Professores Dr. Marcos Bafutto, Dr. Dalton Arantes e Dr. Pedro Peres por terem aceito o convite para compor a banca examinadora.

Aos Professores da Universidade Federal da Bahia, em particular Antônio César de Castro Lima e Dionicalos Vasconcelos, pelo incentivo e recomendações para o início da minha carreira acadêmica.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho, em especial os professores, colegas e funcionários da Faculdade de Engenharia Elétrica da UNICAMP.

Aos meus pais pelo incentivo e por terem dado as condições básicas para alcançar esta etapa.

A Ivan, meu grande incentivador e companheiro pelo inestimável apoio e por ter partilhado dos momentos de alegria e dificuldade, a quem tenho uma enorme gratidão.

Por fim, agradeço a Deus por todas as suas dádivas.

“Ainda que eu tenha o dom de profetizar e conheça todos os mistérios e toda a ciência, ainda que eu tenha tamanha fé ao ponto de transportar montes, se não tiver amor, nada serei”.

(I Coríntios 13:2)

## Resumo

As redes de sinalização por canal comum têm papel preponderante nas redes modernas de telecomunicações que requerem robustez e alta confiabilidade. Neste trabalho é apresentada uma nova metodologia para a implantação das redes de sinalização integrada ao planejamento da comutação telefônica. Partindo-se da rede telefônica de troncos, planejada para um ano horizonte, é proposta uma abordagem *top-down* de projeto que resulta em uma rede de sinalização segura e de baixo custo. A metodologia segue os seguintes passos: previsão de demanda, determinação do número de pares STP (*Signaling Transfer Point*), localização desses pares na rede, filiação dos nós SP (*Signaling Point*) e dimensionamento dos enlaces de sinalização considerando os casos de falhas simples na rede. O trabalho é finalizado com exemplos de aplicação em que são analisadas diversas topologias para a rede de sinalização de uma cidade de médio porte e outra de grande porte.

## Abstract

The Common Channel Signaling Network (CCSN) plays a major role in the modern telecommunication network, which requires robustness and reliability features. This work presents a proposal for the dimensioning of the CCSN integrated to trunk network planning. Beginning with the trunk network, planned for a one year target, a top-down methodology that results in a reliable and less expensive signaling network is proposed. The methodology respects the following steps: signaling traffic estimation, number of STP (*Signaling Transfer Point*) pairs, localization of the STP function, affiliating of the SP (*Signaling Point*) nodes and dimensioning of the signaling links considering the failure states. At last, examples of application are presented where several topologies of CCSN are analyzed for a small city and for a big city.

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
1.1	Introdução . . . . .	3
1.2	Motivação do trabalho . . . . .	5
1.3	Organização do trabalho . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Sinalização em Redes Telefônicas</b>	<b>7</b>
2.1	Introdução . . . . .	7
2.2	Sinalização por Canal Comum # 7 . . . . .	10
2.3	Rede de Sinalização por Canal Comum . . . . .	10
2.4	Blocos Funcionais do Sistema de Sinalização # 7 . . . . .	14
2.4.1	Subsistema de Transferência de Mensagens (MTP) . . . . .	15
2.4.2	Subsistema de Controle de Conexão de Sinalização (SCCP) . . . . .	18
2.4.3	Subsistema de Usuário de Telefonia (TUP) . . . . .	19
2.4.4	Subsistema de Usuário da Rede Digital de Serviços Integrados (ISUP) . . . . .	20
2.4.5	Subsistema de Aplicação de Capacitação de Transações (TCAP) . . . . .	21
2.4.6	Usuários de Capacitação de Transações (TC) . . . . .	21
2.5	Considerações finais . . . . .	22
<b>3</b>	<b>Dimensionamento de Redes por Canal Comum para Transporte da Sinalização Telefônica</b>	<b>24</b>
3.1	Introdução . . . . .	24
3.2	Estrutura Topológica da Rede de Sinalização . . . . .	25
3.3	Algoritmo de Dimensionamento . . . . .	27
3.3.1	Determinação da Demanda . . . . .	27
3.3.2	Número de pares STP . . . . .	28
3.3.3	Localização da Função STP . . . . .	28
3.3.4	Filiação . . . . .	30

3.3.5	Dimensionamento . . . . .	30
3.4	Exemplo de aplicação a uma rede de médio porte . . . . .	32
3.4.1	Dimensionamento por Limiar . . . . .	36
3.5	Exemplo de aplicação a uma cidade de grande porte . . . . .	38
3.6	Considerações finais . . . . .	41
<b>A</b>	<b>Mensagens de Sinalização</b>	<b>44</b>
A.1	Descrição dos tipos de mensagens de sinalização . . . . .	44
A.2	Mensagens TUP (Telephone User Part) . . . . .	47
A.3	Mensagens ISUP (ISDN User Part) . . . . .	51
A.4	Mensagens TCAP . . . . .	56
A.5	Mensagens de gerência da rede de sinalização . . . . .	57
<b>B</b>	<b>Encaminhamentos Nominais e em Casos de Falhas</b>	<b>59</b>
<b>C</b>	<b>Telas do SIGNALIS</b>	<b>68</b>
<b>D</b>	<b>Lista de Siglas</b>	<b>75</b>

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Introdução

Devido à grande complexidade, o planejamento das redes telefônicas é decomposto em partes inter-relacionadas, que possam ser tratadas separadamente. A decomposição do problema de planejamento ocorre no tempo e no espaço.

A decomposição no tempo é feita fixando-se um ano horizonte de planejamento, que deve ser escolhido de acordo com a previsão de alterações tecnológicas da rede. O período compreendido entre o início do planejamento e o seu instante final é subdividido em estágios de curto e médio prazo a partir do ano base até atingir o ano horizonte. A duração do estágio compreendido entre o instante de planejamento e o ano horizonte fixado é determinada tendo em vista dois fatores preponderantes: a capacidade de estimar com boa precisão a demanda para o ano horizonte e a estacionaridade tecnológica, permitindo prever o não aparecimento de soluções tecnológicas revolucionárias no período.

A decomposição no espaço consiste em planejar separadamente segmentos da rede, dividindo-a em redes internacionais, interurbanas e locais. Cada uma das redes é, então, tratada isoladamente.

Inicialmente, o planejamento consiste na previsão da demanda. A demanda é prevista, para cada estágio temporal do horizonte de planejamento, usando técnicas de análise estatística dos dados geo-político-econômicos da região sob estudo. A demanda é caracterizada pelo número de terminais telefônicos e pelo tráfego entre esses terminais. Após a previsão da demanda passa-se ao dimensionamento da rede.

Para as redes locais, após a previsão de demanda, planeja-se, numa primeira fase, a localização das centrais, suas áreas de atendimento e as redes primária e secundária, que constituem as ligações dos terminais de assinante aos equipamentos de comutação. Esta fase envolve a maior parcela dos custos de implantação. A capacidade e localização de cada um dos equipamentos de comutação,

identificando os assinantes filiados, são determinadas com o objetivo de minimizar o custo da interface com os assinantes.

Para redes interurbanas, na primeira fase, determina-se a instalação das centrais trânsito. A localização de cada central é escolhida de modo a minimizar o custo de ligação entre a central trânsito e as centrais locais subordinadas. Nem todas as centrais são capazes de realizar funções como bilhetagem de chamadas e inserção de supressores de eco. As chamadas que necessitam destes recursos devem ser encaminhadas para centrais apropriadas, o que deve ser levado em conta na localização das centrais.

A segunda fase consiste no dimensionamento dos circuitos de comutação. Determina-se como as chamadas, definidas na forma de uma matriz de interesse de tráfego, são encaminhadas através da rede e a quantidade de circuitos que interligam as centrais. As chamadas podem ser encaminhadas utilizando rotas diretas, indiretas ou rotas de transbordo (rotas alternativas). Define-se ainda a mínima quantidade de circuitos de comutação para, garantindo a qualidade de serviço (probabilidade de bloqueio), atender a demanda. A relação entre número de circuitos e tráfego escoado, para uma determinada probabilidade de bloqueio, é definida através de uma função não linear que apresenta uma economia de escala acentuada.

Uma vez definida a rede de comutação, isto é, o porte e localização das centrais e as rotas que as interligam, trata-se do dimensionamento da rede de sinalização por canal comum. A rede de sinalização é uma rede de pacotes para troca de mensagens que dá suporte às comunicações telefônicas. Além disso, a rede de sinalização pode realizar outras funções, tais como dar suporte à rede inteligente.

Atualmente, parte das centrais de comutação da rede telefônica brasileira utiliza o sistema de sinalização multifrequencial entre registros e os sistemas clássicos de sinalização de linha. Estes sistemas estão sendo substituídos pela sinalização por canal comum número 7.

A principal motivação para a implantação da sinalização por canal comum na rede telefônica é digitalizar o último elemento funcional operando entre centrais telefônicas. Apesar do elevado grau de digitalização da comutação e da transmissão, a sinalização telefônica convencional ainda emprega mecanismos analógicos e passo a passo. Uma evolução natural, devido à disseminação das redes de pacote, aliadas à sua eficiência na realização de protocolos de comunicação, incorpora a tecnologia digital à sinalização telefônica.

O dimensionamento da rede de sinalização por canal comum pode ser decomposto em duas etapas complementares bem definidas. A primeira analisa a rede de sinalização apenas na sua função precípua que é a de suporte à rede telefônica. Assim, as principais hipóteses de trabalho são: a rede telefônica gera a receita para a empresa operadora de telecomunicações; a rede de comutação,

dimensionada apropriadamente em função da demanda de tráfego, resulta em um conjunto de rotas de troncos que gera uma determinada demanda de sinalização de mensagens. Desta forma, a demanda de sinalização pode ser determinada a partir da rede de troncos, considerando ainda parâmetros tais como: o tempo médio de retenção e o número médio de mensagens por chamada telefônica.

A segunda etapa analisa a rede de sinalização, dando suporte à rede telefônica e também servindo as demais redes e funções, tais como a rede inteligente. Assim, a demanda de sinalização devido às chamadas telefônicas deve ser acrescida da demanda de sinalização dos novos serviços.

Este trabalho apresenta uma proposta de dimensionamento da rede de sinalização por canal comum integrado com o planejamento da comutação telefônica, considerando apenas a primeira etapa citada.

É importante frisar que a metodologia de planejamento descrita considera um ambiente monopolista, porém, tratando-se de um ambiente competitivo o planejamento deve considerar a interconexão com outras redes.

A evolução deste trabalho partiu de uma rede pequena, em seguida foi tratada uma rede de porte médio e finalmente, partiu-se para uma rede de grande porte, em que foi possível variar os parâmetros da rede e analisar o desempenho das várias topologias.

## 1.2 Motivação do trabalho

A sinalização de controle em redes telefônicas tem sido transmitida por canal associado, na qual o mesmo canal de comunicação é usado para transportar tanto a sinalização de controle como a conversação telefônica. Entretanto, com o surgimento de novos serviços (rede inteligente), o uso de uma sinalização mais adequada tornou-se necessário. A sinalização por canal comum atende os requisitos exigidos pelos novos serviços.

Em nosso país, até o presente momento, o dimensionamento da rede de sinalização por canal comum é feito com engenho e arte pelos planejadores, sem auxílio de um aplicativo computacional específico. Com a ampliação das redes de sinalização, este procedimento torna-se inviável para um dimensionamento eficiente, sendo necessária uma ferramenta de planejamento automatizada.

O que motivou este trabalho foi a inexistência de um aplicativo computacional nacional para o dimensionamento dessas redes, acessível às operadoras do sistema Telebrás, em especial à Telesp.

O objetivo do trabalho é apresentar uma nova metodologia para o dimensionamento das redes de sinalização por canal comum que auxilie na implantação dessas redes.

### 1.3 Organização do trabalho

O capítulo 2 apresenta os tipos de sinalização empregados nas redes de telecomunicações, sendo a sinalização por canal associado apresentada de forma sucinta. Em seguida, a sinalização por canal comum é tratada de forma mais abrangente, seus elementos de rede são apresentados e o capítulo é finalizado com a descrição dos blocos funcionais que compõem o sistema de sinalização # 7.

O capítulo 3 propõe uma nova metodologia para a implantação das redes de sinalização integrada ao planejamento da comutação telefônica. Partindo-se da rede de troncos, planejada para um ano horizonte, é proposta uma abordagem *top-down* de projeto que resulta em uma rede de sinalização segura e de baixo custo. A metodologia segue um algoritmo que possui os seguintes passos: previsão da demanda; determinação do número e da localização dos pares STP; filiação dos nós SP e dimensionamento considerando os casos de falhas simples na rede. O capítulo é finalizado com alguns exemplos de aplicação.

O capítulo 4 apresenta a conclusão do trabalho.

## Capítulo 2

# Sinalização em Redes Telefônicas

Neste capítulo são apresentados os tipos de sinalização empregados nas redes de telecomunicações. A sinalização por canal associado é apresentada de forma sucinta. Em seguida, a sinalização por canal comum é tratada de forma mais abrangente, seus elementos de rede são apresentados e o capítulo é finalizado com a descrição dos blocos funcionais que compõem o sistema de sinalização #7.

### 2.1 Introdução

No início da telefonia, as centrais telefônicas eram manuais, não era possível estabelecer uma chamada telefônica sem o auxílio de telefonistas. Os procedimentos de conexão e liberação de circuitos, eram em grande parte realizados por telefonistas, mas já se observava uma sinalização à base de campainhas (sinais sonoros) entre os terminais de assinantes e a mesa de telefonista.

Com o desenvolvimento tecnológico, o estabelecimento da chamada passou a ser automático, através da discagem do número a partir do terminal remoto. Os procedimentos anteriormente executados por telefonistas, foram incorporados aos procedimentos de sinalização entre centrais telefônicas e entre terminal telefônico e central telefônica.

Para uma grande rede de telecomunicações pública, um plano de sinalização de controle relativamente complexo é requerido. Neste capítulo, é apresentada de forma sucinta a sinalização por canal associado utilizada nas centrais analógicas existentes no Brasil e de forma mais abrangente a sinalização por canal comum, que é a base da rede digital integrada moderna.

Sinais de controle são necessários para a operação da rede de circuito-comutado e envolve todos os aspectos da rede, incluindo os serviços de rede “visíveis” ao assinante e mecanismos internos.

Pode-se destacar algumas das funções da sinalização:

- comunicação audível com o assinante, incluindo tom de discar, tom de chamadas, sinal de

- ocupação e outros;
- transmissão do número discado para a central de comutação, que tentará completar a conexão;
  - transmissão de informação entre comutadores indicando que uma chamada não pôde ser completada;
  - transmissão de informação entre comutadores indicando que uma chamada foi finalizada e que o caminho (rota) pode ser desconectado;
  - transmissão de informação usada para tarifação;
  - transmissão de informação com o *status* do equipamento ou tronco na rede. Essa informação pode ser usada para encaminhamento ou para manutenção;
  - transmissão de informação usada no diagnóstico e na isolação de falhas do sistema;
  - controle de equipamento especial, tal como, equipamento de canal de satélite.

A sinalização pode ser classificada em sinalização de acesso, de linha e de registro.

A *sinalização de acesso* é estabelecida entre o terminal de assinante e a interface de acesso do assinante à central. A sinalização de acesso analógica (sinalização associada ao canal) é uma sinalização acústica, composta por um conjunto de sinais audíveis, referentes aos estados da conexão, emitidos da central para o terminal telefônico (tom de discar, tom de ocupado, etc.). O acesso digital segue o protocolo DSS1 (*Digital Subscriber Signalling # 1*) da Recomendação Q.931 do ITU-T (*International Telecommunication Union-Telecommunication Sector*) [1].

A *sinalização de linha* estabelece a comunicação entre as centrais nas linhas de junções e age durante toda a conexão, trocando informações relacionadas com os estágios da conexão e supervisionando a linha de junção.

A *sinalização de registro* ocorre entre os órgãos de controle das centrais e refere-se às informações relacionadas ao número do assinante chamado ou chamador, aos tipos de assinantes, às condições dos assinantes, etc. A sinalização de registro deve ser trocada entre as centrais para se estabelecer uma conexão. Para as centrais analógicas, essa sinalização é multifreqüencial, sendo formada por combinações de sinais de duas freqüências.

A sinalização de controle tem sido transmitida por canal associado, isto é, o mesmo canal de comunicação (mesma banda de freqüência) é usado para transportar tanto a sinalização de controle (informações de sinalização de linha e de registro trocadas entre as centrais) como a conversação telefônica. Como ilustrado na Figura 2-1, a ligação do usuário A para o usuário B pode ser feita através da comutação em quatro centrais telefônicas. A sinalização começa no assinante origem

e segue o mesmo caminho que a chamada completada. Neste tipo de sinalização, é impossível estabelecer uma chamada se o caminho de conversação estiver defeituoso, pois os sinais de controle seguiriam o mesmo caminho da conversação, não sendo possível endereçar a chamada por um caminho alternativo. A taxa de transferência de informação é limitada, pois o canal é disponível para sinais de controle somente quando não existem sinais de voz no circuito. Na sinalização por canal associado o tempo de atraso entre o instante em que um assinante disca o número e a conexão é estabelecida é muito grande. Para aplicações mais recentes, o tempo de atraso para o estabelecimento da conexão precisa ser reduzido. Por exemplo, chamadas controladas por computador, tal como no processamento de transação comercial, usam mensagens curtas, constituindo o tempo de estabelecimento das chamadas parte considerável do tempo total gasto nas transações.

Na *sinalização por canal comum* os sinais de controle são transportados sobre caminhos distintos daqueles dos sinais de voz, existindo canais exclusivos para a sinalização, comuns a diversas chamadas.

A utilização de um canal exclusivo para sinalização permite que sejam enviados todos os sinais necessários à realização de uma conexão, além de outros sinais utilizados para os diversos serviços de comunicação, tais como, sinais de controle e gerência de rede de comunicação e informações de tarifação. A adoção da sinalização por canal comum permite que a rede realize a transferência de dados de sinalização de maneira rápida e com alta confiabilidade.

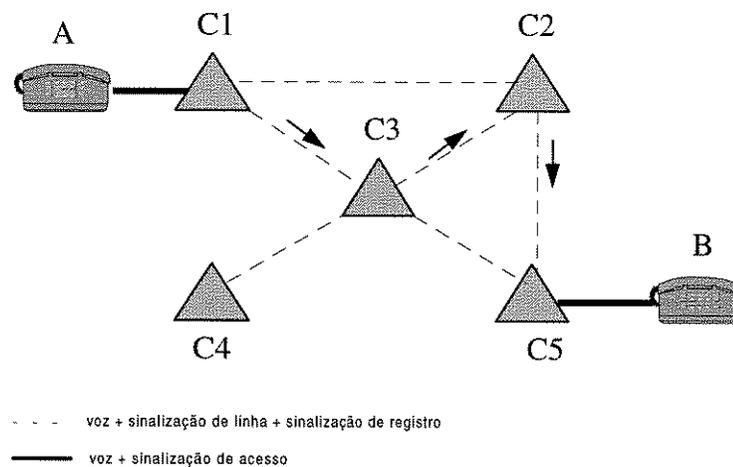


Figura 2-1: Rede telefônica com sinalização por canal associado.

Características da sinalização por canal comum:

- tempo de estabelecimento de chamada menor que o da sinalização associada;
- uso eficiente dos circuitos de voz;

- suporta serviços de rede inteligente que requerem troca de mensagens entre base de dados;
- fornece controle sobre uso fraudulento da rede;
- fornece um grande repertório de sinais de controle.

## 2.2 Sinalização por Canal Comum # 7

Em 1965, foi implantada a primeira central local com controle por programa armazenado SPC (*Stored Program Control*) na rede operada pela companhia AT&T dos Estados Unidos [3], permitindo que muitos serviços, complementares ao serviço básico de telefonia, pudessem ser introduzidos na rede.

A difusão de centrais SPC na rede pública também possibilitou uma nova forma de sinalização para o controle das chamadas, denominada sinalização por canal comum ou sinalização # 6, como definida pelo CCITT (*The International Telegraph and Telephone Consultative Committee*). Tratava-se da troca direta de informações de sinalização entre os processadores das centrais, através de um canal dedicado (separado do caminho de voz).

A sinalização # 6 reduziu o tempo de estabelecimento das chamadas e permitiu o processamento de informações de gerenciamento, com a introdução dos sistemas de suporte às operações na rede. Posteriormente, a sinalização # 6 foi adaptada para dar suporte aos primeiros serviços de consulta à base de dados.

Em 1980, o CCITT (hoje, ITU-T) iniciou os trabalhos de especificação de uma nova versão do sistema # 6 que pudesse ser adotado mundialmente e que permitisse acomodar outros serviços além dos telefônicos através do conceito de serviços integrados. Foi então desenvolvido um novo sistema baseado no modelo OSI (*Open Systems Interconnection*), e conhecido como Sistema de Sinalização por Canal Comum # 7 (CCSS7 - *Common Channel Signalling System # 7* ou SS7 - *Signalling System Seven*), mais flexível e dotado de maior confiabilidade para suportar os diferentes serviços que poderiam ser colocados à disposição dos usuários. Esse sistema foi posteriormente revisado pelo CCITT em 1984, 1988 e 1992.

## 2.3 Rede de Sinalização por Canal Comum

Simplificadamente uma rede de telecomunicações é composta por um conjunto de nós (centrais telefônicas) interconectados por enlaces de transmissão. A comunicação de dois usuários da rede é precedida de uma conexão que é realizada e mantida através de uma rede de sinalização.

A *rede de sinalização por canal comum* é uma rede de pacotes que dá suporte, entre outras

funções, à comunicação telefônica. Para se comunicar usando o sistema de sinalização número 7, cada um dos nós da rede deve implementar as funções de *ponto de sinalização SP (Signalling Point)* dentro da rede SS7. A interconexão dos pontos de sinalização SP através de *enlaces de sinalização*, passando ou não por *pontos de transferência de sinalização STP (Signalling Transfer Point)*, forma a Rede de Sinalização SS7. O SP deve converter a sinalização do circuito de voz para mensagens de sinalização SS7.

Nas redes inteligentes IN (*Intelligent Network*), existem ainda os *pontos de controle de serviço SCP (Service Control Point)*, responsáveis pelo acesso à base de dados da IN, os pontos de acesso ao serviço SSP (*Service Switching Point*) que são comutadores que originam, terminam e transferem chamadas, além de enviar mensagens de requisição à base de dados e o sistema de gerenciamento de serviço SMS (*Service Management System*) que provê a interface humana à base de dados.

As centrais de comutação, os pontos de controle de serviços, os pontos de transferência de sinalização, os centros de manutenção, administração e operação são exemplos de pontos de sinalização. Do ponto de vista da rede de sinalização, um dado nó físico pode ser definido como mais de um ponto de sinalização, como por exemplo, uma central de comutação telefônica na fronteira entre as redes de sinalização nacional e internacional.

Dois SP têm uma *relação de sinalização* quando existe a possibilidade de comunicação entre seus subsistemas de usuário. Por exemplo, quando duas centrais telefônicas estão diretamente interligadas por rotas de circuitos telefônicos.

Todo ponto de sinalização SP na rede SS7 é identificado por um único *código do ponto de sinalização* usado no encaminhamento das mensagens de sinalização.

O termo *modo de sinalização* trata da descrição dos possíveis caminhos seguidos pelas mensagens entre dois SP com relação de sinalização. *Modo associado* é quando as mensagens são transportadas por um conjunto de enlaces de sinalização, interconectando diretamente os pontos de sinalização envolvidos na relação de sinalização. Dois pontos de sinalização são denominados *adjacentes* se são conectados diretamente por um enlace de sinalização.

No *modo não associado* de sinalização, as mensagens de uma relação de sinalização são transportadas por dois ou mais enlaces de sinalização passando por pontos de transferência de sinalização. O caminho percorrido pela mensagem não é único, existindo alternativas para a sinalização (caminho não fixo). Neste caso, não existe um caminho pré-determinado a ser percorrido pelas mensagens de sinalização.

O *modo quase-associado* de sinalização, é um caso particular do modo não-associado, onde o caminho percorrido pela mensagem através da rede de sinalização é pré-determinado.

A rede de sinalização SS7 opera unicamente nos modos associado e quase-associado, pois os

mecanismos de transferência de mensagens não incluem características para evitar a chegada de mensagens fora de seqüência, problema que apareceria num modo de sinalização não-associado com encaminhamento dinâmico de mensagens. Os modos de sinalização são ilustrados na Figura 2-2.

A função STP é localizada em pontos de sinalização dedicados exclusivamente a esta função, ou que combinam a função de ponto de sinalização com outras funções, tais como comutação telefônica, por exemplo.

Os pontos de sinalização, quando operam em modo quase-associado, enviam suas mensagens de sinalização por um ou dois (em repartição de carga) nós STP. Dois nós STP formam um *par casado*, se a filiação de um nó SP a um deles implica necessariamente na filiação do nó SP ao outro STP.

*Rota de sinalização* de uma relação de sinalização é o caminho pré-determinado, consistindo de uma sucessão de STP interconectados por enlaces de sinalização, que uma mensagem passa através da rede de sinalização, entre seu ponto de origem e o de destino.

*Mensagem de sinalização* é o conjunto de informações de sinalização pertencentes a uma chamada telefônica, ou a uma transação de gerência, ou a uma transação de consulta a banco de dados, etc., transferida como uma unidade de informação.

*Enlace de Sinalização* é o meio de transmissão (bidirecional) através do qual as mensagens de sinalização entre nós da rede de sinalização (SP e STP, SP e SP, STP e STP) são transportados de maneira confiável. Um enlace de sinalização é constituído por um enlace de dados e um equipamento terminal para cada uma das extremidades do enlace de dados [8].

*Conjunto de Enlaces (linkset)* é um grupo de enlaces que têm os mesmos nós adjacentes. O equipamento de comutação alterna a transmissão através de todos os enlaces num *linkset* para assegurar o uso equilibrado de todos os recursos.

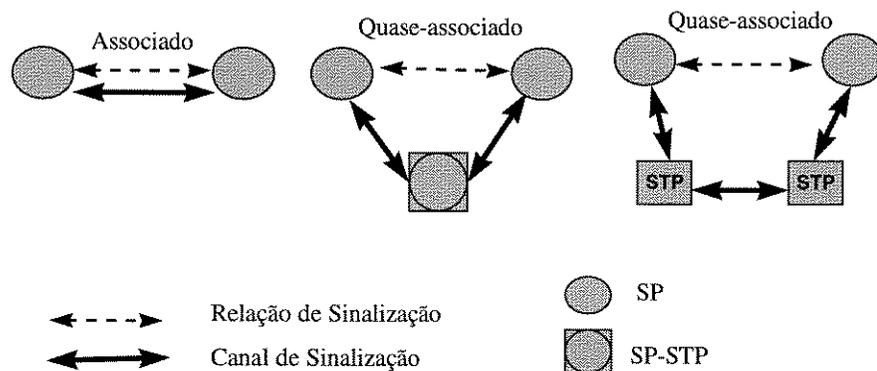


Figura 2-2: Modos de Sinalização

A rede SS7 usa seis tipos de enlaces de dados de sinalização para conectar os vários nós.

Os enlaces tipo *a* interligam nós SP a nós STP (a quem são filiados) e são denominados *enlaces de acesso (Access Links)*.

Os enlaces tipo *b* interligam dois STP de mesmo nível hierárquico e são denominados *enlaces ponte (Bridge Links)*.

Os enlaces tipo *c* interligam dois STP do par casado e são usados para o transporte de mensagens de gerenciamento e para o escoamento alternativo do tráfego de sinalização em condições de falha. Os enlace tipo *c* são denominados *enlaces de cruzamento (Cross Links)*.

Os enlaces tipo *d* conectam STP de diferentes níveis hierárquicos, STP regional a STP local, por exemplo. Os enlaces tipo *d* são denominados *enlaces diagonais (Diagonal Links)*.

Os enlaces tipo *e* conectam SP a STP aos quais não estão filiados. Os enlaces tipo *e* são denominados *enlaces de extensão (Extended Links)*.

Os enlaces tipo *f* interconectam dois SP e são denominados *enlaces associados (Fully Associated Links)*.

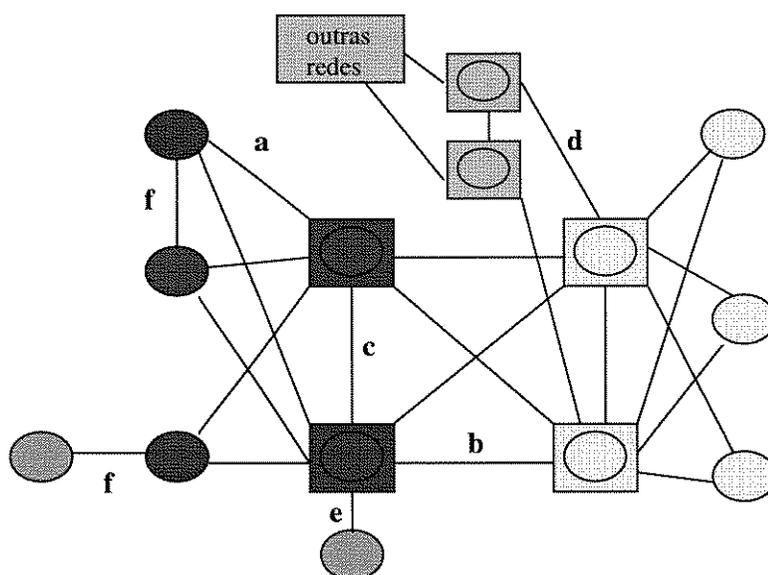


Figura 2-3: Tipos de Enlaces de Sinalização

A Figura 2-4 mostra uma possível implementação da rede de sinalização por canal comum para o exemplo de rede telefônica da Figura 2-1. As relações de sinalização entre SP1-SP3 e SP3-SP5 estão em modo quase-associado, enquanto que as relações entre SP1-SP2, SP2-SP3, SP2-SP5 e SP3-SP4 estão em modo associado. A ruptura de qualquer um dos enlaces de sinalização (falha simples) não inviabiliza a troca de mensagens entre os nós SP. Considerando uma ligação telefônica entre A e B ocupando um circuito de voz nas rotas: C1-C3, C3-C2, C2-C5 (vide Figura 2-1). As mensagens de sinalização que viabilizam esta conexão seguem, por exemplo, os seguintes caminhos na rede da Figura 2-4. Para sinalizar C1-C3, as mensagens fazem o caminho (em modo quase-

associado) SP1-STP1-SP3; o nó SP3 interpreta as mensagens de sinalização, passando a sinalizar o trecho C3-C2, com mensagens usando o caminho (modo associado) SP3-SP2. Agora, SP2 deve sinalizar o trecho C2-C5. Para isso, as mensagens seguem o caminho SP2-SP5 em modo associado.

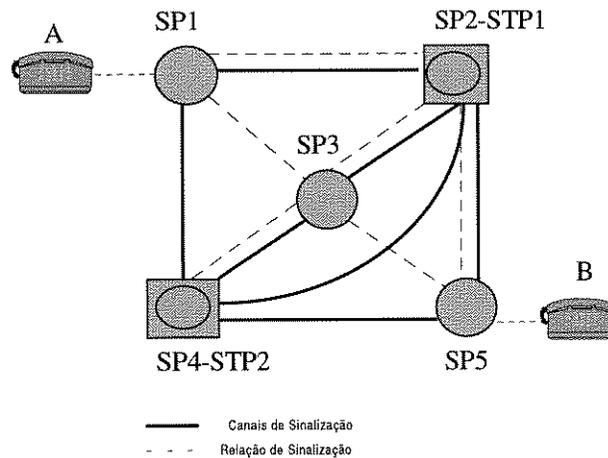


Figura 2-4: Exemplo de rede de sinalização SS7

## 2.4 Blocos Funcionais do Sistema de Sinalização # 7

Os blocos funcionais do sistema de sinalização # 7 estão organizados em níveis, de maneira análoga às camadas do modelo de transporte de dados OSI (*Open Systems Interconnections*) para redes de computadores [4], publicado em 1992 pela ISO (*International Standards Organization*).

A relação entre os níveis do sistema SS7 e as camadas do modelo OSI é ilustrada na Figura 2-5, conforme a recomendação Q700 do ITU-T [5], [8] e [6], em que:

- MTP (*Message Transfer Part*)
- SCCP (*Signaling Connection Control Part*)
- ISUP (*ISDN User Part*)
- TCAP (*Transaction Capabilities Application Part*)
- TUP (*Telephone User Part*)

A arquitetura do sistema SS7 foi especificada em 4 níveis funcionais, os 3 níveis de menor hierarquia compõem o *subsistema de transferência de mensagens MTP (Message Transfer Part)*, e correspondem aproximadamente às três primeiras camadas do modelo OSI. Os três primeiros níveis fornecem um serviço confiável, mas não orientado à conexão para o encaminhamento de mensagens através da rede SS7. O nível 4 do sistema SS7, que corresponde à camada de aplicação do modelo OSI, compreende os vários *subsistemas de usuário (User Parts)*.

Dois módulos foram acrescentados ao SS7 para suportar outras aplicações: o *subsistema de*

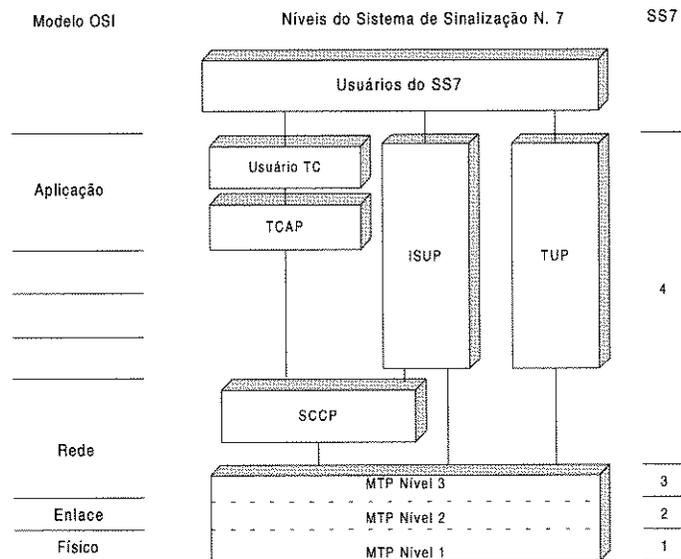


Figura 2-5: Relação entre os níveis do sistema de sinalização # 7 e as camadas do modelo OSI.

*controle de conexões SCCP (Signaling Connection Control Part)*, que complementa os serviços do MTP para torná-lo funcionalmente equivalente à camada de rede do modelo OSI; e o *subsistema de capacitação de transações TCAP (Transaction Capabilities Application Part)*, que é usado por aplicações distribuídas na rede. O subsistema SCCP provê o serviço de transferência de dados orientados à conexão, além dos serviços não orientados à conexão.

Os subsistemas SCCP e MTP constituem o *subsistema de serviço de rede NSP (Network Service Part)* e correspondem às camadas de 1 a 3 do modelo OSI, assim, o NSP provê a transferência confiável de mensagens, orientadas à conexão ou não, entre os subsistemas SS7.

Atualmente, não existem protocolos usados na arquitetura SS7 que possam mapear as camadas 4, 5 e 6 do modelo OSI. Os serviços da camada 7 do modelo OSI são fornecidos pelo nível 4 do SS7, onde se encontram os subsistemas de usuário.

### 2.4.1 Subsistema de Transferência de Mensagens (MTP)

O subsistema MTP é o protocolo de transporte usado pelos demais protocolos SS7. O protocolo MTP fornece aos demais níveis do sistema SS7 as funções de: seqüenciamento; encaminhamento; discriminação; e distribuição de mensagens.

O nível 1 do protocolo MTP (MTP1), ou nível físico, é equivalente à camada física do modelo OSI e define as características funcionais, elétricas e físicas do enlace de dados da sinalização. O nível MTP1 do ITU-T não especifica a taxa de bits para transmissão de dados podendo operar em qualquer interface que satisfaça as exigências de temporização dos protocolos envolvidos (tipicamente maior que 4.8 *kbps*).

O nível 2 do protocolo MTP (MTP2), ou nível de enlace de dados, é equivalente à camada de enlace do modelo OSI e fornece mecanismos para assegurar a transferência confiável dos dados na rede, independentemente da qualidade do meio. O nível MTP2 realiza o controle de fluxo, a detecção e correção de erros e o seqüenciamento de todos os pacotes de mensagens. Duas formas de correção de erro são especificadas [7] e [8], o método básico que usa retransmissão *go-back-N* com reconhecimento positivo ou negativo para correção de erro, e o método PCR (*Preventive Cyclic Retransmission*) que usa um sistema de retransmissão cíclica com reconhecimento positivo. O método PCR é preferível em enlaces com grande atraso de propagação como enlaces via satélite. Assim como no modelo OSI, esse nível é responsável apenas pela transmissão e recepção de dados de um nó para outro da rede (nós adjacentes). O nível MTP2 não fornece o encaminhamento de rede, pois não trata do destino final da mensagem.

O enlace de dados de sinalização recomendado pelo ITU-T é um canal digital *full-duplex* operando em 64 *Kbps*, entretanto, as recomendações permitem o uso de enlaces com velocidades mais baixas, enlaces analógicos com modem e também enlaces via satélite.

Para o nível MTP2, confiabilidade implica:

- os pacotes de dados transmitidos são entregues com reduzida taxa de erro média (da ordem de  $10^{-7}$ ) [7], [29];
- os pacotes de dados são entregues com reduzida taxa de mensagens entregues fora de seqüência (da ordem de  $10^{-10}$ ) [7];
- o receptor é capaz de exercer controle de fluxo sobre o emissor.

Os pacotes de informação (mensagens) são denominados unidades de sinalização SU (*Signaling Unit*). Existem três tipos de unidades de sinalização, diferenciadas por um campo indicador de comprimento LI (*Length Indicator*) contido em cada mensagem.

As unidades de sinalização dividem-se em:

- unidade de mensagem MSU (*Message Signal Unit*);
- unidade de estado do enlace LSSU (*Link Status Signal Unit*);
- unidade de preenchimento FISU (*Fill-In Signal Unit*).

As unidades de mensagens MSU contêm informações para o processamento da chamada, controle de rede, testes de rede e sinais de manutenção.

A unidade de estado de enlace LSSU carrega as informações de controle do nível 2 do subsistema de transferência de mensagens MTP.

As unidades de preenchimento são transmitidas quando não existe tráfego de mensagens MSU ou LSSU, e são utilizadas para detectar a presença ou não de erros na transmissão de mensagens.

O nível MTP3 corresponde a parte da camada de rede do modelo OSI, em princípio define as funções de transporte e fornece a transferência de mensagens entre pontos adjacentes de sinalização. As duas principais funções do nível MTP3 são:

- tratamento de mensagem de sinalização que é usado para encaminhar as mensagens para o enlace de saída apropriado se o endereço destino da mensagem não for o do nó em questão;
- gerenciamento da rede de sinalização que é usado para alterar o encaminhamento do tráfego para outros enlaces quando os nós originais tornam-se indisponíveis. Monitora o *status* de todos os enlaces de sinalização, toma decisões de encaminhamento e comunica o *status* aos pontos de sinalização remotos. É subdividido em gerenciamento de tráfego, gerenciamento de rotas e gerenciamento de enlaces.

A Figura 2-6 ilustra a estrutura funcional do MTP nível 3, o fluxo de mensagens e as interligações entre as funções de tratamento de mensagens e de gerência de rede de sinalização.

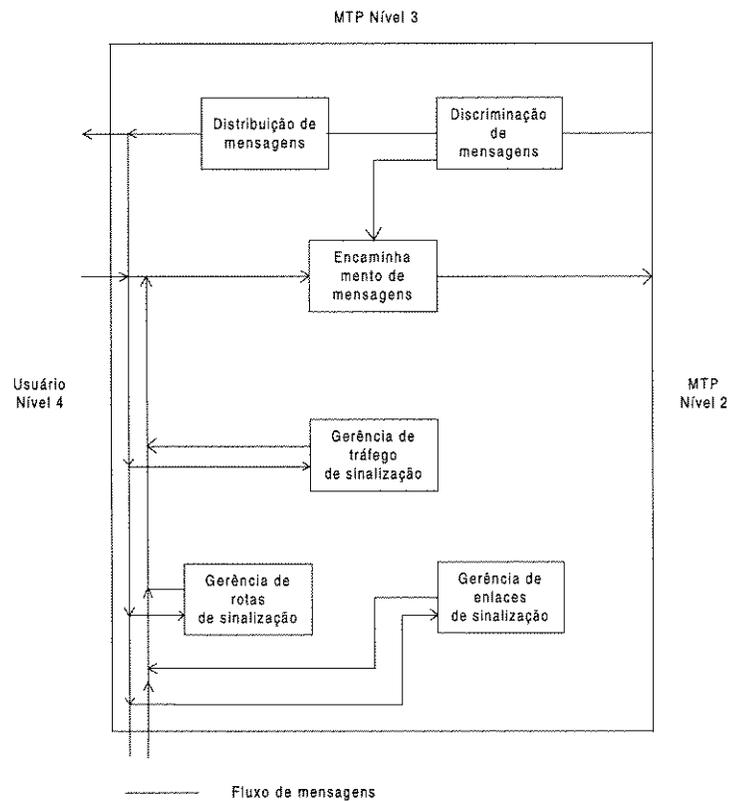


Figura 2-6: Funções e fluxos de mensagens do nível 3 do MTP

O tratamento de mensagens de sinalização discrimina, distribui e encaminha as mensagens. A função de discriminação de mensagens é a interface com o nível 2 do protocolo MTP. A função

de discriminação analisa se o código do ponto destino é o mesmo do ponto de sinalização que a recebeu. Caso em que a unidade de sinalização é passada para a distribuição de mensagens, caso contrário, a mensagem é passada para o encaminhamento de saída. A distribuição de mensagens determina qual subsistema de usuário de nível 4 ou componente da gerência receberá a mensagem.

As funções de gerência de rede possibilitam a reconfiguração da rede de sinalização na ocorrência de falhas ou o controle de tráfego no caso de congestionamentos ou bloqueios. As três funções de gerência são ativadas na ocorrência de mudança do *status* de um ponto de sinalização.

A função de gerenciamento do enlace usa unidades de sinalização LSSU para notificar os nós adjacentes de problemas ocorridos no enlace. O enlace pode ser removido de serviço (nenhuma MSU poderá ser transmitida sobre o enlace afetado) e a restauração do enlace (alinhamento e sincronização, [11]) pode ser inicializada.

O gerenciamento de rota é usado para informar a outros nós da rede o *status* de um nó particular que tenha se tornado indisponível ou congestionado, enquanto o gerenciamento de enlace apenas notifica o nó adjacente sobre o *status* do enlace.

Os nós adjacentes aos nós afetados geram as mensagens de gerenciamento de rotas que podem ser mensagens de transferência proibida e mensagem de transferência restrita [11].

O gerenciamento de tráfego é usado como mecanismo de controle de fluxo quando um nó tornou-se congestionado. Por exemplo, se um subsistema ISUP de usuário não está disponível, uma mensagem de gerenciamento de tráfego pode ser direcionada aos nós adjacentes sem ter qualquer impacto nas mensagens TCAP para o mesmo nó.

O gerenciamento de tráfego opera com um subsistema de usuário específico dentro do nó afetado, ao invés de toda a entidade, permitindo controlar o fluxo de algumas mensagens baseadas num dado protocolo, sem impedir o tráfego de outras que não devem ser afetadas.

#### **2.4.2 Subsistema de Controle de Conexão de Sinalização (SCCP)**

A motivação para o surgimento do subsistema SCCP foram as limitações do serviço de rede fornecido pelo subsistema MTP. A capacidade de endereçamento do MTP é limitada ao envio de mensagens entre nós adjacentes em modo não orientado à conexão e usando um indicador de serviço de 4 bits (subcampo do SIO (*Service Indicator Octet*)) para distribuir mensagens dentro do nó. O SCCP aumenta esta capacidade fornecendo endereçamento que usa o campo DPC (*Destination Point Code*) mais o SSN (*Subsystem Numbers*) das unidades de sinalização [11], dessa forma, fornece o encaminhamento entre origem e destino.

Com o surgimento de novos serviços (telefonia móvel celular e rede inteligente), o acesso à base de dados passou a ser requisitado e com isso o MTP passou a necessitar da complementação de um

protocolo de nível mais alto, no caso, o SCCP.

O subsistema SCCP fornece o endereçamento para encaminhar uma mensagem por toda a rede. Esta informação de endereçamento é usada em cada ponto de sinalização pelo encaminhamento do MTP3, para determinar qual canal de sinalização deve ser usado. Assim, o SCCP provê funções adicionais ao MTP3 para fornecer serviços de rede orientados à conexão e não orientados à conexão.

O protocolo SCCP é usado como camada de transporte para encaminhar mensagens de serviços baseados no protocolo TCAP (0800, 0900 e chamadas a cartão). Cada serviço tem um campo SSN único que identifica o usuário SCCP no ponto de sinalização destino.

No caso dos serviços 0800 e 0900, a rede SS7 fornece um número pelo qual a chamada será encaminhada, através dos subsistemas TCAP e SCCP, número este que retorna ao ponto de sinalização requisitante (origem).

O protocolo ISUP usa o SCCP para realizar sinalização fim-a-fim [9], [35], já o protocolo TCAP usa diretamente o serviço não orientado à conexão, pois as transações sendo de curta duração e em grande número, aumentariam o tráfego e a alocação de recursos de rede, caso uma conexão virtual fosse realizada para cada transação.

O SCCP é dividido em cinco classes de serviços [5], [6], [9] e [11]:

- classe 0 serviço básico não orientado à conexão;
- classe 1 serviço com seqüenciamento não orientado à conexão;
- classe 2 serviço básico orientado à conexão;
- classe 3 serviço com controle de fluxo orientado à conexão;
- classe 4 serviço com controle de fluxo e recuperação de erros, orientado à conexão.

### **2.4.3 Subsistema de Usuário de Telefonia (TUP)**

O subsistema TUP define o protocolo para controle de estabelecimento e de liberação de conexões de circuitos de voz na rede telefônica, suportando também a função de supervisão de circuito e grupo de circuito.

As principais funções do subsistema TUP são:

- capacitar os nós de uma rede comutada de circuitos a realizar funções de sinalização de controle de chamadas telefônicas internacionais e nacionais;
- controlar a comutação de todos os tipos de circuitos interconectados;

- prover meios de testes de continuidade enlace-a-enlace dos circuitos de voz analógicos e digitais;
- realizar controle de processamento de chamadas;
- realizar controle de supervisão de circuitos;
- realizar controle de procedimentos de sinalização.

#### 2.4.4 Subsistema de Usuário da Rede Digital de Serviços Integrados (ISUP)

O subsistema ISUP funcionalmente engloba as funções do TUP e outras relativas a dados. Os dois subsistemas não podem ser interconectados diretamente, sendo necessário procedimentos de interfuncionamento entre TUP e ISUP.

O ISUP é o protocolo do sistema de sinalização # 7 usado para estabelecer, gerenciar e liberar circuitos troncos que transportam chamadas de voz e dados sobre a rede telefônica pública comutada. Suporta também a função de supervisão de circuitos e grupo de circuitos, para serviços de voz e dados.

O ISUP realiza as funções de sinalização dos serviços ISDN e não ISDN e pode ser utilizado em redes telefônicas em substituição ao TUP.

O subsistema ISUP usa os serviços do MTP para transporte seqüencial de mensagens de sinalização entre centrais e usa os serviços do SCCP como método de sinalização fim-a-fim. As mensagens ISUP têm comprimento variável, e consistem de uma parte obrigatória fixa, uma parte obrigatória variável, e uma parte opcional [6]. As mensagens ISUP são apresentadas no apêndice A.

As principais funções do subsistema ISUP são:

- capacitar os nós de uma rede comutada de circuitos a realizar funções de sinalização de controle de chamadas internacionais e nacionais;
- controlar a comutação de todos os tipos de circuitos interconectados internacionalmente;
- prover meios de testes de continuidade enlace-a-enlace dos circuitos analógicos e digitais;
- realizar as funções de sinalização para prover serviços de voz e dados em uma rede digital de serviços integrados;
- fornecer um meio comum que conecta partes distribuídas da ISDN.

### 2.4.5 Subsistema de Aplicação de Capacitação de Transações (TCAP)

O subsistema TCAP provê, à rede SS7, a capacidade de realizar transações (acesso à base de dados) para fornecer serviços de rede inteligente e de rede de telefonia móvel. A troca de informações, em ambiente distribuído, é realizada usando o serviço não orientado à conexão do SCCP.

Nas redes inteligentes, um ponto de acesso ao serviço SSP (*Service Switching Point*) pode enviar uma requisição TCAP para conversão de número virtual (0800) em números terminais da rede telefônica para estabelecimento de conexões e para verificação do número de identificação de um usuário de cartão de crédito. Nas redes de telefonia móvel, o protocolo TCAP pode transportar mensagens MAP (*Mobile Application Part*) enviadas entre comutadores e base de dados para suportar autenticação de usuário, identificação de equipamento e detecção de área de atendimento (*roaming*).

O tráfego das atuais redes de sinalização é principalmente formado de mensagens TUP e ISUP, com algum tráfego TCAP, porém, com os serviços emergentes, o subsistema TCAP tende a ser o gerador predominante de tráfego.

### 2.4.6 Usuários de Capacitação de Transações (TC)

Os elementos ASE (*Application Service Elements*), OMAP (*Operation, Maintenance, and Administration Part*) e MAP (*Mobile Application Part*) são exemplos de usuários TC (*Transaction Capabilities*) [6]. Os elementos ASE fornecem as informações específicas que uma aplicação necessita, por exemplo, informação para requisição, a uma base de dados remota, para converter um número virtual (0800) em um número de telefone que possa ser encaminhado pela rede. O protocolo TCAP fornece as ferramentas requisitadas pela ASE para operação distribuída entre as camadas de aplicação. O subsistema MAP fornece os protocolos de aplicação e os procedimentos para monitorar, coordenar e controlar os recursos da rede móvel. Todas as interações OMAP entre diferentes nós da rede SS7 são realizadas através dos serviços do subsistema TCAP.

Um exemplo de configuração de rede SS7, mostrado na Figura 2-7, contém elementos da rede de telefonia básica, da rede inteligente e da rede de telefonia móvel. Os elementos HLR (*Home Location Register*), VLR (*Visitor Location Register*) e o ponto de controle SCP (*Service Control Point*) são conhecidos como centros de serviços da rede. Os elementos HLR e VLR são bases de dados para serviços de telefonia móvel, enquanto o SCP é o ponto de acesso as bases de dados para os serviços de rede inteligente. Já os elementos SSP e MSC (*Mobile Switching Center*) são centrais da rede, sendo que MSC é uma central especial para rede de comunicações móveis.

A rede exemplo (Figura 2-7) pode oferecer uma gama de serviços que utilizam o protocolo TCAP:

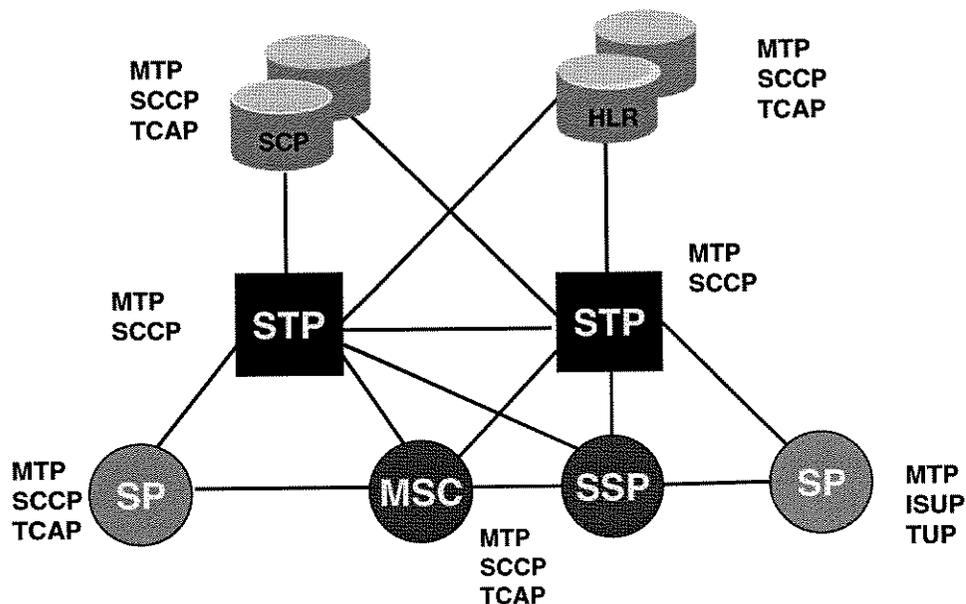


Figura 2-7: Exemplo de configuração de rede SS7

- serviço 0800;
- número universal;
- serviço de cartão de crédito;
- distribuição automática de chamadas;
- tarifação em tempo real;
- chamadas pagas previamente;
- serviços de grupo fechado de usuários;
- serviço de rede privativa virtual;
- completamento de chamadas para assinante ocupado;
- serviço móvel (*roaming* e *handoff* entre sistemas).

## 2.5 Considerações finais

Este capítulo apresentou os tipos de sinalização empregados nas redes de telecomunicações destacando a sinalização por canal comum e os seus blocos constituintes. Os principais parâmetros que devem ser retidos são:

- o número médio (6 mensagens) e o tamanho médio das mensagens (120 bits) do protocolo TUP;

- o número médio (5 mensagens) e o tamanho médio das mensagens (150 bits) do protocolo ISUP.

## Capítulo 3

# Dimensionamento de Redes por Canal Comum para Transporte da Sinalização Telefônica

Neste capítulo é proposta uma nova metodologia para a implantação das redes de sinalização integrada ao planejamento da comutação telefônica. Partindo-se da rede de troncos, planejada para um ano horizonte, é proposta uma abordagem *top-down* de projeto que resulta em uma rede de sinalização segura e de baixo custo. A metodologia segue um algoritmo que possui os seguintes passos: previsão da demanda; determinação do número e da localização dos pares STP; filiação dos nós SP; e dimensionamento considerando os casos de falhas simples na rede. O capítulo é finalizado com exemplos de aplicação em que são analisadas diversas topologias para a rede de sinalização de uma cidade de médio porte e de outra de grande porte.

### 3.1 Introdução

Para as redes modernas de telecomunicações é essencial que exista uma sinalização rápida, confiável e flexível. O sistema de sinalização por canal comum número 7 (SS7), como definido pelo ITU-T (*International Telecommunication Union — Telecommunication Standardization Sector*), possui essas características.

A rede de sinalização por canal comum é uma rede de pacotes que tem como função primeira realizar a sinalização de outras redes de telecomunicações, notadamente a rede telefônica e a rede inteligente (serviço 800, por exemplo).

A rede de sinalização deve ser tolerante a falhas, assim, seu projeto privilegia as topologias que

permitem múltiplos encaminhamentos, prevendo alternativas em casos de rupturas de enlaces ou de congestionamentos.

Além das recomendações dos organismos internacionais de normatização [10], existe uma vasta literatura sobre os protocolos envolvidos na rede SS7 (*Signaling System #7*) do ITU-T, destacando-se o recente livro de Russel [11].

A validação das redes SS7 através de simulações e emulações também tem sido objeto de estudo [12], [13], [14], [24], [27], [28], [29], assim como a análise de topologias que assegurem confiabilidade à rede em caso de falha [15], [16], [17], [18].

A questão da implantação das redes SS7 envolvendo as fases de previsão de demanda, definição de topologia e dimensionamento da rede, foco de atenção deste capítulo, é bastante recente na literatura [2], [19], [20], [24], [33], [34].

Partindo da rede telefônica de troncos planejada para um ano horizonte, este capítulo propõe uma metodologia *top-down* de projeto que resulta em uma rede de sinalização segura e de baixo custo. As diversas fases (previsão de demanda, definição de topologia e dimensionamento da rede) são resolvidas por enumeração implícita (do tipo *algoritmo guloso*), levando em conta explicitamente falhas simples de enlaces.

A redação subsequente deste capítulo está organizada da seguinte forma: primeiramente, uma série de conceitos sobre redes de sinalização por canal comum é estabelecida. Então, é feita uma discussão sobre a topologia da rede, identificando os pontos que afetam o desempenho da rede e os custos de implantação. A seguir, é proposto um algoritmo de dimensionamento da rede, finalizando com alguns exemplos de aplicação.

## 3.2 Estrutura Topológica da Rede de Sinalização

Vários aspectos influenciam a escolha da topologia da rede de sinalização: número de níveis hierárquicos STP; número mínimo de caminhos alternativos em caso de falhas dos nós STP e dos enlaces de sinalização; número máximo de enlaces de sinalização por ponto; tempo máximo de transferência das mensagens; capacidade máxima de tratamento de mensagens de cada ponto; etc.

A estrutura topológica adequada, considerando as restrições de confiabilidade e de atraso de transferência é a de uma rede hierárquica de dois níveis. No nível inferior estão todos os pontos SP e no superior os nós STP. Os nós STP formam pares casados (*single mated pair*) aos quais os SP estão filiados de maneira exclusiva. Todos os STP estão interligados por enlaces de sinalização.

De forma geral, o custo de implantação da rede não é muito influenciado pelo número de pares STP, mas sim pela criação de enlaces de sinalização em modo associado (justificados apenas por rotas telefônicas com um número muito grande de circuitos).

	$\rho = 0.2$	$\rho = 0.3$	$\rho = 0.4$
$\mu^{-1} = 80$	3160	4740	6320
$\mu^{-1} = 120$	4740	7120	9480
$\mu^{-1} = 160$	6320	9480	12640

Tabela 3.1: Número de circuitos suportados por um enlace de sinalização

Deve-se também avaliar as futuras expansões da rede, analisando os aspectos relacionados ao aumento do número de pares STP (número máximo de enlaces de sinalização por STP; tempo máximo de transferência das mensagens; capacidade máxima de tratamento de mensagens de cada STP; etc) e a criação de novos enlaces de sinalização em modo associado.

Aumentar o número de pares STP significa privilegiar o modo de sinalização quase-associado em detrimento do modo associado. O modo quase-associado proporciona o uso mais eficiente dos enlaces de sinalização; por outro lado, o modo associado apresenta atraso menor. Deste modo, a decisão a ser tomada em relação ao modo de sinalização utilizado deve ser feita com base em cada relação de sinalização individual.

Assim, a estrutura típica da rede SS7 é composta de um ou dois pares STP com os SP divididos (filiaos) entre esses pares e com praticamente toda a sinalização em modo quase-associado. É importante enfatizar, entretanto que, estas são linhas gerais para a definição da topologia. Cada caso particular de relação de sinalização deve ser tratada pelo algoritmo de dimensionamento para determinar a topologia final da rede SS7 em questão.

A Tabela 3.1 mostra o número  $n$  de circuitos troncos suportados por um enlace de sinalização de capacidade  $c = 64 \text{ Kbps}$ , supondo que o número médio  $\bar{m}$  de mensagens de sinalização por chamada telefônica é 6 (3 para frente e 3 para trás), que o comprimento médio  $\bar{l}$  das mensagens de sinalização é 120 *bits*, que o fator de carga  $E$  do circuito tronco é 0.9 *erlangs*, quando a duração média  $\mu^{-1}$  do tempo de retenção é 80, 120 e 160 *seg*, considerando-se o fator de ocupação do enlace  $\rho \in \{0.2; 0.3; 0.4\}$ . O fator de ocupação deve ser sempre menor que 0.4, para evitar tempos proibitivos de espera e probabilidades elevadas de transbordo nos *buffers* (o atraso de enfileiramento do enlace de sinalização em situações típicas da rede SS7 pode ser representado pelo modelo de filas M/G/1 [7], [27], [28]).

A relação entre o número de circuitos e os parâmetros é dada por:

$$n = \frac{\rho c}{\mu E \bar{m} \bar{l}} \times 2 \quad (3.1)$$

### 3.3 Algoritmo de Dimensionamento

Várias fases podem ser distinguidas no algoritmo:

- determinação da demanda de sinalização ponto a ponto;
- determinação do número de pares STP e suas localizações na rede;
- filiação;
- dimensionamento.

#### 3.3.1 Determinação da Demanda

A rede de comutação telefônica, dimensionada em função da demanda de tráfego, resulta em um conjunto de rotas de troncos que gera uma determinada demanda de sinalização de mensagens. Desta forma, a demanda de sinalização pode ser determinada a partir da rede de troncos, considerando ainda parâmetros tais como: tempo médio de retenção e número médio de mensagens por chamada telefônica.

Considere a rede descrita pelo grafo conexo  $(\mathcal{N}, \mathcal{A})$ , onde  $\mathcal{N} = \{1, 2, \dots, N\}$  é o conjunto de índices dos nós e  $\mathcal{A} = \{1, 2, \dots, M\}$  é o conjunto de índices dos arcos orientados. Associadas a cada arco, existem triplas que designam o nó origem, o nó destino e a capacidade em *Kbps* do enlace, denotadas  $(o, d, c)_a$ ,  $a \in \mathcal{A}$ ;  $o, d \in \mathcal{N}$ .

Seja  $\mathcal{K} = \{1, 2, \dots, T\}$  o conjunto de índices das diferentes demandas (também denominadas produtos), cujos atributos são triplas  $(o, d, \lambda)_k$ ,  $k \in \mathcal{K}$ , designando o nó origem, o nó destino e a taxa de sinalização (suposta constante e conhecida), expressa em *mensagens por segundo*, do produto  $k$ .

Cada relação de sinalização define um produto. Assim, o número de produtos a ser transportado pela rede é igual ao número de rotas da rede telefônica, cada rota caracterizada pelo número de circuitos  $n_{od}$ . A demanda é definida pela relação

$$\lambda_{od} = \mu E \bar{n} n_{od} \quad (3.2)$$

Como regra geral, para todos os nós da rede, no mínimo dois caminhos distintos (rotas de sinalização) devem ser previstos interligando cada par que possua relações de sinalização, com o intuito de garantir a troca de sinalização mesmo em caso de falha de qualquer enlace da rede.

A forma definida pelo ITU-T para garantir esta segurança (em caso de falha simples) é *filiar* cada nó SP a um par STP. Assim, antes da filiação é preciso determinar quais (no caso de STP integrados) e quantos são os pares STP da rede.

Um aplicativo computacional robusto de dimensionamento de redes SS7 deve permitir a intervenção do usuário no que diz respeito a questões como: número de pares STP, localização da função STP e filiação. Caso não haja intervenção do usuário, o aplicativo computacional segue automaticamente os passos descritos a seguir.

### 3.3.2 Número de pares STP

Em geral, uma rede com um único par STP atende as exigências de segurança e produz o menor atraso de transferência de mensagem, sendo portanto a solução desejada. Entretanto, duas restrições operacionais podem inviabilizar esta solução: limitação  $\gamma_M$  da capacidade de processamento de mensagens do nó STP (tipicamente 5000 *mensagens por segundo* para o STP integrados e cerca de 80000 para STP dedicados) e número máximo  $t_M$  de canais de sinalização suportados pelo nó STP (em torno de 256 canais para STP integrados e 512 para STP dedicados).

Para determinar o número mínimo de pares STP, considera-se um único nó virtual STP ligado (em modo quase-associado) a todos os SP (excetuados os satélites, isto é, nós não filiados). Desta forma, obtém-se uma estimativa de pior caso para a quantidade  $\gamma$  de mensagens a serem processadas por esse nó virtual

$$\gamma \triangleq \sum_{k \in \mathcal{K}} \lambda_k \quad (3.3)$$

Para cada enlace SP-STP virtual, obtém-se a soma do tráfego deste SP para todos os demais. Considerando um fator de ocupação  $\rho = 0.2$ , estima-se o número de canais de sinalização necessários para atender metade deste tráfego (lembrando que os STP operam em pares). O número total  $t$  de canais é obtido da soma para todos os SP.

Finalmente, o número mínimo de pares STP é dado por

$$p_m = \min_n \left\{ n \geq \frac{\gamma}{2\gamma_M}, n \geq \frac{t}{t_M} \right\} \quad (3.4)$$

Os STP integrados são aqueles que exigem uma definição quanto à localização. Já os STP dedicados não exigem definição quanto à localização, podendo ficar fisicamente separado da central de comutação telefônica.

### 3.3.3 Localização da Função STP

Levando em consideração o caso de STP integrados, a conveniência de localização da função STP em um nó SP está intimamente ligada ao número de rotas telefônicas que este nó SP tem com os demais, pois as rotas telefônicas suprem a função de transmissão para a sinalização. Com a implantação da sinalização por canal comum, cada enlace PCM (*Pulse Code Modulation Equipment*) de 30 canais

(na verdade, 32) das rotas telefônicas pode transportar um enlace de sinalização de 64 *Kbps*. De fato, não haveria restrição operacional para que um enlace PCM transportasse vários enlaces de sinalização, mas a confiabilidade da rede estaria comprometida.

Assim, os candidatos à função STP são os nós SP que possuem o maior número de rotas telefônicas. Essa estratégia restringe a necessidade de implantação de enlaces PCM de 30 canais SP-STP exclusivamente para fornecer meios de transmissão para a sinalização.

Não deve ser descartada a alternativa de reformulação do problema de entroncamento, com o intuito de criar novas rotas telefônicas, evitando a implantação de enlaces com a função exclusiva de transmissão para a sinalização. Antes de reformular o entroncamento, porém, deve ser analisada a possível inclusão de outros pares STP para diminuição do número  $r$  de novas rotas a serem implantadas.

A estratégia para a definição dos pares deve ser aquela que minimiza  $r$ . Partindo-se de  $p = p_m$ , analisam-se todas as configurações de  $p$  pares compostas pelas  $n = 2p + 1$  centrais SP com o maior número de rotas telefônicas, restando-se a configuração de  $p$  pares com o menor valor de  $r$ . O procedimento se repete aumentando-se o número de pares ( $p \leftarrow p + 1$ ), até que o número  $r$  de novas rotas a serem criadas seja o menor possível. A intervenção do planejador é relevante para selecionar os pares STP dentre os vários possíveis.

O número  $n_c$  de configurações de  $p$  pares com  $n \geq 2p$  nós SP candidatos a receber a função STP é dado por:

$$n_c = \frac{n!}{(n - 2p)! p! 2^p} \quad (3.5)$$

Para cada configuração, a enumeração dos nós SP permite a determinação do número de rotas a serem criadas para suportar a filiação de todos os SP aos pares da configuração sob análise.

Cada SP a ser filiado pode ser classificado em três categorias distintas exclusivas:

- a) Possui rotas telefônicas com os dois STP de um mesmo par da configuração. Este caso não requer criação de novas rotas;
- b) Possui uma rota com um dos STP da configuração. Durante a fase de filiação, uma rota de 32 canais precisa ser criada para suportar a transmissão do enlace de sinalização;
- c) Não possui rota com nenhum dos STP da configuração. Neste caso, a filiação passa pela implantação de duas novas rotas.

A escolha da configuração que implica na implantação do menor número de novas rotas é significativa em termos econômicos, e justifica sua identificação de forma exaustiva. Mesmo para redes de grande porte, com centenas de centrais, esta escolha pode ser feita por busca sistemática, uma vez que o número de pares STP é pequeno, em geral não ultrapassando 4 pares.

### 3.3.4 Filiação

A filiação de todos os nós da rede ou de alguns poderá ser feita pelo usuário. Caso não tenha sido definida pelo usuário, a filiação dos nós restantes (ou de toda rede, se for o caso) será feita pelo aplicativo computacional automaticamente, de modo a evitar a criação de rotas adicionais e a reduzir o tráfego entre os *aglomerados* (inter STP). Para filiação automática, os pares da configuração selecionada são enumerados de 1 a  $p$ . Os SP são colocados em uma pilha, que é então percorrida, filiando a cada par STP, os SP que possuem rotas exclusivamente aos dois STP ou a um entre os dois. Cada SP filiado é retirado da pilha. Esse procedimento privilegia a filiação sob o ponto de vista das rotas telefônicas existentes.

Durante a filiação de cada SP, os parâmetros  $\gamma_1, \dots, \gamma_p$  e  $t_1, \dots, t_p$  são testados em relação a  $\gamma_M$  e  $t_M$  para cada par STP. Se um ou ambos desses limiares forem ultrapassados o SP não é filiado a esse par STP, que deixa de receber filiações.

Considere agora apenas os pares STP que não atingiram os limiares de saturação. Na pilha de SP restam, sem filiação: os SP com duas rotas a dois ou mais pares STP; os SP com uma rota a dois ou mais pares STP; os SP com nenhuma rota aos pares STP. Restam também aqueles SP que não puderam ser filiados devido à saturação em limiares de pares STP. Eventualmente, a pilha de SP está vazia e a filiação terminada. Caso contrário, a pilha (ordenada crescentemente pela soma de tráfego que cada SP troca com os demais) é percorrida, tratando-se os SP com rotas (uma ou duas) a mais de um par STP.

Define-se como *aglomerado* de um par STP o conjunto composto pelos SP filiados ao par e pelos dois SP integrados (se for o caso). Para cada SP, são calculados *índices de atração*  $a_1, \dots, a_p$  como sendo as médias aritméticas dos tráfegos que o SP tem com cada um dos SP integrantes do aglomerado, para cada par STP. O SP é então filiado ao par STP pertencente ao aglomerado com o qual tem maior índice de atração. O objetivo é reduzir o tráfego inter STP. Em cada filiação, o par STP é testado quanto aos seus limiares. Uma vez tratados todos os SP com uma ou duas rotas, restam apenas os SP sem rota a qualquer um dos pares STP. A pilha de SP é então percorrida, filiando-se cada SP aos pares STP, até o completo esvaziamento da pilha.

### 3.3.5 Dimensionamento

Após a filiação, o dimensionamento é feito em três fases: encaminhamento preliminar em modo quase-associado, teste de modos associados (rede nominal) e análise de contingências.

## Encaminhamento em Modo Quase Associado

Na primeira fase, supondo que os STP sejam dedicados, todos os SP (exceto os satélites) são encaminhados em modo quase-associado, resultando em um grafo estratificado, tendo os STP ligados dois a dois em um nível superior e os SP ligados a um par STP. De fato, aqueles STP que forem integrados e possuírem rotas com SP filiados são encaminhados em modo associado.

Desta forma, o tráfego de sinalização em *bps* é determinado em cada um dos enlaces. Usando o valor de  $\rho = 0.2$  para o fator de ocupação dos enlaces, estes podem ser devidamente dimensionados para o tráfego nominal. Considerando-se as possíveis falhas em cada um dos enlaces (falha simples) e os encaminhamentos alternativos para cada um, o dimensionamento final da rede pode ser realizado.

Esta é uma solução factível e poderia ser implantada. Entretanto, a análise, para cada uma das rotas telefônicas, do encaminhamento em modo associado, pode diminuir o número total de canais de sinalização da rede.

## Rede Nominal

Separam-se as rotas telefônicas (produtos) em 3 conjuntos mutuamente exclusivos e exaustivos:

- a)  $S_1$  é o conjunto das rotas que estão entre um SP e um STP integrado.
- b)  $S_4$  é o conjunto das rotas entre SP filiados ao mesmo par STP e das rotas entre SP e STP integrado ao qual não está filiado.
- c)  $S_8$  é o conjunto das rotas entre SP filiados a pares STP distintos.

Nota-se que o número de enlaces percorridos no encaminhamento nominal é 1 para as rotas do conjunto  $S_1$ , 4 para  $S_4$  e 8 para  $S_8$ . Os encaminhamentos das rotas dos conjuntos  $S_4$  e  $S_8$  podem ser alterados para o modo associado com o intuito de diminuir o número de canais de sinalização da rede, para isto considere o seguinte algoritmo *guloso*:

Ordena-se decrescentemente os produtos do conjunto  $S_8$  e faça  $g = 1$ .

Toma-se as  $g$  maiores rotas e analisa-se o impacto na rede de passá-las para o modo associado. Se houver diminuição do número de canais de sinalização, modificar o encaminhamento destas  $g$  rotas. Caso contrário, deslocar de uma unidade o grupo de  $g$  rotas a serem analisadas e percorra todo o conjunto  $S_8$ . Faça  $g \leftarrow g + 1$  e repita o procedimento até  $g = 8$ . Para  $g > 4$  considere apenas os grupos que contenham rotas com pelo menos um nó SP em comum.

Retorna-se  $g = 1$  e aplica-se o mesmo procedimento para o conjunto  $S_4$ , progredindo até  $g = 4$ . Para  $g > 2$  considere apenas os grupos que contenham rotas com pelo menos um nó SP em comum.

Nota-se que todos os nós SP filiados devem continuar ligados aos seus pares STP, e portanto motivos econômicos não podem suprimir esses enlaces, o mesmo valendo para os enlaces inter STP.

Em outras palavras, a análise de conversão de relações de sinalização de modo quase-associado para modo associado pode ser interrompida quando a rede atingir sua estrutura mínima (64 Kbps em cada enlace).

A rede resultante (com enlaces enumerados de 1 a  $M$ ) transporta de maneira adequada o tráfego nominal identificado pelas variáveis  $u_1, \dots, u_M$  em bps.

### Contingências

Considerando agora o encaminhamento em caso de falha simples dos enlaces de sinalização. A estrutura topológica e o critério de dimensionamento (fator de ocupação dos enlaces  $\rho = 0.2$ ) da rede SS7 nominal foram feitos de maneira a suportar a quase totalidade de falhas simples dos enlaces de sinalização. Por exemplo, em uma situação de pares STP dedicados, sem nós SP satélites, e todos os SP encaminhados em modo quase-associado, qualquer falha simples poderá no máximo elevar o fator de ocupação para  $\rho = 0.4$  (aceitável em situações de contingência segundo as recomendações do ITU-T).

O acréscimo eventual de canais de sinalização nos enlaces devido a falha simples é obtido através do seguinte procedimento. Para cada enlace, é criada uma *lista ligada* contendo todos os caminhos que passam pelo enlace (formulação arco-caminho). Cada caminho está identificado por uma relação de sinalização, transportando uma parcela definida de tráfego desta relação.

Para o enlace  $k$ ,  $k \in \mathcal{A}$ , todos os caminhos que o contêm são percorridos, identificando-se os demais enlaces afetados pela falha em questão (o apêndice B analisa todos os caminhos alternativos em caso de falha) e calculando  $v_i$  (tráfego de contingência nos demais enlaces, somando-se as contribuições de todos os caminhos),  $i \neq k$ ,  $i \in \mathcal{A}$ ;  $v_k = 0$ . Ainda para esse enlace, computa-se na rota  $i$ ,  $i \in \mathcal{A}$ , o tráfego  $u_i + v_i$ . Se o limiar (fator de ocupação  $\rho = 0.4$ ) for ultrapassado, canais são acrescidos ao enlace, para garantir a especificação em caso de falha. As variáveis  $v_i$ ,  $i \in \mathcal{A}$  são zeradas, e o procedimento descrito é refeito até se esgotar o conjunto  $\mathcal{A}$ .

### 3.4 Exemplo de aplicação a uma rede de médio porte

O algoritmo foi aplicado a uma cidade com cerca de um milhão de habitantes, para a implantação da sinalização por canal comum numa rede de  $N = 27$  centrais e  $T = 108$  rotas (numeradas seqüencialmente), com capacidade média de 354 circuitos por rota. O diagrama de distribuição de capacidade das rotas é mostrado na Figura 3-1. Observa-se que as capacidades das rotas está distribuída entre 90 e 1680 circuitos, sendo que apenas 4 possuem capacidade superior a 1000 circuitos.

A quantidade  $\gamma$  de mensagens para determinar o número mínimo de pares STP para a rede é

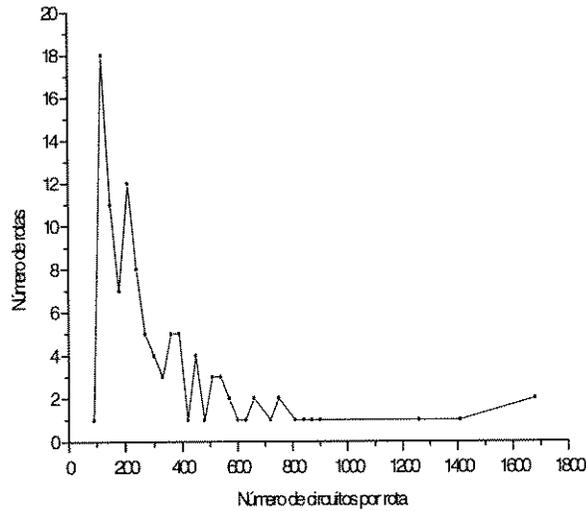


Figura 3-1: Distribuição do número de rotas telefônicas em função de suas capacidades para a rede de médio porte.

igual a 1530 mensagens por segundo, e o número total  $t$  de canais estimados é 64. Desta forma, um único par STP atenderia as restrições de capacidade máxima de processamento e de número máximo de canais de sinalização.

A Figura 3-2 apresenta o tráfego de mensagens por nó e o número de rotas que cada um deles tem com os demais. Nota-se a forte correlação entre número de rotas e o tráfego processado por cada nó. A escolha dos nós com maior número de rotas (pela ordem, centrais número 12, 14, 6, 27, 17, 9 e 19) permite a determinação da configuração que implica na criação do menor número de rotas adicionais (para suportar a transmissão dos enlaces de sinalização).

A Figura 3-3 ilustra o número de rotas a serem criadas para suportar a transmissão dos enlaces de sinalização considerando as 3 configurações de 1 par (escolhido entre as 3 maiores centrais), as 15 configurações de 2 pares (selecionados entre as 5 maiores centrais) e as 15 melhores dentre as 105 configurações de 3 pares (escolhidos entre as 7 maiores centrais). Observa-se que o número extremamente baixo de novas rotas a serem criadas é possivelmente resultado da influência da topologia da rede de sinalização sobre a topologia do entroncamento.

A Figura 3-3 indica que não há economia de rotas adicionais quando se passa de configurações de 2 para 3 pares. Além disso, conclui-se que duas configurações devem ser investigadas: uma com 1 par STP, que implica na criação de duas novas rotas, e uma com 2 pares STP, que implica na criação de uma única nova rota. A decisão deve ser baseada no impacto econômico sobre o número

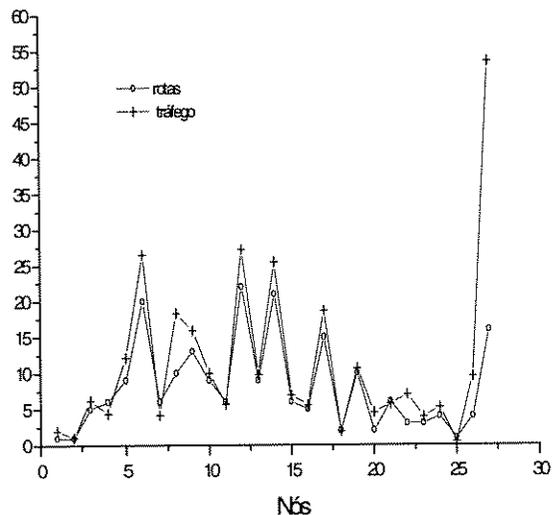


Figura 3-2: Distribuição, por nó, do número de rotas telefônicas e do tráfego (dezenas de mensagens por segundo) para a rede de médio porte.

Fase	Tipo de Enlace	No. de Enlace	No. de canais
1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup>	inter STP	1	1
	acesso	40	46
	associado <sup>Δ</sup>	7	7
3 <sup>a</sup>	inter STP	1	2
	acesso	40	46
	associado <sup>Δ</sup>	7	14
	Total	48	62

Tabela 3.2: Número de enlaces e de canais de sinalização nas três fases do algoritmo de dimensionamento da rede com um par STP. <sup>Δ</sup> Rotas em modo associado de nós não filiados.

de canais de sinalização da rede.

Considerando a configuração com 1 par STP (nós 12 e 14), a Tabela 3.2 apresenta o número de enlaces e de canais de sinalização para as três fases do dimensionamento (encaminhamento preliminar em modo quase associado, rede nominal e análise de contingência).

A configuração com dois pares STP (nós 12 e 14, e nós 6 e 17) é mostrada na Tabela 3.3 para as três fases do dimensionamento.

Tanto a rede com um par STP como a rede com dois pares STP não foram modificadas na fase dois do algoritmo de dimensionamento. A análise de potenciais passagens da relação de sinalização em modo quase-associado para o modo associado mostrou que não ocorre diminuição do número de canais. Isso pode ser explicado de maneira intuitiva pelo baixo número de rotas de grande porte na

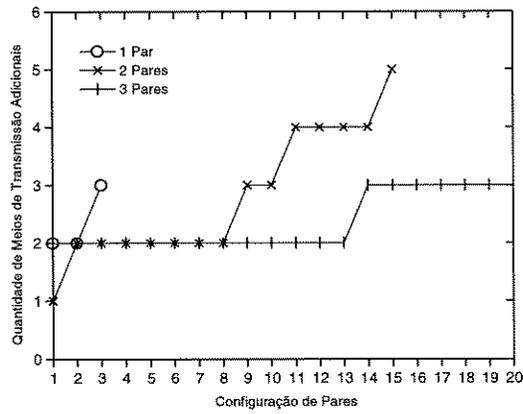


Figura 3-3: Número de rotas adicionais por configuração de pares para a rede de médio porte.

Fase	Tipo do enlace	No. de nós	No. de enlaces	No. de canais
1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup>	inter STP	4	6	$2+4 \times 2$
	acesso a 12-14	11	22	22
	acesso a 6-17	7	14	$12 + 2 \times 3$
	associado <sup>Δ</sup>	5	7	7
3 <sup>a</sup>	inter STP	4	6	$6 \times 2$
	acesso a 12-14	11	22	22
	acesso a 6-17	7	14	$12 + 2 \times 3$
	associado <sup>Δ</sup>	5	7	$7 \times 2$
	Total	27	49	66

Tabela 3.3: Número de enlaces, nós e canais de sinalização nas três fases do algoritmo de dimensionamento da rede com dois pares STP. <sup>Δ</sup> Rotas em modo associado de nós não filiados.

rede telefônica (Figura 3-1). Devido à estrutura praticamente em modo quase-associado, não houve acréscimo de canais de contingência, além daqueles estritamente necessários (unindo nós satélites e inter STP, por exemplo).

Comparando-se as duas soluções analisadas (Tabelas 3.2 e 3.3), nota-se que o número total de canais da rede com 2 pares STP é ligeiramente superior ao da rede com 1 único par, implicando em custos de implantação similares, já que a rede com 2 pares necessitaria de 1 nova rota telefônica contra duas rotas adicionais no caso de 1 par STP (ver configuração 1 da Figura 3-3). Desta forma, a solução com 2 pares pode ser preferível, pois acomoda melhor expansões uma vez que cada nó STP da rede de 2 pares processa menos mensagens e tem um número menor de canais de sinalização do que os nós STP da rede de 1 par. A Tabela 3.4 resume as comparações entre essas duas redes.

A análise do exemplo sugere que o algoritmo de dimensionamento pode ser alterado para simplificar a obtenção do modo de sinalização para cada rota.

A definição de um limiar acima do qual a sinalização da rota é encaminhada em modo associado

Relações de Sinalização	Rede 1 Par STP	Rede 2 pares
quase associado	62	60
associado	39	41
associado <sup>Δ</sup>	7	7
Total de Enlaces	48	49
Total de Canais	62	66

Tabela 3.4: Quadro resumo das alternativas para a rede de sinalização

permite controlar a solução gerada pelo algoritmo de dimensionamento.

### 3.4.1 Dimensionamento por Limiar

O dimensionamento começa pela determinação dos modos de encaminhamento a serem utilizados, para cada uma das relações de sinalização existentes na rede de troncos. Se pelo menos um dos nós SP extremos de uma relação de sinalização não for filiado a nós STP, a relação de sinalização é encaminhada em modo exclusivamente associado (não há encaminhamento alternativo em caso de pane). No caso de ambos os nós SP serem filiados a nós STP, duas possibilidades existem: o usuário escolhe o modo de sinalização a ser utilizado, ou deixa que o aplicativo faça essa escolha com base em um critério de limiar de utilização do enlace. Quando a quantidade de circuitos da rota excede o limiar pré-determinado, o modo de sinalização é associado; caso contrário, quase-associado.

#### Tráfego Nominal

A determinação do tráfego nominal  $\alpha_i$ ,  $i \in \mathcal{A}$ , de cada enlace da rede é feita percorrendo-se uma *pilha* contendo todas as relações de sinalização da rede, somando-se o tráfego correspondente. Para cada relação de sinalização, existe uma *lista ligada* contendo todos os enlaces dos caminhos nominais associados. Cada enlace tem como parâmetro a porcentagem do tráfego de sinalização transportado da relação de sinalização em questão. A lista ligada associada a cada relação de sinalização depende do *status* de cada um dos nós extremos da relação (se são filiados ou não) e do modo de encaminhamento (associado ou quase-associado).

#### Tráfego de Contingências

A rede de sinalização deve suportar, sem degradação, qualquer falha simples de seus enlaces. O acréscimo  $\beta_i$ ,  $i \in \mathcal{A}$ , de tráfego (nos demais enlaces) devido a essas falhas é chamado de *tráfego de contingências* e sua determinação segue um procedimento similar ao do tráfego nominal. A lista ligada, neste caso, é composta pelos enlaces dos caminhos alternativos e, a medida que a pilha é percorrida, retém-se o valor máximo para  $\beta_i$  (e não sua soma).

Tipo de Enlace	No. de Enlaces	No. de Canais
inter STP	1	2
acesso a 12-14	40	42
associado <sup>Δ</sup>	7	14
Total	48	58

Tabela 3.5: Número de enlaces e canais de sinalização para rede de médio porte com 1 par STP (método por limiar)

Tipo de Enlace	No. de Enlace	No. de Canais
inter STP	6	12
acesso a 12-14	22	22
acesso a 6-17	14	16
associado <sup>Δ</sup>	7	14
Total	49	64
Rota adicional	1	1

Tabela 3.6: Número de enlaces e canais de sinalização para rede de médio porte com 2 pares STP (método por limiar)

### Tráfego de Sobrecarga

O tráfego de sobrecarga é a soma do tráfego nominal  $\alpha_i$  com o tráfego de contingências  $\beta_i$ . Considerando as possíveis falhas (simples) em cada um dos enlaces de sinalização, o fator de ocupação poderá no máximo chegar a  $\rho = 0.4$  (aceitável em situações de contingência segundo as recomendações do ITU-T). Para cada enlace, tem-se

$$n = \text{ceil} \left( \frac{\alpha_i + \beta_i}{\rho * c} \right), \quad i \in \mathcal{A} \quad (3.6)$$

onde  $\text{ceil}(x)$  é o menor número inteiro maior que  $x$ ,  $n$  é o número total de canais de sinalização,  $c = 64Kbps$  é a capacidade do enlace de transmissão e  $\rho = 0.4$  é a carga máxima do canal de sinalização.

O algoritmo por limiar foi aplicado à rede exemplo.

Considerando a configuração com 1 par STP (nós 12 e 14), a Tabela 3.5 apresenta o número de enlaces e de canais de sinalização. A taxa de mensagens processadas e o número de canais suportados por cada STP são  $1213.2 \text{ msu/s}$  e 24 canais para o STP A (nó 12) e  $1220.4 \text{ msu/s}$  e 26 canais para o STP B (nó 14).

Na configuração com dois pares STP (nós 12 e 14, e nós 6 e 17), observa-se um aumento no número total de canais (Tabela 3.6) porém, por cada nó STP, há uma redução no número de canais e no número de mensagens processadas.

A Tabela 3.7 permite a comparação das duas soluções para a rede de médio porte, nota-se que o número total de canais da rede com 2 pares STP é ligeiramente superior ao da rede com um único

Relações de Sinalização	Rede 1 par (nós 12 e 14)	Rede 2 pares (12-14, 6-17)
quase associado	63	60
associado	38	41
associado <sup>Δ</sup>	7	7
Total de Enlaces	48	49
Total de Canais	58	64

Tabela 3.7: Quadro resumo das alternativas para a rede de sinalização

par, implicando em custos de implantação similares.

O número de canais para a rede de sinalização obtido através do método de dimensionamento por limiar é menor que para o primeiro método, tanto para 1 par (comparando as Tabelas 3.2 e 3.5) quanto para 2 pares (comparando as Tabelas 3.3 e 3.6).

As rotas foram encaminhadas da mesma forma pelos dois métodos (quase que na totalidade pelo modo quase-associado). O número menor de canais no segundo método decorre do dimensionamento ser feito de início considerando as contingências ( $\rho = 0.4$ ), quando no primeiro, a rede é dimensionada nominalmente com  $\rho = 0.2$  para só então serem consideradas as falhas (tratadas com  $\rho = 0.4$ ).

Como pôde ser notado através das tabelas, o número total de canais para rede de sinalização obtido através do método de dimensionamento por limiar é menor que para o primeiro método, tanto para 1 par (comparando as Tabelas 3.2 e 3.5) quanto para 2 pares (comparando as Tabelas 3.3 e 3.6). No caso desse exemplo, a redução do número de canais do primeiro método para o método de dimensionamento por limiar foi mais significativa para a rede com 1 par STP do que para a rede com 2 pares, porém, de uma forma geral, essa redução não é muito significativa em termos econômicos, no entanto, quando se trata de uma rede de maior porte, essa redução representa uma economia substancial, como será visto no próximo exemplo de aplicação.

### 3.5 Exemplo de aplicação a uma cidade de grande porte

Trata-se de uma rede de grande porte com 208 centrais e 11645 rotas telefônicas. O diagrama de distribuição de capacidades das rotas é mostrado na Figura 3-4 e na Tabela 3.8. Observa-se que a capacidade de grande parte das rotas está distribuída entre 30 e 360 circuitos. A média de circuitos por rota é de aproximadamente 99 circuitos. Resultando em aproximadamente 45000 *msu/s* (vide Figura 3-6).

O desenvolvimento de equipamentos de grande capacidade, exclusivos e especializados no processamento de mensagens de sinalização, cria a oportunidade de uso de STP dedicados nas redes de grande porte, evitando o uso de vários STP integrados.

Número de circuitos por rota	Número de rotas
30	4716
60	3619
90	1326
120	482
150	256
180	168
210	117
240	84
270	55
300	38
330	29
360	28

Tabela 3.8: Número de circuitos por rota e número de rotas

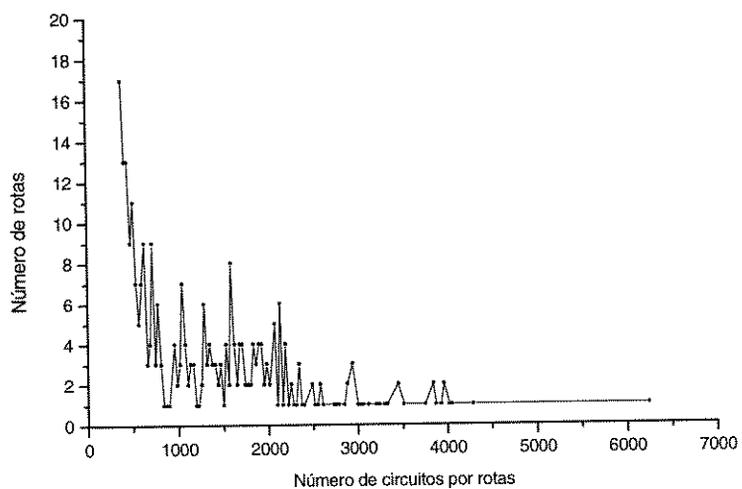


Figura 3-4: Diagrama de distribuição de capacidade de rotas

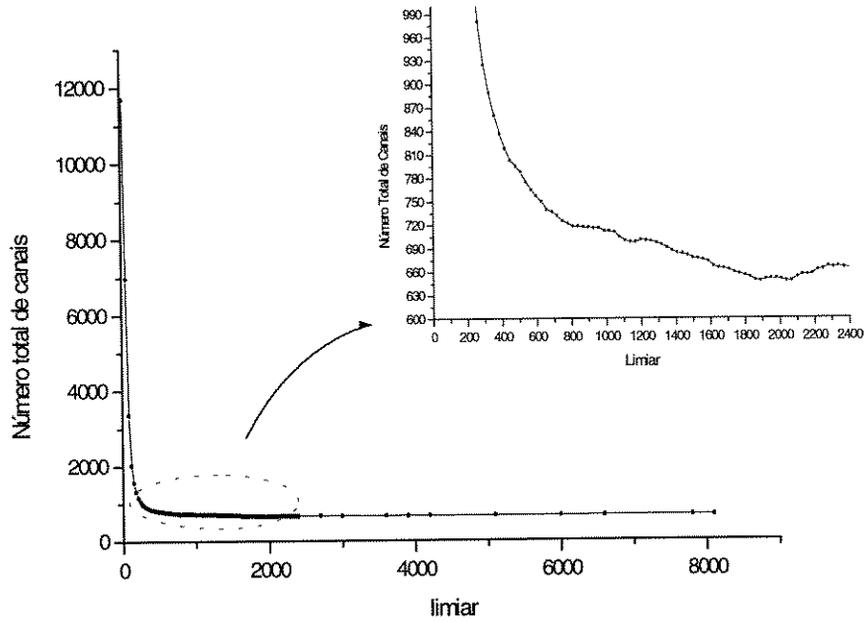


Figura 3-5: Variação do número total de canais de 64Kbps em função do limiar para a rede de grande porte.

A Figura 3-5 apresenta o número de canais da rede de sinalização em função da variação do limiar para abertura de enlaces em modo associado. Esse limiar é o número de circuitos da rota, acima do qual é criado um enlace em modo associado. Para um limiar acima de 1000 circuitos o número de canais de sinalização é praticamente invariante com o limiar; e abaixo deste valor, o número de canais cresce proibitivamente. Assim, deve-se analisar os demais índices de desempenho (carga e número de canais por STP) para poder escolher o valor apropriado de limiar.

A Figura 3-6, mostra a carga, em quantidade de mensagens por segundo (*msu/s*) processada por STP, em função do limiar. Observa-se que, para o limiar entre 1000 e 2000 circuitos, existe uma região onde há uma certa estabilidade para a carga por STP, favorável à fixação do limiar. A Figura 3-7, mostra o número de canais por STP, em função do limiar. Novamente, a região de limiar entre 1000 e 2000 circuitos apresenta um desempenho favorável. Retomando a Figura 3-5, pôde-se fixar o limiar em 1850 para o exemplo sob estudo. Para o limiar fixado em 1850 circuitos, a rede foi dimensionada com um total de 648 canais de sinalização.

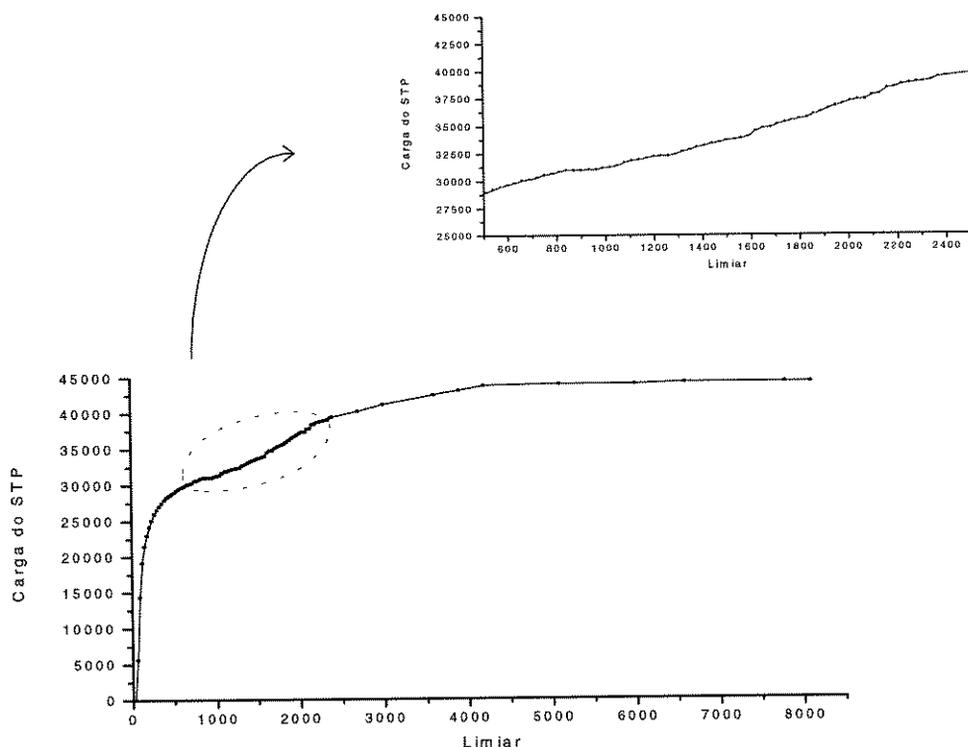


Figura 3-6: Carga ( $msu/s$ ) por STP em função do limiar para a rede de grande porte.

### 3.6 Considerações finais

O planejamento da implantação de redes de sinalização por canal comum em redes públicas de telecomunicações foi abordado neste capítulo seguindo uma metodologia *top-down* de projeto.

A aplicação da metodologia proposta tem seu início na previsão da *demand*a de tráfego de mensagens de sinalização obtida da rede de troncos (telefônicos) planejada.

Em seguida, a definição do *número* e a *localização* dos pares STP, assim como a *filiação* dos nós SP são obtidas por uma heurística, que visa minimizar o número de novas rotas a serem implantadas (para viabilizar a transmissão dos enlaces de sinalização), respeitando as restrições operacionais dos nós STP (número máximo de mensagens processadas e de canais de sinalização).

Após a filiação dos nós SP, o dimensionamento é tratado em três fases: preliminar (em modo quase-associado), nominal e análise de contingências. No método de dimensionamento por limiar, o dimensionamento é tratado levando em consideração o tráfego de sobrecarga, o que permite obter uma rede de baixo custo e segura contra falhas (toda falha simples e várias múltiplas).

O exemplo de médio porte validou a metodologia por limiar, permitindo que seja aplicada a redes muito grandes, tais como as maiores do país.

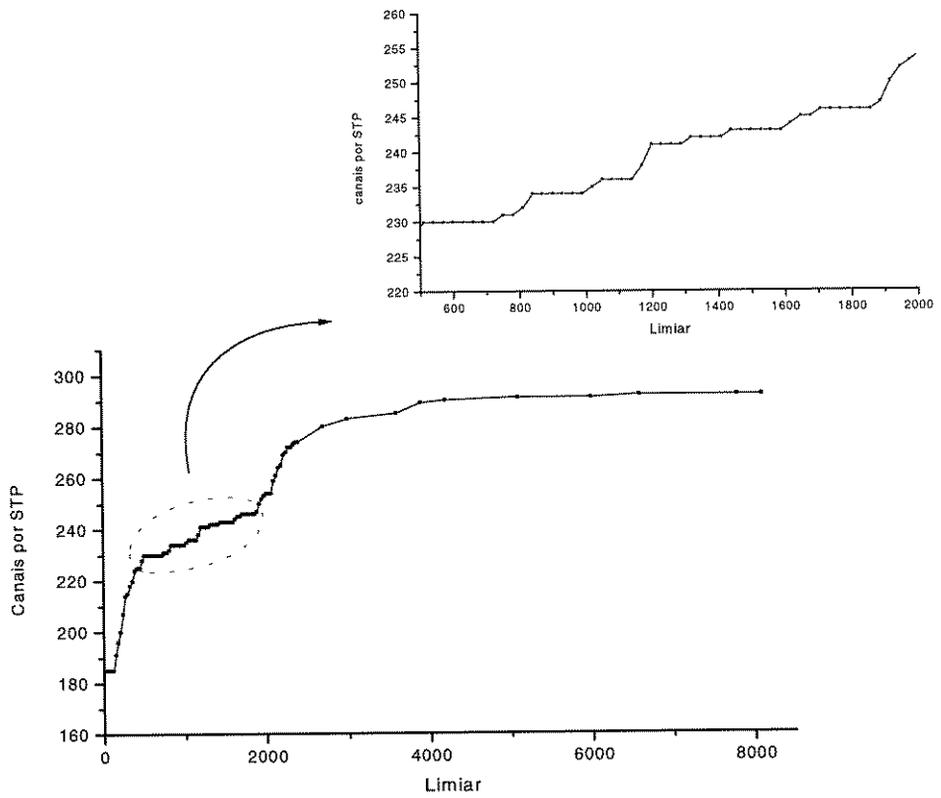


Figura 3-7: Número de canais por STP em função do limiar para a rede de grande porte.

# Conclusão

Uma nova metodologia para o dimensionamento das redes de sinalização por canal comum foi proposta e desenvolvida neste trabalho. A metodologia integra a implantação das redes de sinalização ao planejamento da comutação telefônica.

Além da análise de casos para validação da metodologia, dois importantes estudos de redes brasileiras foram realizados: uma rede de médio porte, que deu origem a melhorias no método; e uma rede de grande porte, que mostrou a adequação e eficiência da abordagem proposta.

Algumas conclusões específicas são resultados deste trabalho:

- a estimativa da demanda de sinalização (no caso de tráfego telefônico) pode ser feita a partir da rede de troncos, não necessitando explicitamente do tráfego telefônico;
- a estimativa da demanda por rota depende essencialmente de 4 parâmetros: número médio e tamanho médio das mensagens por chamada; número de circuitos da rota e tempo médio de retenção;
- o método de dimensionamento por limiar é eficaz, pois dimensiona os enlaces considerando simultaneamente os tráfegos nominal e de falha (fator de ocupação  $\rho = 0.4$ );
- a metodologia é eficiente, permitindo dimensionar redes de muito grande porte.

A continuidade natural deste trabalho é adequar a metodologia apresentada ao planejamento da rede SS7 considerando os novos serviços, notadamente os da rede inteligente.

# Apêndice A

## Mensagens de Sinalização

### A.1 Descrição dos tipos de mensagens de sinalização

Duas centrais digitais interligadas trocam mensagens de sinalização para o estabelecimento e término de conexões. No sistema de sinalização # 7, o pacote de informação é denominado unidade de sinalização SU (*Signal Unit*), cujo formato é mostrado na Figura A-1.

FLAG	CÓDIGOS DE REDUNDÂNCIA CÍCLICA	MENSAGEM (DADOS DE USUÁRIOS)	INFORMAÇÕES DE CONTROLE	FLAG
8	16	8n	16	8

Figura A-1: Formato básico da unidade de sinalização. Tamanho dos campos em bits.

Existem três tipos de unidades de sinalização, mostradas na Figura A-2.

Os campos das unidades de sinalização são:

- F (*Flag*) delimitador;
- CK (*Checksum*) para detecção e correção de erro;
- LI (*Length Indicator*) indica o tipo de unidade de sinalização, 0 para FISU, 1 e 2 para LSSU e de 3 a 63 para MSU;
- SF (*Status Field*);
- FSN (*Forward Sequence Number*) número de seqüência da unidade de sinalização, varia ciclicamente de 0 a 127;
- BSN (*Backward Sequence Number*) a unidade de sinalização em sentido reverso contém o número da última FSN recebida no terminal remoto;

F	CK	SIF	SIO	/	LI	F I B	FSN	B I B	BSN	F
8	16	8n, 2n < 272	8	2	6	1	7	1	7	8

**MSU**

sentido de envio dos bits →

F	CK	SF	/	LI	F I B	FSN	B I B	BSN	F
8	16	16	2	6	1	7	1	7	8

**LSSU**

sentido de envio dos bits →

F	CK	/	LI	F I B	FSN	B I B	BSN	F
8	16	2	6	1	7	1	7	8

**FISU**

sentido de envio dos bits →

Figura A-2: Unidades de sinalização: MSU, LSSU e FISU.

- FIB (*Forward Indication Bit*);
- BIB (*Backward Indicator Bit*);
- SIF (*Signaling Information Field*) campo de informação, o campo SIF contém um rótulo com o endereço de origem, o de destino e é composto dos campos DPC (*Destination Point Code*), OPC (*Originating Point Code*) e SLS (*Signaling Link Selection*);
- SIO (*Service Indicator Octet*) o campo SIO contém o campo de subserviço SSF (*Subservice Field*) e o indicador de serviço SI (*Service Indicator*). O campo de subserviço SSF contém o indicador da rede (nacional ou internacional) e a prioridade de descarte da mensagem (0...3, com 3 sendo a maior prioridade).

O indicador de serviço SI especifica o tipo de usuário MTP:

- *Signaling Network Management Message* (SNM);
- *Maintenance Regular Message* (MTN);
- *Maintenance Special Message* (MTNS);
- *Signaling Connection Control Part* (SCCP);

- *Telephone User Part* (TUP);
- *ISDN User Part* (ISUP);
- *Data User Part* (chamadas e mensagens relacionadas a circuitos);
- *Data User Part* (mensagens de registro/cancelamento de facilidades).

### **Message Signal Unit (MSU)**

A unidade de sinalização de mensagem MSU contém informações para o processamento da chamada, controle e testes de rede, e sinais de manutenção. As unidades MSU transportam informações de controle de chamada, de acesso à base de dados, de gerenciamento de rede e de dados de manutenção da rede.

### **Link Status Signal Unit (LSSU)**

A unidade de sinalização de estado do enlace serve para fazer o alinhamento dos enlaces. No seu campo de *status SF (Status Field)*, 3 bits fornecem a indicação:

- O - fora de alinhamento;
- N - alinhamento normal;
- E - alinhamento de emergência;
- OS - fora de serviço;
- PO - interrupção por falha no processador;
- B - ocupado.

O alinhamento é alcançado quando ambos os pontos de sinalização de um enlace estão enviando unidades LSSU com o *status* N ou E, após um breve período, o enlace entra em serviço e unidades FISU e MSU ocupam o enlace no lugar das unidades LSSU.

### **Fill-In Signal Unit (FISU)**

A unidade de sinalização de preenchimento FISU é utilizada para manter o sincronismo do enlace quando não há mensagens a serem transmitidas.

Na ausência das unidades MSU e LSSU, as unidades FISU são transmitidas continuamente no enlace de sinalização transportando informações de nível 2 (por exemplo, reconhecimento de sinal recebido no ponto de sinalização remoto). Para cada FISU, a qualidade do enlace é verificada através do campo CK (*Checksum*).

## A.2 Mensagens TUP (Telephone User Part)

### Mensagens de Endereçamento de Chamadas

As Mensagens de endereçamento de chamadas fazem parte do grupo FAM (*Forward Address Message*).

IAM (*Initial Address Message*) Mensagem enviada para o estabelecimento de chamadas na rede telefônica contendo informações de endereçamento, encaminhamento e tratamento das chamadas.

IAI (*Initial Address Message with Additional Information*) A mensagem inicial de endereçamento com informações adicionais é a primeira mensagem enviada para estabelecimento das chamadas.

SAM (*Subsequent Address Message*) A mensagem subsequente de endereçamento é utilizada para enviar dígitos de endereço não incluídos na IAI.

SAO (*Subsequent Address Message with One Signal*) Mensagem subsequente com um único sinal de endereçamento.

### Mensagens de Estabelecimento de Chamadas

As Mensagens de estabelecimento de chamadas fazem parte do grupo FSM (*Forward Set-up Message*).

GSM (*General Forward Set-Up Information Message*) Mensagem com informações para o estabelecimento da chamada.

COT (*Continuity Signal*) O sinal de continuidade informa que há continuidade no circuito estabelecido.

CCF (*Continuity-Failure Signal*) Sinal de falta de continuidade.

### Mensagens de Solicitação de informações de Estabelecimento de Chamadas

Fazem parte do grupo BSM (*Backward Set-up Message*).

GRQ (*General Request Message*) Mensagem enviada para trás, solicitando informações relativas à chamada.

### Mensagens de Informações sobre o estabelecimento de Chamadas

Fazem parte do grupo SBM (*Successful Backward Set-up Information Message*).

ACM (*Address-Complete Message*) Mensagem de endereço completo, enviada para trás, informando que foram recebidos todos os dígitos de endereçamento para estabelecer a chamada.

CHG (*Charging Message*) Mensagem de tarifação.

MPS (*Multimeasurement Pulse Signal*) Sinal de pulso de multimedição.

## Mensagens sobre Chamadas Malsucedidas

Fazem parte do grupo UBM (*Unsuccessful Backward Set-Up Information Message*).

SEC (*Switching-Equipment-Congestion Signal*) Mensagem enviada para trás, informando que não foi possível estabelecer a conexão na rede telefônica devido a congestionamento em central telefônica internacional.

CGC (*Circuit-Group-Congestion Signal*) Mensagem enviada para trás, informando que não foi possível estabelecer a conexão na rede telefônica devido a congestionamento em grupo de circuitos internacional.

NNC (*National-Network-Congestion Signal*) Mensagem enviada para trás, informando que não foi possível estabelecer a conexão na rede telefônica devido a congestionamento encontrado na rede telefônica nacional para qual a chamada está destinada.

ADI (*Address Incomplete Signal*) Mensagem enviada para trás, indicando que o número de sinais de endereços recebidos não é suficiente para completar a chamada.

CFL (*Call-Failure Signal*) Mensagem enviada para trás, informando que não foi possível estabelecer a conexão na rede telefônica devido a *time out*.

SSB (*Subscriber-Busy Signal*) Mensagem enviada para trás, indicando que o assinante chamado está ocupado.

UNN (*Unallocated-Number Signal*) Mensagem enviada para trás, indicando que o número discado não está sendo usado para a identificação de um terminal telefônico de assinante, podendo ser, por exemplo, um código reserva.

LOS (*Line-out-of-service*) Mensagem enviada para trás, indicando que a linha de acesso à qual está conectado o terminal telefônico do assinante chamado está com falha.

SST (*Send-Special-Information Tone Signal*) Mensagem enviada para trás, indicando que o número chamado não pôde ser alcançado devido a razões não cobertas por sinais específicos.

ACB (*Access Barred Signal*) Mensagem enviada para trás, indicando que a chamada foi rejeitada por motivo de falha em verificação de compatibilidade.

DPN (*Digital Path Not Provided Signal*) Mensagem enviada para trás, indicando que um caminho digital não está disponível.

MPR (*Misdialled Trunk Prefix*) Mensagem enviada para trás, para uso nacional, indicando que um prefixo de tronco foi incluído erroneamente.

EUM (*Extended Unsuccessful Backward Set-Up Information Message*) Mensagem enviada para trás, indicando outros motivos pelos quais a conexão não foi estabelecida.

FNC (*Forward Network Congestion Signal*) Sinal de congestionamento na rede à frente.

DOC (*Destination Office Congestion Signal*) Sinal enviado para trás, indicando congestionamento na central de destino.

### **Mensagens de Supervisão de Chamadas**

Fazem parte do grupo CSM (*Call Supervision Message*).

ANU (*Answer Signal Unqualified*) Mensagem enviada para trás, para uso nacional, indicando que a chamada foi atendida.

ANC (*Answer Signal Charge*) Mensagem enviada para trás, indicando que a chamada foi atendida, devendo ser tarifada.

ANN (*Answer Signal No Charge*) Mensagem enviada para trás, indicando que a chamada foi atendida, não devendo ser tarifada.

CBK (*Clear-Back Signal*) Mensagem enviada para trás, indicando que o terminal chamador desligou.

RAN (*Reanswer Signal*) Mensagem enviada para trás, informando que o terminal chamado, após ter desligado, voltou a tirar o fone do gancho.

FOT (*Forward Transfer Signal*) Mensagem enviada para frente, indicando que o operador da central telefônica internacional precisa de ajuda do operador da central telefônica internacional onde a chamada está entrando.

CCL (*Calling Party Clear Signal*) Mensagem enviada para frente, para uso nacional, para indicar finalização por parte do assinante chamador.

### **Mensagens de Supervisão de Circuitos**

Fazem parte do grupo CCM (*Circuit Supervision Message*)

RLG (*Release-Guard Signal*) Mensagem enviada para trás, após o circuito ter sido liberado.

BLO (*Blocking Signal*) Sinal de bloqueio que permite a uma central bloquear um circuito de voz de uma central remota.

BLA (*Blocking - Acknowledgement Signal*) Sinal de reconhecimento do sinal de bloqueio.

UBL (*Unblocking Signal*) Sinal de desbloqueio.

UBA (*Unblocking-Acknowledgement Signal*) Sinal de reconhecimento do sinal de desbloqueio.

CCR (*Continuity-Check-Request Signal*) Sinal de solicitação de teste de continuidade no circuito.

RSC (*Reset-circuit Signal*) Sinal de reinicialização de circuito.

### **Mensagens de Supervisão de Grupos de Circuitos**

Fazem parte do grupo GRM (*Circuit Group Supervision Message*).

MGB (*Maintenance Oriented Group Blocking Message*) Mensagem enviada à central remota, por motivo de manutenção, para bloquear a ocupação de um grupo de circuitos.

MBA (*Maintenance Oriented Group Blocking Acknowledgement Message*) Mensagem de reconhecimento de MGB.

MGU (*Maintenance Oriented Group Unblocking Message*) Mensagem enviada à central remota, para desbloquear um grupo de circuitos.

MUA (*Maintenance Oriented Group Unblocking - Acknowledgement Message*) Mensagem de reconhecimento de MGU.

HGB (*Hardware Failure Oriented Group Blocking Message*) Mensagem enviada à central remota, por motivo de falha de *hardware*, para bloquear a ocupação de um grupo de circuitos.

HBA (*Hardware Failure Oriented Group Blocking - Acknowledgement Message*) Mensagem de reconhecimento de HGB.

HGU (*Hardware Failure Oriented Group Unblocking Message*) Mensagem enviada à central remota, para desbloquear a ocupação de um grupo de circuitos.

HUA (*Hardware Failure Oriented Group Unblocking - Acknowledgement Message*) Mensagem de reconhecimento de HGU.

GRS (*Circuit Group Reset Message*) Mensagem usada para reinicializar um grupo de circuitos de voz.

GRA (*Circuit Group Reset - Acknowledgement Message*) Mensagem de reconhecimento de *reset* de grupo de circuitos.

SGB, SBA, SGU, SUA Mensagens análogas às mensagens HGB, HBA, HGU, HUA, sendo utilizadas quando a falha é de *software*.

### **Mensagens de Gerenciamento de Rede de Circuitos**

Fazem parte do grupo CNM (*Circuit Network Management Message Group*).

ACC (*Automatic Congestion Control Information Message*) Mensagem de gerenciamento gerada por uma central telefônica para indicar que o limite de congestionamento foi excedido.

### **Exemplos de troca de mensagens TUP**

Estabelecimento de Chamada Bem Sucedida - Método em bloco. A Figura A-3 ilustra um assinante A estabelecendo um circuito para conversação com um assinante B. O assinante A disca o número do assinante B, e a central telefônica (mais precisamente, o ponto de sinalização da central telefônica) gera uma mensagem IAI contendo o número do assinante chamado, o número do assinante chamador e a categoria do assinante chamador. A central B, ao receber a mensagem

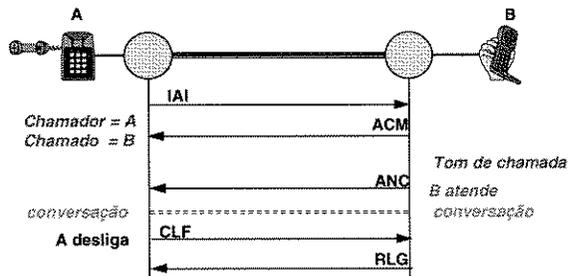


Figura A-3: Seqüência de Sinalização de Controle de Chamada

IAI, verificando que recebeu o endereço completo do assinante B, retorna a mensagem ACM, que também informa que o assinante B está livre. O telefone do assinante B toca e, quando este atende, a mensagem ANC é enviada à central A, indicando também que a chamada é com tarifação. Supondo que, o assinante A desligue, a mensagem CLF é enviada para B, sendo confirmada através da mensagem RLG (de B para A), ocorrendo, a liberação do circuito na rede telefônica e os assinantes A e B retornam ao estado livre.

As Figuras A-4, A-5, A-6, A-7 e A-8, apresentam os diagramas de troca de mensagens de algumas chamadas bem sucedidas e outras mal-sucedidas.

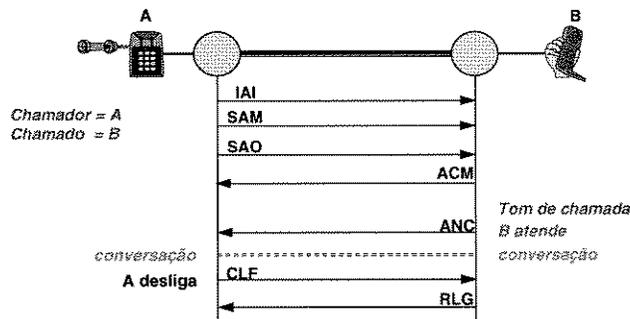


Figura A-4: Estabelecimento de chamada bem sucedida, método overlap.

### Estimativa do número médio de mensagens por chamada telefônica:

O sistema Telebrás e a Recomendação E.713 do ITU-T [31] estimam o número médio de mensagens TUP como sendo 3 para frente e 3 para trás.

### A.3 Mensagens ISUP (ISDN User Part)

O protocolo ISUP foi derivado do TUP, acrescentando suporte para as funções de inteligência de rede (*Intelligent Networking*). A Figura A-9 apresenta o formato das mensagens ISUP.

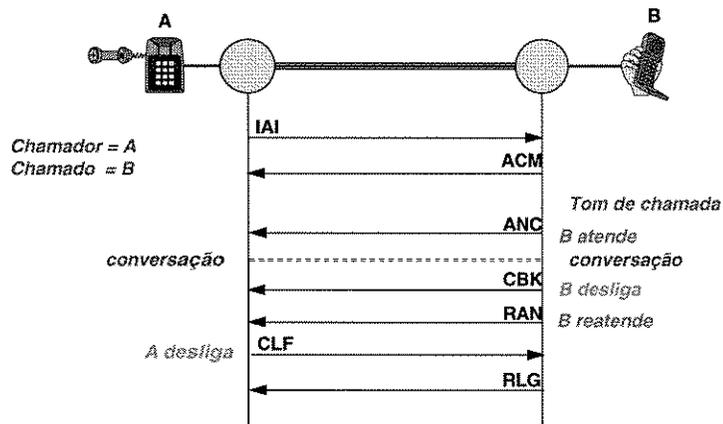


Figura A-5: Estabelecimento de chamada bem sucedida, com B repondo o telefone por alguns instantes.

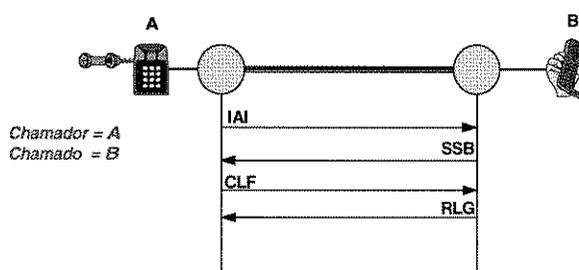


Figura A-6: Assinante B ocupado.

## Elenco Básico de Sinais

### Estabelecimento de chamada para frente

IAM (*Initial Address Message*) Mensagem de endereçamento inicial.

SAM (*Subsequent Address Message*) Mensagem de endereço subsequente.

### Estabelecimento de chamada para trás

ACM (*Address Complete Message*) Mensagem de endereço completo.

CON (*Connect Message*) Indica que a chamada foi atendida.

### Supervisão de chamada

ANM (*Answer Message*) Indica que o assinante chamado atendeu.

FOT (*Forward Transfer Message*) Mensagem enviada para frente solicitando intervenção do operador.

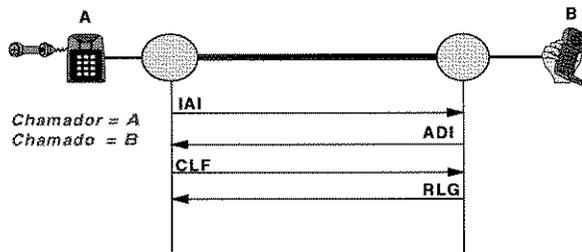


Figura A-7: Número de B incompleto.

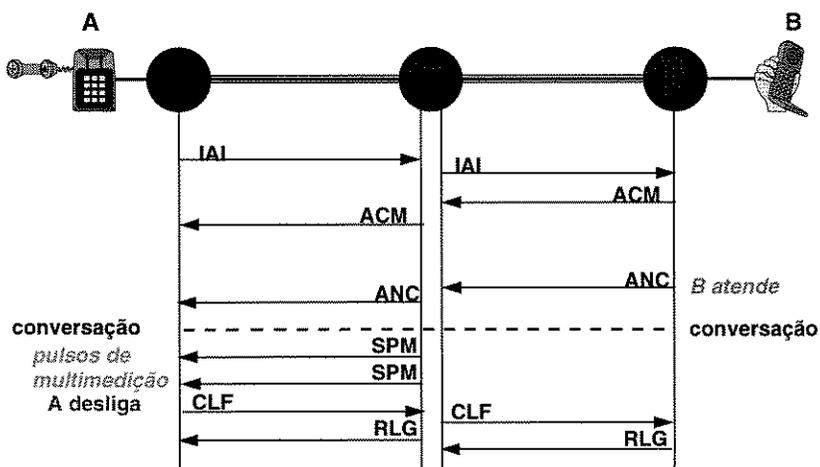


Figura A-8: Chamada bem sucedida com pulsos de multimediç&otilde;o.

REL (*Release Message*) Mensagem enviada em ambas as direç&otilde;es indicando que o circuito está sendo liberado.

### Pedido de informaç&otilde;es complementares

INR (*Information Request Message*) Solicitaç&otilde;o de informaç&otilde;es.

INF (*Information Message*) Mensagem enviada para prover informaç&otilde;es em resposta a uma mensagem INR.

### Supervis&otilde;o de continuidade

COT (*Continuity Message*) Usada para indicar sucesso ou falha de um teste de continuidade em um circuito de voz na ISDN.

CCR (*Continuity Check Request Message*) Mensagem que requisita verificaç&otilde;o de continuidade.

### Supervis&otilde;o de circuito

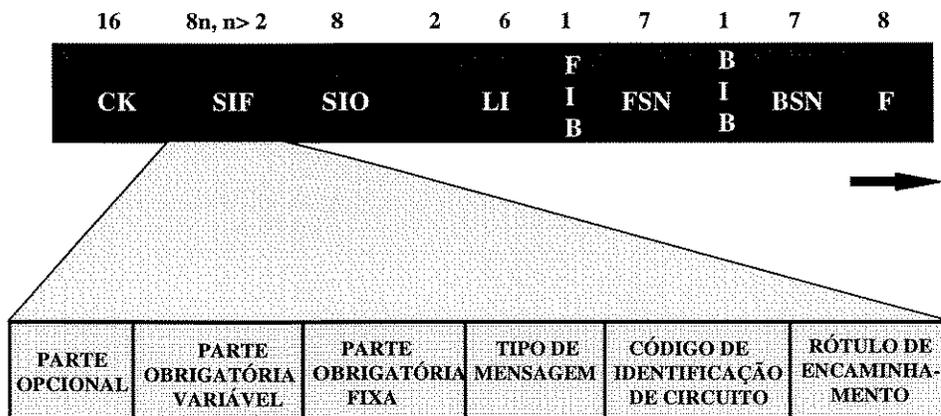


Figura A-9: Formato da mensagem ISUP com detalhes do campo SIF. Tamanho dos campos em bits.

BLO (*Blocking Message*) Mensagem utilizada para bloquear um circuito de voz de uma central remota.

BLA (*Blocking Acknowledgement Message*) Mensagem enviada em reconhecimento à mensagem BLO.

UBL (*Unblocking Message*) Mensagem utilizada para remover condição de bloqueio iniciada pela mensagem BLO.

UBA (*Unblocking Acknowledgement Message*) Mensagem enviada em reconhecimento à mensagem UBL, indica que o circuito foi desbloqueado.

SUS (*Suspend Message*) Indica que o acesso chamado ou chamador desconectou temporariamente.

RES (*Resume Message*) Indica que o acesso chamado ou chamador reconectou uma chamada que havia sido suspensa através de SUS.

RSC (*Reset Circuit Message*) Mensagem usada para reinicializar um circuito quando, devido a falha de memória em alguma central, não se souber em qual estado estava tal circuito.

RLC (*Release Complete Message*) Mensagem de confirmação de liberação. É enviada em reconhecimento à mensagem REL, colocando o circuito no estado livre.

### Supervisão de grupo de circuitos

CGB (*Circuit Group Blocking Message*) Mensagem usada para o bloqueio de grupo de circuitos, é análoga à BLO.

CGBA (*Circuit Group Blocking Acknowledgement Message*) Mensagem de reconhecimento de bloqueio de grupo de circuitos, é análoga à BLA.

CGU (*Circuit Group Unblocking Message*) Mensagem de desbloqueio de grupo de circuitos, é análoga à UBL.

CGUA (*Circuit Group Unblocking Acknowledgement Message*) Mensagem de reconhecimento de desbloqueio de grupo de circuitos, análoga à UBA.

GRS (*Circuit Group Reset Message*) Mensagem para reinicializar grupo de circuitos, é análoga à RSC.

GRA (*Circuit Group Reset Acknowledgement Message*) Mensagem enviada em reconhecimento à mensagem GRS, indica que o *reset* foi executado para o grupo de circuitos requisitado na mensagem GRS.

### **Outras mensagens ISUP**

CMR (*Call Modification Request Message*) Mensagem que solicita a modificação da chamada (de dados para voz, por exemplo).

CMC (*Call Modification Completed Message*) Mensagem enviada em resposta à CMR para completar a modificação da chamada que havia sido requisitada.

CMRJ (*Call Modification Reject Message*) Mensagem enviada em resposta à CMR para rejeitar a modificação da chamada que havia sido requisitada.

FAR (*Facility Request Message*) Mensagem enviada para requisitar ativação de uma determinada facilidade.

FAA (*Facility Accepted Message*) Mensagem enviada para confirmar a facilidade requisitada por FAR.

FRJ (*Facility Reject Message*) Mensagem enviada para rejeitar a facilidade requisitada por FAR.

LBA (*Loopback Acknowledgement Message*) Mensagem usada para indicar que um equipamento de *loopback* foi conectado em resposta à uma mensagem CCR, estando sendo feito teste em *loopback* no circuito selecionado.

DRS (*Delayed Release Message*) Mensagem enviada para indicar que o acesso chamador ou chamado desconectou, mas a rede está retendo a conexão.

PAM (*Pass-Along Message*) Mensagem usada para transportar outras mensagens (como se fosse seus parâmetros).

CQM (*Circuit Group Query Message*) Mensagem enviada para uma central distante, requisitando que a mesma envie o *status* de grupo de circuitos de voz (bloqueado, não bloqueado).

CQR (*Circuit Group Query Response Message*) Mensagem enviada em resposta à CQM, provê o *status* do circuito de voz especificado.

USR (*User-to-User Information Message*) Mensagem usada para enviar informações de usuário através da rede de sinalização.

UCIC (*Unequipped Circuit Identification Code Message*) Mensagem usada para informar à central, que originou uma mensagem IAM, que o circuito requisitado não está equipado.

CFN (*Confusion Message*) Mensagem enviada para indicar que a central não soube manipular a mensagem recebida.

OLM (*Overload Message*) Mensagem enviada em resposta à IAM, para chamadas de baixa prioridade, requisitando bloqueamento temporário do circuito.

CRG (*Charge Information Message*) Mensagem enviada em ambas as direções para bilhetagem e ou tarifação da chamada.

A Figura A-10 mostra o estabelecimento de uma chamada bem sucedida no método *overlap*.

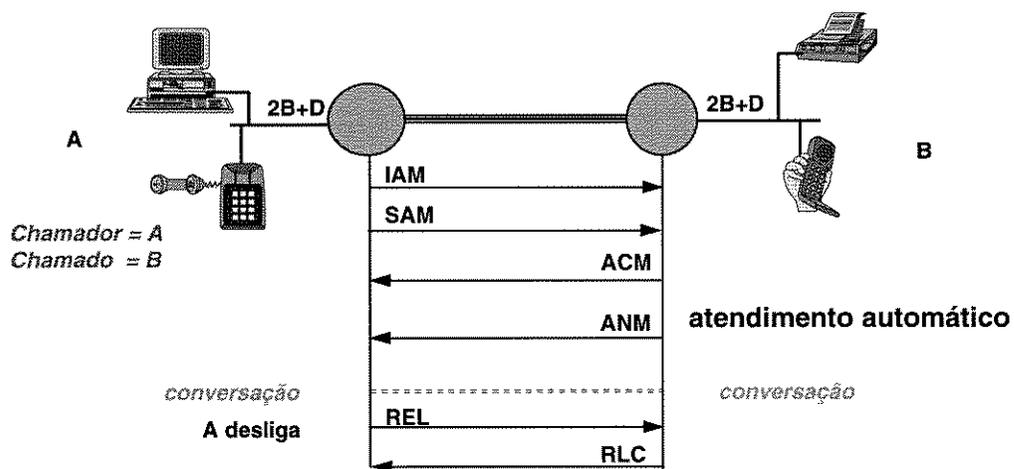


Figura A-10: Estabelecimento de uma chamada bem sucedida no protocolo ISUP.

#### Estimativa do número médio de mensagens por chamada telefônica

A Telesp estima que o número médio de mensagens é 5 em cada chamada ISDN.

### A.4 Mensagens TCAP

O protocolo TCAP é usado para acessar as bases de dados da rede de sinalização.

As unidades de mensagem são particionadas em subcamada de componente e subcamada de transação. A subcamada de componente se divide em porção de componente e porção de diálogo.

O identificador de transação (*transaction ID*) é usado como referência para localização de toda mensagem TCAP.

#### Exemplo de utilização de mensagens TCAP

Para estabelecer uma ligação de rede inteligente, o ponto de sinalização SSP envia uma mensagem de consulta ao SCP (converter o número 0800-202020 em um número telefônico).

O ponto de controle SCP solicita que seja enviado o número do assinante chamador, pois o número virtual será convertido em função da área de domicílio do assinante chamador.

O ponto de sinalização SSP envia ao SCP o número do terminal telefônico do assinante destino, para onde a chamada será encaminhada.

## A.5 Mensagens de gerência da rede de sinalização

As funções de gerência de rede de sinalização providas pelo nível MTP3 são responsáveis por manter os serviços de sinalização, para isso possuem mensagens específicas de gerência [30] e que são divididas em grupos:

- Grupo CHM (*Changeover and Changeback Message*):

COO (*Changeover-Order Signal*)

COA (*Changeover-Acknowledgement Signal*)

CBD (*Changeback-Declaration Signal*)

CBA (*Changeback-Acknowledgement Signal*)

- Grupo ECM (*Emergency-Changeover Message*):

ECO (*Emergency-Changeover-Order Signal*)

ECA (*Emergency-Changeover-Acknowledgement Signal*)

- Grupo FCM (*Signalling-Traffic-Flow-Control message*)

RCT (*Signalling-Route-Set-Congestion-Test Signal*)

TFC (*Transfer-Controlled Signal*)

- Grupo TFM (*Transfer-Prohibited-Transfer-Allowed-Transfer-Restricted Message*):

TFP (*Transfer-Prohibited Signal*)

TFR (*Transfer-Restricted Signal*)

TFA (*Transfer-Allowed Signal*)

- Grupo RSM (*Signalling-Route-Set-Test Message*):

RST (*Signalling-Route-Set-Test Signal for Prohibited Destination*)

RSR (*Signalling-Route-Set-Test Signal for Restricted Destination*)

- Grupo MIM (*Management Inhibit Message*):

LIN (*Link Inhibit Signal*)

LUN (*Link Uninhibit Signal*)

LIA (*Link Inhibit Acknowledgement Signal*)

LUA (*Link Uninhibit Acknowledgement Signal*)

LID (*Link Inhibit Denied Signal*)

LFU (*Link Forced Uninhibit Signal*)

LLT (*Link Local Inhibit Test Signal*)

LRT (*Link Remote Inhibit Test Signal*)

- Grupo TRM (*Traffic-Restart-Allowed Message*)

TRA (*Traffic-Restart-Allowed Signal*)

- Grupo DLM (*Signalling-Data-Link-Connection-Order Message*)

DLC (*Signalling-Data-Link-Connection-Order Signal*)

CSS (*Connection-Successful Signal*)

CNS (*Connection-not-Successful Signal*)

CNP (*Connection-not-Possible Signal*)

- Grupo UFC (*User Part Flow Control Message*)

UPU (*User Part Unavailable*)

## Apêndice B

# Encaminhamentos Nominais e em Casos de Falhas

Os princípios adotados para análise dos encaminhamentos nominais e em casos de contingências têm como base as recomendações da série Q do ITU-T [10], em especial, as recomendações Q.705 e Q.709 ([22] e [32]). Esses princípios são:

- as mensagens devem passar pelo menor número de nós STP intermediários, para limitar o atraso, em alguns casos deve-se preferir o modo associado. É recomendado que o número de nós STP entre origem e destino não seja superior a dois em situações normais e em caso de falha, três ou quatro, por um curto período de tempo. Esta restrição tem por objetivo limitar a complexidade de gerência da rede de sinalização;
- quando mais de uma rota de mensagem fôr disponível, o tráfego de sinalização deve ser dividido por tais rotas;
- mensagens relacionadas a uma transação de usuário e enviadas numa direção são encaminhadas sobre a mesma rota para assegurar a seqüência correta de chegada;
- os enlaces entre nós STP de um par casado, só são usados em casos de falhas;
- no caso de falha de enlace entre os nós STP de um mesmo par, não há mudança no encaminhamento, somente os nós STP tomam conhecimento que o enlace tornou-se indisponível. Geralmente esses enlaces são dimensionados com  $n+1$  canais de sinalização (número obtido pelo tráfego mais um);
- no encaminhamento em caso de contingências, existem duas prioridades para utilização dos enlaces:

- prioridade 1: Enlaces com prioridade 1 são enlaces normais que são utilizados em base de divisão de carga na ausência de falha. Em situação de falha, esses enlaces são utilizados como caminho alternativo para as mensagens que deveriam passar pelos enlaces agora falhos.

- prioridade 2: Enlaces com prioridade 2 são usados apenas quando todos os enlaces de prioridade 1 tornam-se indisponíveis. Enlaces entre STP do mesmo par têm prioridade 2.

### **Encaminhamentos em casos de falha**

Nas condições de falha, cada SP possui informação de encaminhamento alternativo. A Figura B-1, mostra uma rede SS7 com dois pares STP, três nós integrados e um dedicado, 11 nós SP, dois satélites e 23 enlaces de sinalização. Note que cada nó STP está interligado a todos os demais nós STP.

Os tipos de encaminhamentos nominais e alternativos propostos pelo ITU-T em caso de falhas de enlace são analisados e exemplificados na Figura B-1.

#### 1) Relação de Sinalização: SP2-SP9 (modo associado)

Encaminhamento nominal: SP2-SP9

Falha do enlace: 4

Encaminhamento Alternativo: SP2-STP3-SP9

#### 2) Relação de Sinalização: SP4-SP5 (modo associado)

Encaminhamento nominal: SP4-SP5

Falha do enlace: 22

Encaminhamento Alternativo: 50% por SP4-STP2-SP5; 50% por SP4-STP4-SP5 (repartição de carga entre caminhos de mesmo número de enlaces em cascata).

#### 3) Relação de Sinalização: SP1-SP7 (modo associado)

Encaminhamento nominal: SP1-SP7

Falha do enlace: 1

Encaminhamento Alternativo: não há; entretanto, os enlaces satélites são dimensionados com um canal a mais (número obtido pelo tráfego nominal mais um), prevenindo assim falhas em um canal de sinalização.



6) Relação de Sinalização: SP9-SP11 (modo associado)

Encaminhamento nominal: SP9-SP11

Falha do enlace: 9

Encaminhamento Alternativo: 50% por SP9-STP4-SP11 e 50% por SP9-STP3-SP11

7) Relação de Sinalização: SP4-SP9 (modo associado)

Encaminhamento nominal: SP4-SP9

Falha do enlace: 23

Encaminhamento Alternativo: 50% por SP4-STP2-SP9; 50% por SP4-STP4-SP9

8) Relação de Sinalização: SP1-SP2 (modo quase-associado)

Encaminhamento nominal: 50% por SP1-STP1-SP2; 50% por SP1-STP3-SP2

Falha do enlace: 2 ou 4 ou do nó STP1

Encaminhamento Alternativo: SP1-STP3-SP2

9) Relação de Sinalização: SP1-SP5 (modo quase-associado)

Encaminhamento nominal: 25% por SP1-STP1-STP2-SP5; 25% por SP1-STP1-STP4-SP5; 25% por SP1-STP3-STP2-SP5; 25% por SP1-STP3-STP4-SP5

Falha do enlace: 2 ou do nó STP1

Encaminhamento Alternativo: 50% por SP1-STP3-STP2-SP5; 50% por SP1-STP3-STP4-SP5

Falha do enlace: 9 ou do nó STP2

Encaminhamento Alternativo: 50% por SP1-STP1-STP4-SP5; 25% por SP1-STP3-STP2-SP5; 25% por SP1-STP3-STP4-SP5

Falha do enlace: 18 ou do nó STP2

Encaminhamento Alternativo: 50% por Sp1-STP1-STP4-SP5; 50% por SP1-STP3-STP4-SP5

10) Relação de Sinalização: SP6-SP10 (modo quase-associado)

Encaminhamento nominal: 50% por SP6-STP2-SP10; 50% por SP6-STP4-SP10

Falha do enlace: 12 ou 21 ou do nó STP4

Encaminhamento Alternativo: SP6-STP2-SP10

11) Relação de Sinalização: SP1-SP4 (modo quase-associado)

Encaminhamento nominal: SP1-STP1-SP4

Falha do enlace: 2 ou do nó STP1

Encaminhamento Alternativo: 50% por SP1-STP3-STP2-SP4; 50% por SP1-STP3-STP4-SP4.

Falha do enlace: 23

Encaminhamento Alternativo: 25% por SP1-STP1-STP2-SP4; 25% por SP1-STP1-STP4-SP4; 25% por SP1-STP3-STP2-SP4; 25% por SP1-STP3-STP4-SP4.

12) Relação de Sinalização: SP3-SP10 (modo associado)

Encaminhamento nominal: SP3-SP10

Falha do enlace: 7

Encaminhamento Alternativo: SP3-STP1-SP10

13) Relação de Sinalização: SP8-SP10 (modo associado)

Encaminhamento nominal: SP8-SP10

Falha do enlace: 13

Encaminhamento Alternativo: não há; o enlace é dimensionado com um canal a mais.

14) Relação de Sinalização: SP5-SP6 (modo quase-associado)

Encaminhamento nominal: 50% SP5-STP2-SP6; 50% SP5-STP4-SP6

Falha do enlace: 18 ou 19 ou do nó STP2

Encaminhamento Alternativo: SP5-STP4-SP6

## Casos de Referência

Para registrar numericamente um conjunto de casos para validação do aplicativo computacional, a rede da Figura B-1 foi analisada em diversas situações, tendo 0.8 *Erlangs/circuito*, 6 *mensagens/chamadas*, 120 *bits/mensagem* e 120 *seg* de tempo de retenção.

A Tabela B.1, apresenta o tráfego de sinalização nominal quando cada uma das 14 relações de sinalização (R1 a R14) descritas anteriormente excita individualmente a rede. Cada relação de sinalização possui um número crescente de circuitos nas rotas telefônicas. Assim, a primeira

T. Nom	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
$\alpha_1$			3.6											
$\alpha_2$								4.8	5.4		6.6			
$\alpha_3$								4.8	5.4		6.6			
$\alpha_4$	1.2							4.8						
$\alpha_5$								4.8						
$\alpha_6$														
$\alpha_7$												14.4		
$\alpha_8$					6.0									
$\alpha_9$						7.2			2.7		3.3			
$\alpha_{10}$									2.7		3.3			
$\alpha_{11}$									2.7	6.0	3.3			
$\alpha_{12}$									2.7	6.0	3.3			
$\alpha_{13}$													15.6	
$\alpha_{14}$				4.8										
$\alpha_{15}$														
$\alpha_{16}$											6.6			
$\alpha_{17}$											6.6			
$\alpha_{18}$									5.4					8.4
$\alpha_{19}$										6.0				8.4
$\alpha_{20}$									5.4					8.4
$\alpha_{21}$										6.0				8.4
$\alpha_{22}$		2.4												
$\alpha_{23}$							8.4							

Tabela B.1: Tráfego nominal de sinalização (em *msu/s*) na rede da Figura B-1. Excitação individual.

relação R1 (SP2-SP9 em modo associado) possui 1 sistema E1 (30 canais), a relação R2 (SP4-SP5 em modo associado) possui 2 sistemas, até que a relação R14 (SP5-SP6 em modo quase-associado) possui 14 sistemas E1.

A Tabela B.2, apresenta o tráfego de contingência nas mesmas situações da Tabela B.1.

As Tabelas B.3 e B.4 apresentam as situações acumuladas, isto é, as diferentes relações de sinalização atuando conjuntamente. A rede de sinalização resultante após o dimensionamento possui 28 canais de sinalização e taxa de ocupação dos canais de 0.018.

T. Nom	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
$\beta_1$														
$\beta_2$								9.6	10.8		13.2			
$\beta_3$								9.6	10.8		13.2			
$\beta_4$								9.6						
$\beta_5$	1.2							9.6						
$\beta_6$				2.4								14.4		
$\beta_7$				2.4										
$\beta_8$						7.2						14.4		
$\beta_9$				1.2			4.2		5.4		6.6			
$\beta_{10}$				1.2		7.2	4.2		5.4		6.6			
$\beta_{11}$				1.2		7.2			5.4	12.0	6.6			
$\beta_{12}$				1.2					5.4	12.0	6.6			
$\beta_{13}$														
$\beta_{14}$														
$\beta_{15}$						7.2								
$\beta_{16}$		1.2					4.2				13.2			
$\beta_{17}$		1.2					4.2				13.2			
$\beta_{18}$		1.2							10.8					16.8
$\beta_{19}$				2.4						12.0				16.8
$\beta_{20}$		1.2							10.8					16.8
$\beta_{21}$				2.4						12.0				16.8
$\beta_{22}$														
$\beta_{23}$														

Tabela B.2: Tráfego contingência (em *msu/s*) na rede da Figura B-1. Excitação individual.

	1,2	1...3	1...4	1...5	1...6	1...7	1...8	1...9	1...10	1...11	1...12	1...13	1...14
$\alpha_1$		3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
$\alpha_2$							4.8	10.2	10.2	16.8	16.8	16.8	16.8
$\alpha_3$							4.8	10.2	10.2	16.8	16.8	16.8	16.8
$\alpha_4$	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
$\alpha_5$							4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
$\alpha_6$													
$\alpha_7$											14.4	14.4	14.4
$\alpha_8$				6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
$\alpha_9$					7.2	7.2	7.2	9.9	9.9	13.2	13.2	13.2	13.2
$\alpha_{10}$								2.7	2.7	6.0	6.0	6.0	6.0
$\alpha_{11}$								2.7	8.7	12.0	12.0	12.0	12.0
$\alpha_{12}$								2.7	8.7	12.0	12.0	12.0	12.0
$\alpha_{13}$												15.6	15.6
$\alpha_{14}$			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
$\alpha_{15}$													
$\alpha_{16}$										6.6	6.6	6.6	6.6
$\alpha_{17}$										6.6	6.6	6.6	6.6
$\alpha_{18}$								5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	13.8
$\alpha_{19}$									6.0	6.0	6.0	6.0	14.4
$\alpha_{20}$								5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	13.8
$\alpha_{21}$									6.0	6.0	6.0	6.0	14.4
$\alpha_{22}$	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
$\alpha_{23}$						8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4

Tabela B.3: Tráfego nominal de sinalização (em  $msu/s$ ) na rede da Figura B-1. Excitação acumulada.

	1,2	1...3	1...4	1...5	1...6	1...7	1...8	1...9	1...10	1...11	1...12	1...13	1...14
$\alpha_1 + \beta_1$		3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
$\alpha_2 + \beta_2$							9.6	20.4	20.4	33.6	33.6	33.6	33.6
$\alpha_3 + \beta_3$							20.4	20.4	20.4	33.6	33.6	33.6	33.6
$\alpha_4 + \beta_4$	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
$\alpha_5 + \beta_5$	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
$\alpha_6 + \beta_6$			2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	14.4	14.4
$\alpha_7 + \beta_7$			2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	16.8	16.8
$\alpha_8 + \beta_8$	1.2	1.2	1.2	7.2	13.2	13.2	13.2	16.2	16.2	22.8	22.8	22.8	22.8
$\alpha_9 + \beta_9$			1.2	1.2	8.4	11.4	11.4	14.1	18.6	25.2	25.2	25.2	25.2
$\alpha_{10} + \beta_{10}$			1.2	1.2	7.2	7.2	7.2	12.6	12.6	19.2	19.2	19.2	19.2
$\alpha_{11} + \beta_{11}$			1.2	1.2	7.2	7.2	7.2	12.6	18.6	25.2	25.2	25.2	25.2
$\alpha_{12} + \beta_{12}$			1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	5.4	17.4	24.0	24.0	24.0	24.0
$\alpha_{13} + \beta_{13}$												15.6	15.6
$\alpha_{14} + \beta_{14}$			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
$\alpha_{15} + \beta_{15}$					7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	14.4
$\alpha_{16} + \beta_{16}$	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	4.2	4.2	4.2	4.2	13.2	13.2	13.2	13.2
$\alpha_{17} + \beta_{17}$	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	4.2	4.2	4.2	4.2	13.2	13.2	13.2	13.2
$\alpha_{18} + \beta_{18}$	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	27.6
$\alpha_{19} + \beta_{19}$			2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	12.0	12.0	12.0	28.8
$\alpha_{20} + \beta_{20}$	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	27.6
$\alpha_{21} + \beta_{21}$			2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	12.0	12.0	12.0	28.8
$\alpha_{22} + \beta_{22}$	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
$\alpha_{23} + \beta_{23}$						8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4

Tabela B.4: Tráfego de sobrecarga (em  $msu/s$ ) na rede da Figura B-1. Excitação acumulada.

## Apêndice C

# Telas do SIGNALIS

As figuras a seguir ilustram algumas das “telas” do aplicativo computacional (*Signalis*) que implementa o algoritmo discutido neste trabalho.

As Figuras C-1 e C-2 são relativas a rede de uma cidade de médio porte e as Figuras C-3 e C-4 são relativas a rede de uma cidade de porte muito grande. Para a rede de grande porte, o tempo de processamento (usando um PC pentium de 200 MHz) exigido pelo aplicativo para realizar o dimensionamento da rede de sinalização é de aproximadamente um minuto.

A Figura C-5 mostra uma rede telefônica composta de 7 centrais e 8 rotas. É importante observar que a central número 3 é uma central tandem interurbana e que a central número 7 é uma central da rede interurbana.

A Figura C-6 mostra a correspondente rede de sinalização determinada usando o programa *Signalis*. No cenário analisado foi considerada a existência de 2 nós STP para a rede local.

Na Figura C-6 aparecem também dois nós STP da rede de sinalização interurbana. É importante observar que a central tandem interurbana está filiada aos nós STP da rede interurbana (enlace tipo *a*).

A Figura C-7 apresenta a janela de filtro de enlaces, mostrando apenas os enlaces tipo *f* da rede da Figura C-6.

A Figura C-8 apresenta a janela de dados do projeto contendo os parâmetros da rede, tais como: tempo médio de retenção e número médio de mensagens por chamada para os protocolos TUP e ISUP, e limiar de abertura de rotas diretas.

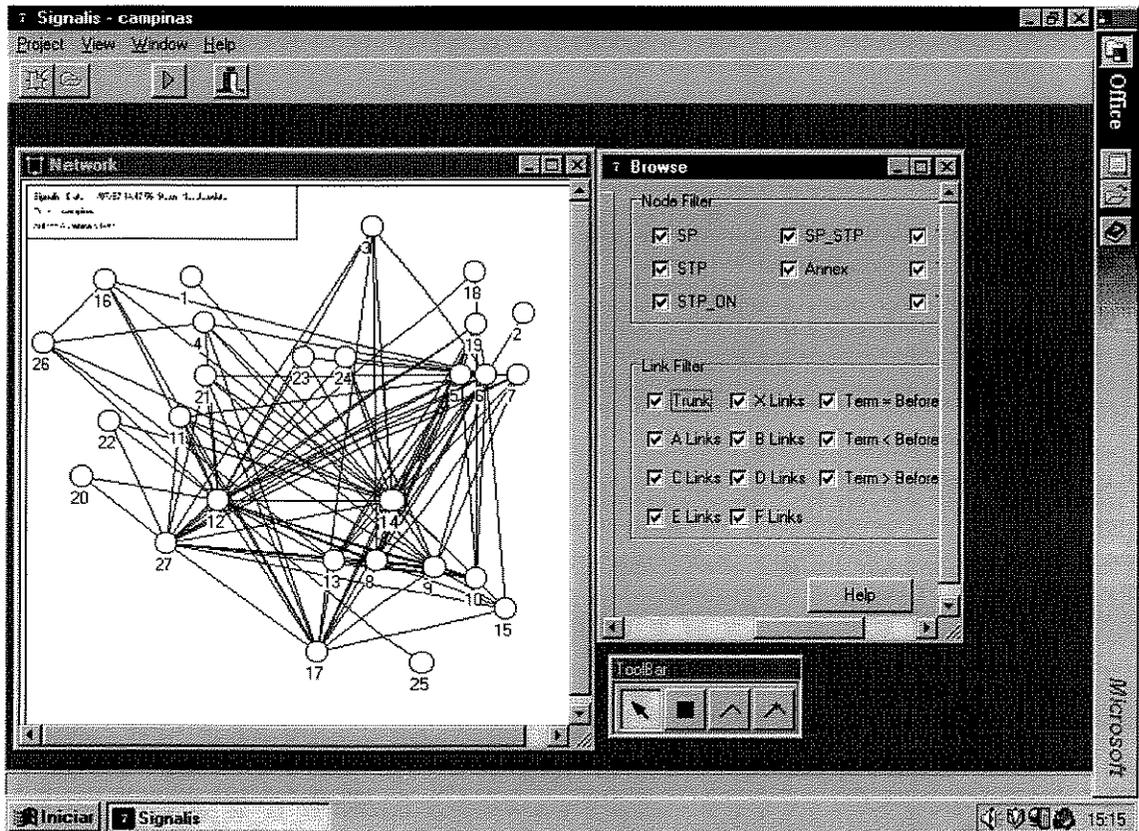


Figura C-1: Rede de sinalização e de troncos para uma cidade de médio porte.

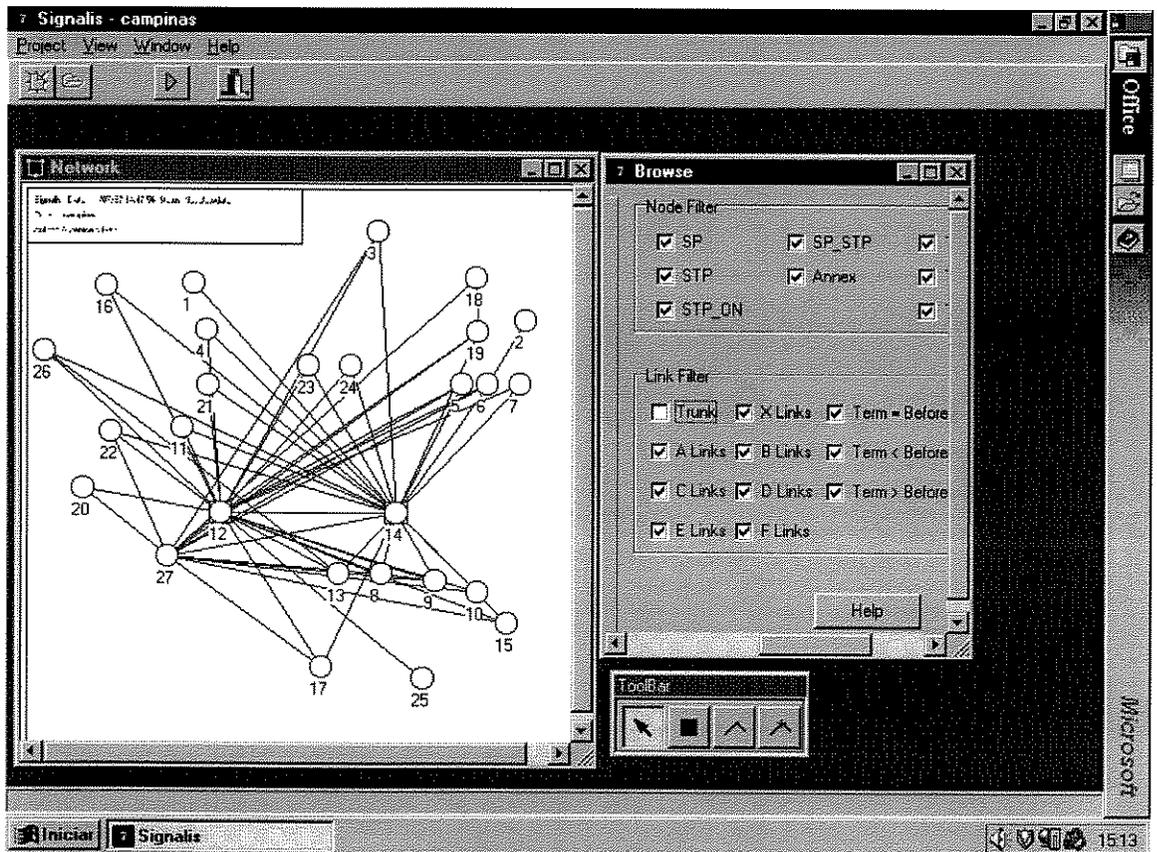


Figura C-2: Rede de sinalização para uma cidade de médio porte.

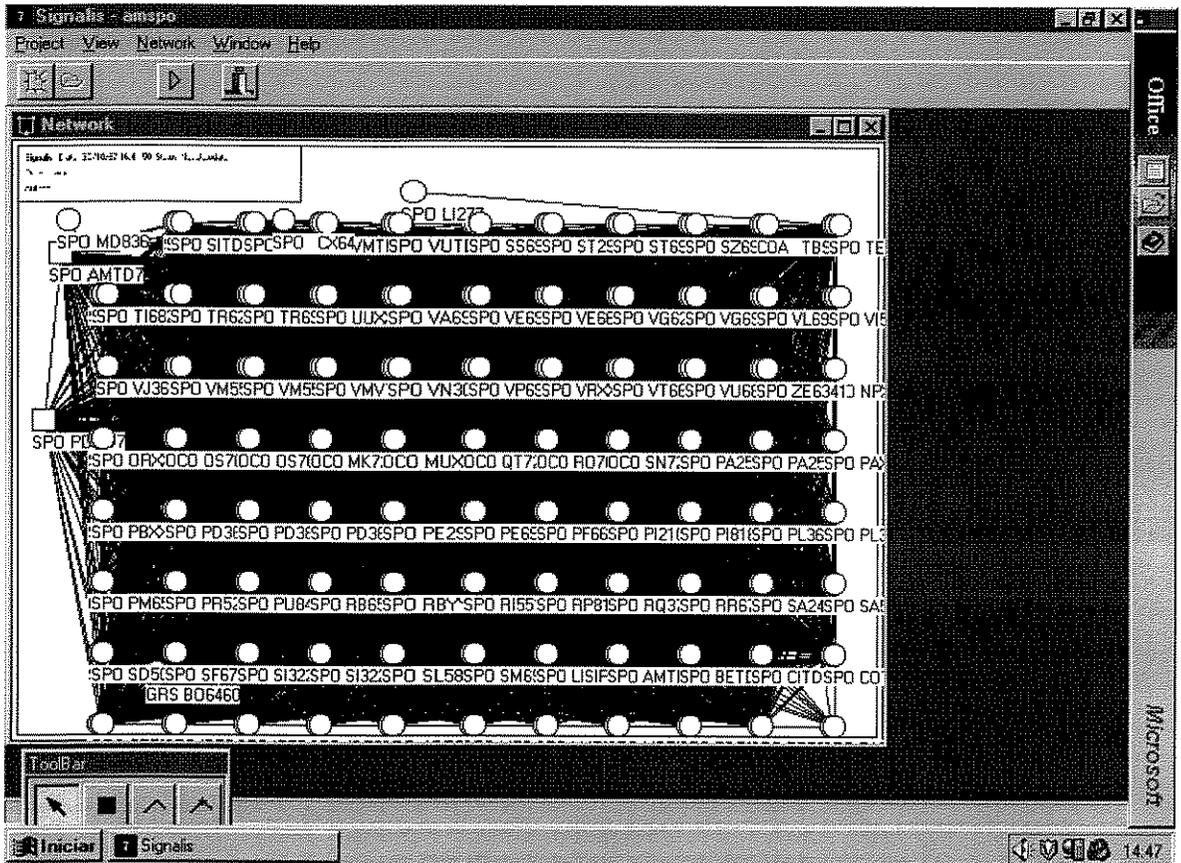


Figura C-3: Rede de sinalização e de troncos, para uma cidade de grande porte.

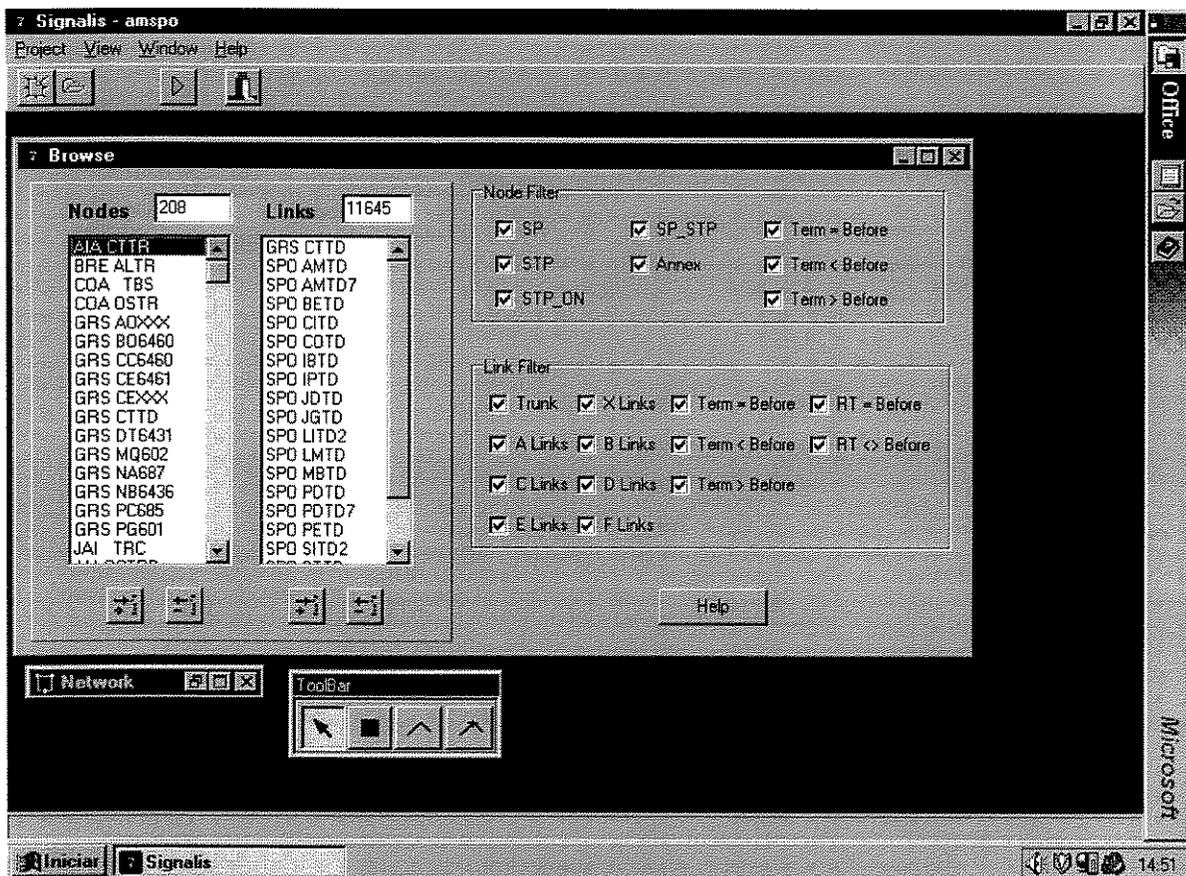


Figura C-4: Demonstração do browse do SIGNALIS, para a rede da Figura C-3.

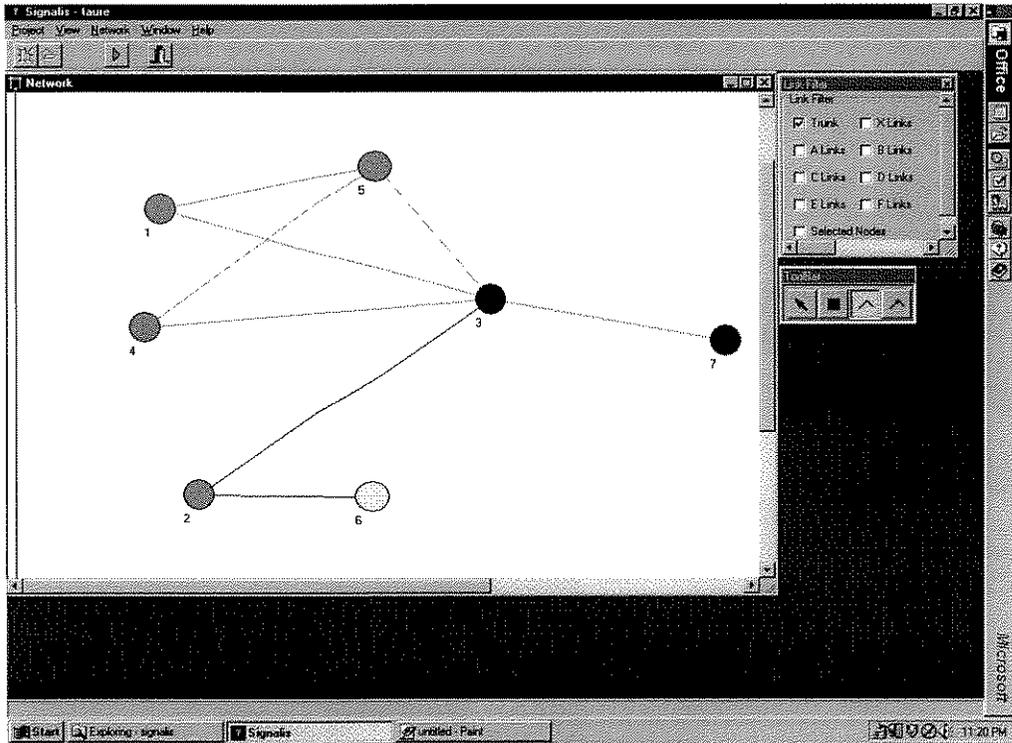


Figura C-5: Rede telefônica com 7 centrais (a de número 3 é uma tandem interurbana) e 8 rotas telefônicas.

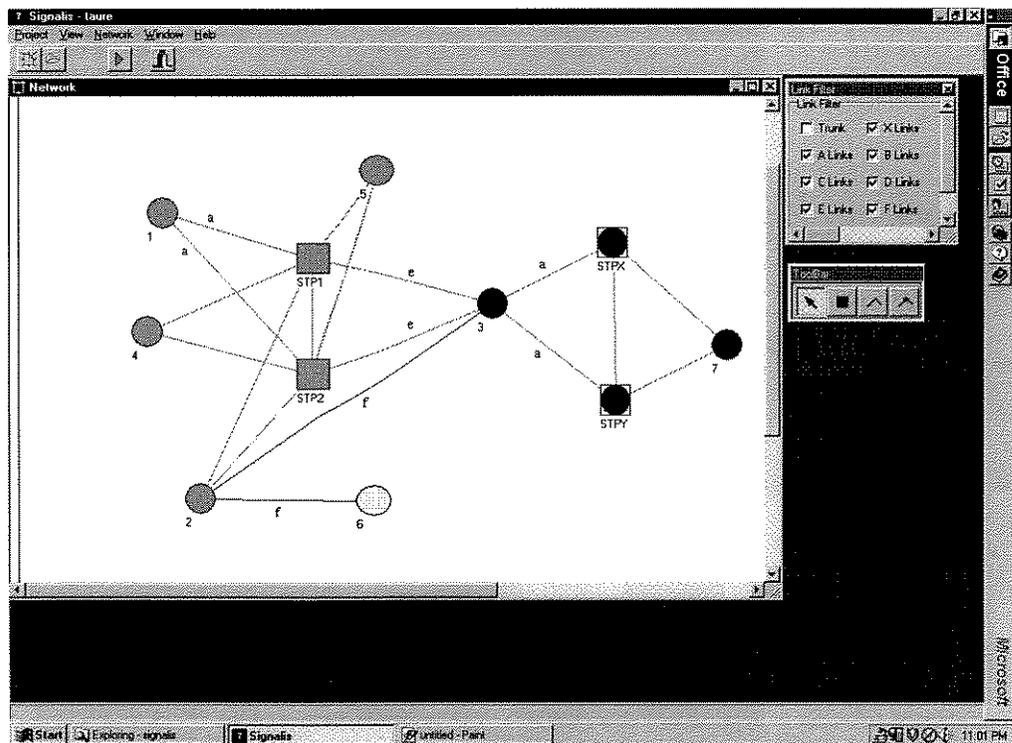


Figura C-6: Rede de sinalização para a rede de troncos da Figura C-5.

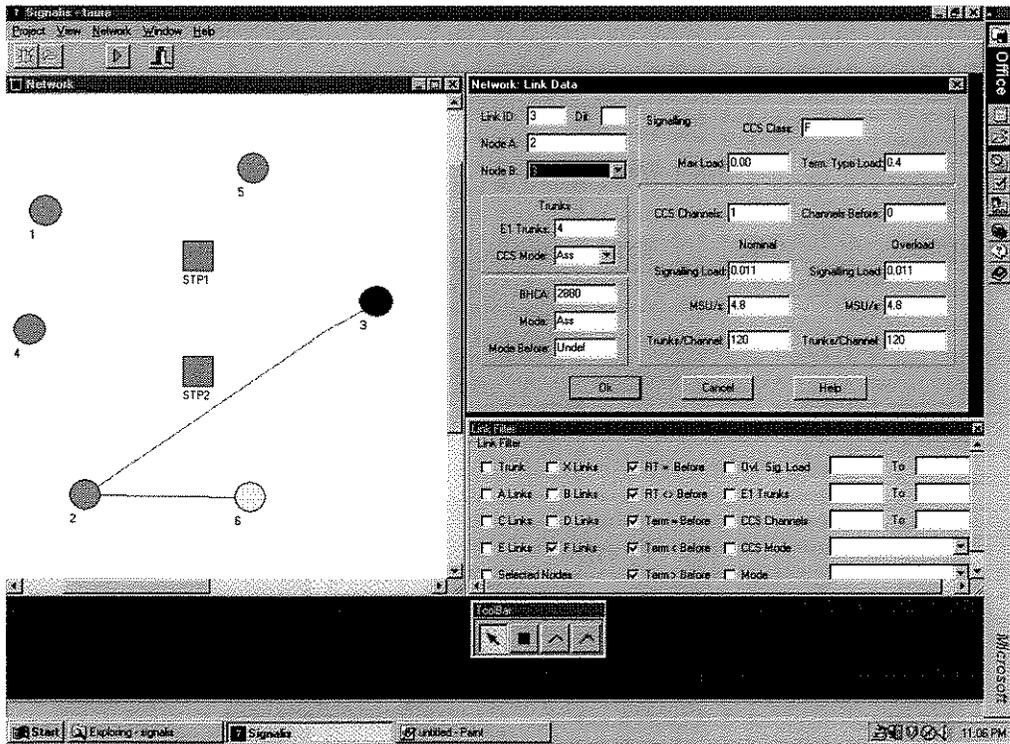


Figura C-7: Janela de filtro de enlaces.

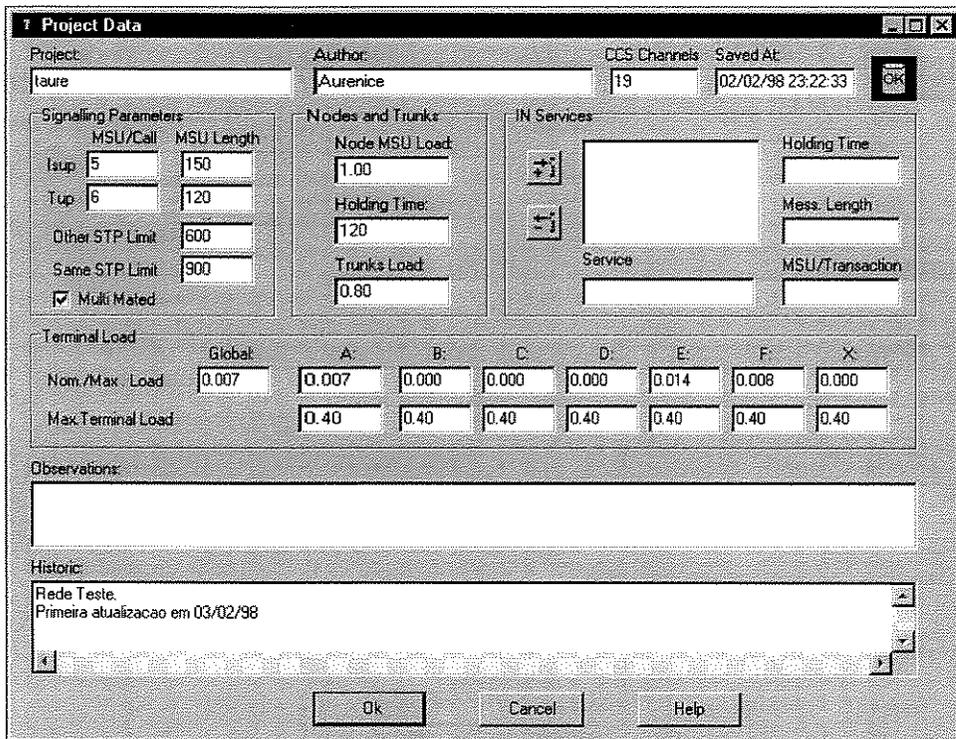


Figura C-8: Janela de dados do projeto.

# Apêndice D

## Lista de Siglas

ASE: Application Service Element

BIB: Backward Indicator Bit

BSN: Backward Sequence Number

CCITT: The International Telegraph and Telephone Consultative Committee

CCSN: Common Channel Signaling Network

CCSS7: Common Channel Signaling System # 7

CK: Checksum

DPC: Destination Point Code

DSS1: Digital Subscriber Signaling #1

F: Flag

FIB: Forward Indicator Bit

FISU: Fill-In Signal Unit

FSN: Forward Sequence Number

HLR: Home Location Register

IN: Intelligent Network

ISDN: Integrated Services Digital Network

ISO: International Standards Organization

ISUP: ISDN User Part

ITU-T: International Telecommunication Union - Telecommunication Sector

LI: Length Indicator

LSSU: Link Status Signal Unit  
MAP: Mobile Application Part  
MSC: Mobile Switching Center  
MSU: Message Signal Unit  
MTN: Maintenance Regular Message  
MTNS: Maintenance Special Message  
MTP: Message Transfer Part  
MTP1: Nível 1 do protocolo MTP  
MTP2: Nível 2 do protocolo MTP  
MTP3: Nível 3 do protocolo MTP  
NSP: Network Service Part  
OMAP: Operation, Maintenance and Administration Part  
OPC: Origination Point Code  
OSI: Open Systems Interconnections  
PCM: Pulse Code Modulation Equipment  
PCR: Preventive Cyclic Retransmission  
SCCP: Signaling Connection Control Part  
SCP: Service Control Point  
SF: Status Field  
SI: Service Indicator  
SIF: Service Information Field  
SIO: Service Indicator Octet  
SLS: Signaling Link Selection  
SMS: Service Management System  
SNM: Signaling Network Management Message  
SPC: Stored Program Control  
SP: Signaling Point  
SS7: Signaling System Seven  
SSF: Subservice Field

SSN: Subsystem Numbers

SSP: Service Switching Point

STP: Signaling Transfer Point

SU: Signaling Unit

TC: Transaction Capabilities

TCAP: Transaction Capabilities Application Part

TUP: Telephone User Part

VLR: Visitor Location Register

# Referências

- [1] ITU-T. ISDN User Network Interface Layer 3 Specification for Basic Call Control, Recommendation Q931, ITU-T (International Telecommunication Union-Telecommunication Sector), Geneva, March 1993.
- [2] SIEMENS AG. Powerful Planning Tool for Common Channel Signalling System No.7 Networks: PLACON, Telecom Report International 17, No.4, Munich 1994.
- [3] R.B Robrock II. The Intelligent Network-Changing the Face of Telecommunications, Proceedings of the IEEE, Vol.79, No.1, pp.6-20, January 1991.
- [4] A. S.Tanenbaum. Computer Network. Prentice Hall, New Jersey-USA, 1996.
- [5] ITU-T. Introduction to CCITT Signalling System No.7, Recommendation Q700, ITU-T (International Telecommunication Union-Telecommunication Sector), Geneva, March 1993.
- [6] P. J. Kühn, C. D. Pack and R. A. Skoog. Common Channel Signaling Networks: Past, Present, Future , IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.12, No.3, pp.383-394, April 1994.
- [7] ITU-T. Signalling System No.7- Message Transfer Part Signalling Performance, Recommendation Q.706, ITU-T (International Telecommunication Union- Telecommunication Standardization Sector), Geneva, March 1993.
- [8] A. R. Modarressi and R. A. Skoog. Signaling System No.7: A Tutorial. IEEE Communication Magazine, pp.19-34, July 1990.
- [9] W. Stallings. ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM, Prentice Hall, New Jersey-USA, 1995.
- [10] ITU-T. Signalling System No.7, Recommendations Q700-795, ITU-T (International Telecommunication Union- Telecommunication Standardization Sector), Geneva, 1994.

- [11] T. Russel. Signaling System # 7. McGraw-Hill Series on Computer Communications, New York, NY, USA, 1995.
- [12] A. A. Lazar, K. H. Tseng, K. S. Lim and W. Choe. A Scalable and Reusable Emulator for Evaluating the Performance of SS7 Networks, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 12, No. 3, pp.395-403, April 1994.
- [13] B. W. Unge, D. J. Goetz and S. W. Maryka. Simulating of SS7 Common Channel Signalling, *IEEE Communications Magazine*, pp.52-62, March 1994.
- [14] J. H. You, M. Y. Chung, T. S. Kin, D. K. Sung, B. D. Choi and K. S. Song. Development of an SS7 Simulator and Its Applications, 7th International Network Planning Symposium, Network 96, pp.95-100, Sydney - Australia, November 1996.
- [15] L. Kraus and G. Rufa. On The Design of a Hierarchical SS7 Network: A Graph Theoretical Approach, *IEEE Journal on Selected Areas in communications*, Vol. 12, No.3, pp.468-474, April 1994.
- [16] R. B. Soares e A. S. Garcia. Performabilidade: Uma Estratégia para o Dimensionamento de Redes de Sinalização por Canal Comum No 7, XIV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, SBT 95, 1995.
- [17] R. H. Glitho. Isolating Faulty Routing Tables in SS7 Networks: Present and Future, *IEEE Communications Magazine*, pp.98-103, May 1996.
- [18] Y. Lim. Minimum-Cost Dimensioning Model for Common Channel Signaling Networks Under Joint Performance and Reliability Constraints, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 8, No. 9, pp. 1658-1665, December 1990.
- [19] O. Oh, J. Park, K. Ryu and K. Choi. A Study on Common Channel Signalling Network Planning & Performance Analysis, 7th International Network Planning Symposium, Network 96, pp.151-155, Sydney, Australia, November 1996.
- [20] J. P. Combot. Transport and No.7 Signalling Networks Design, XV International Teletraffic Congress, pp.145-149, June 1997.
- [21] ITU-T. Signalling System No.7- Signalling Network Functions and Messages, Recommendation Q.704, ITU-T (International Telecommunication Union- Telecommunication Standardization Sector), Geneva, March 1993.

- [22] ITU-T. Signalling System No.7 - Signalling Network Structure, Recommendation Q.705, ITU-T (International Telecommunication Union- Telecommunication Stantardization Sector), Geneva, April 1994.
- [23] J. Craveur, B. Delosme, A. Leroux, F. Lucas, P. Lucas and J. Risson. La Signalisation par Canal Sémaphofe: 2<sup>a</sup>partie, L'Echo des Recherches, pp.31-40, Juillet 1980.
- [24] M. Bafutto, P. J. Kühn and G. Willmann. Capacity and Performance Analysis of Signaling Networks in Multivendor Environments, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 12, No 3, pp.490-500, April, 1994.
- [25] U. Manber. Introduction to Algorithms: A Creative Approach. Addison-Wesley, Menlo Park, CA, USA, 1989.
- [26] TELEBRAS. Aspectos da topologia e do Dimensionamento da Rede Nacional de Sinalização por Canal Comum No 7, Prática 210-110-729, Emissão 1, 1994.
- [27] J. Gianini and B. Pettitt. Link Delays in Signalling System No. 7 Networks, 15th International Teletraffic Congress (ITC-15), pp.1199-1208, Washington, D. C. , U.S.A., June 23-27, 1997.
- [28] F. J. Scholtz. Statistical Analysis of Common Channel Signalling System No. 7 Traffic, 15th International Teletraffic Congress (ITC-15), pp.1229-1236 , Washington, D. C. , U.S.A., June 23-27, 1997.
- [29] V. T. Hou, K. Kant, V. Ramaswami and J. L. Wang. Error Monitoring Issues for Common Channel Signaling, IEEE Journal on selected Areas in Communications, Vol.12, No. 3, pp.456-467, April, 1994.
- [30] ITU-T. International Network Management Guidance for Common Channel Signalling System No.7, Recommendation E.415, ITU-T (International Telecommunication Union- Telecommunication Stantardization Sector), Geneva, August 1991.
- [31] ITU-T. Telephone Network and ISDN Quality of Service, Network Management and Traffic Engineering - Control Plane Traffic Modelling, Recommendation E713, ITU-T (International Telecommunication Union- Telecommunication Stantardization Sector), Geneva, October 1992.
- [32] ITU-T. Signalling System No.7 - Hypothetical Signalling Reference Connection (HSRC), Recommendation Q.709, ITU-T (International Telecommunication Union- Telecommunication Stantardization Sector), Geneva, March 1993.

- [33] A. M. Oliveira, I. S. Bonatti, A. K. Budri e P. L. D. Peres. Sinalização por Canal Comum: Implantação, V Seminário de Teletráfego do Sistema Telebrás, Recife, Setembro 1997.
- [34] ITU-T. Methods for Dimensioning Resources in Signalling System No.7 Networks, Recommendation E.733, ITU-T (International Telecommunication Union- Telecommunication Standardization Sector), Geneva, 1992.
- [35] ITU-T. Specification of Signalling System No.7 - Functional Description of the ISDN User Part of Signalling System No.7, Recommendation Q.761, ITU-T (International Telecommunication Union- Telecommunication Standardization Sector), Geneva, March 1993.