

Aplicação de Modelos de Engenharia para a Identificação dos Custos de Universalização nas Telecomunicações

Moacir Giansante
Engenheiro Elétrico – FEEC/UNICAMP

Co-orientadores:
Dra. Maria Silvina Medrano
Prof. Dr. Raul Vinhas Ribeiro

Banca Examinadora:
Dra. Eunice Luvizotto Medina Pissolato
Prof. Dr. Hélio Waldman
Prof. Dr. Sérgio Valdir Bajay

Dissertação de Mestrado apresentada à comissão
de pós-graduação da Faculdade de Engenharia
Elétrica e de Computação – FEEC/UNICAMP,
como requisito para obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA.

Agosto de 2007

Campinas – SP

1

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por: <u>Moacir Giansante</u>
Julgada em <u>13/08/07</u> pela Comissão
<u>[Assinatura]</u> Orientador

UNIDADE BC
Nº CHAMADA: _____
T/UNICAMP G348a
V. _____ EX. _____
TOMBO BCCL 74544
PROC 16. 145-07
C _____ D X
PREÇO 11
DATA 10/20/07
BIB-ID 445188

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

G348a Giansante, Moacir
Aplicação de modelos de engenharia para a identificação dos custos de universalização nas telecomunicações / Moacir Giansante. --Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientadores: Raul Vinhas Ribeiro, Maria Silvina Medrano
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

1. Sistemas de telecomunicação. 2. Modelos econômicos. 3. Otimização estrutural. 4. Política de telecomunicações. I. Ribeiro, Raul Vinhas. II. Medrano, Maria Silvina. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. IV. Título.

Título em Inglês: Application of engineering models for universalization costs identification in telecommunications

Palavras-chave em Inglês: Cost proxy models, Networks optimization, telecommunication systems, Universal service

Área de concentração: Automação

Titulação: Mestre em Engenharia Elétrica

Banca examinadora: Eunice Luvizotto Medina Pissolato, Hélio Waldman e Sérgio Valdir Bajay

Data da defesa: 13/08/2007

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Elétrica

Resumo

Este estudo apresenta uma metodologia para calcular os custos decorrentes de projetos de universalização de serviços de telecomunicações, conforme estabelece a legislação brasileira, denominados como custos líquidos em outras legislações.

Tal conceito é baseado na obtenção dos custos evitáveis e para seu cálculo, os custos atribuídos ao cumprimento das obrigações devem ser alocados de forma a guardar relação com a atividade que o gerou bem como com a quantidade de serviços/produtos produzidos.

A metodologia também deve ser capaz de capturar economias de escala e de escopo decorrentes de compartilhamento de recursos e de otimização das capacidades instaladas.

Por isso, propõe-se um modelo que combine os conceitos de custos incrementais e de custos prospectivos de longo prazo de forma flexível e que permita a análise de diferentes projetos de universalização.

Palavras-chave: Modelos de custos, Otimização de redes, Sistemas de telecomunicação, Universalização dos serviços de telecomunicações.

Abstract

This study presents a methodology to calculate the net costs resulting from telecommunications universal services, in accordance with Brazilian legislation.

Such a concept is based on the estimation of the avoidable costs due to universal obligations. In order to proceed with the calculations, the costs attributed to these obligations should be allocated to guard relation with the activity that generated them as well as with the quantity of service/products produced. The methodology also should be capable of capture scale and scope economies due to shared resources or capacities optimization.

The proposed model combines the concepts of incremental costs and forward-looking costs in a flexible manner to enable the analysis of different projects regarding universal service.

Keywords: Cost proxy models, Networks optimization, Telecommunication systems, Universal Service.

COMISSÃO JULGADORA - TESE DE MESTRADO

Candidato: Moacir Giansante

Data da Defesa: 13 de agosto de 2007

Título da Tese: "Aplicação de Modelos de Engenharia para a Identificação dos Custos de Universalização"

Prof. Dr. Raul Vinhas Ribeiro (Presidente):

Dra. Eunice Luvizotto Medina Pissolato:

Prof. Dr. Sérgio Valdir Bajay:

Prof. Dr. Hélio Waldman:

Dedico esta dissertação aos meus pais, pela instrução recebida,
à Silvia, companheira e amiga, pelo autoconhecimento conquistado,
aos meus filhos, pela emoção despertada, e
ao amigo Ricardo Benetton Martins, *in memoriam*.

Agradecimentos

Após tantos anos em busca de um tema que conciliasse meus interesses mais genuínos, obviamente tenho como maior desafio relacionar todos aqueles que contribuíram para mais esta etapa na minha profissão de engenheiro.

Aos meus orientadores, Prof. Raul Vinhas Ribeiro e Dra. Maria Silvina Medrano, sou grato pela forma carinhosa com que me conduziram para que esta dissertação atingisse plenamente seu objetivo.

Aos engenheiros José Reynaldo Formigoni Filho e Rodrigo Alves Hodgson, pelas contribuições sobre a adequação do tema ao cenário brasileiro e sobre técnicas de modelagem computacional, respectivamente.

Aos conselheiros da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), Eng. Pedro Jaime Ziller de Araújo e Eng. Plínio de Aguiar Junior, pelas acaloradas discussões a respeito de regulação por custos nas telecomunicações e que, certamente, influenciaram na forma e no conteúdo desta dissertação.

Ao economista sênior da *Federal Communication Commission* (FCC), William W. Sharkey, responsável pelo desenvolvimento do HCPM, pela disponibilidade com que sempre me atendeu na busca por informações adicionais da ferramenta.

Aos engenheiros Antonio Carlos Gravato Bordeaux Rego, José Masaaqui Uehara e Juliano Castilho Dall'Antonia, pelo idealismo demonstrado no desempenho da profissão, sempre buscando inserir a Engenharia em temas de cunho estratégico, tanto em ambientes públicos como privados, motivando-me pela mesma busca.

A todos os colegas da Gerência de Planejamento de Serviços, pelo espírito de equipe edificado no dia-a-dia das nossas atividades.

Ao CPqD e ao FUNTTEL, pelo suporte financeiro para que esta dissertação pudesse ser concluída.

"Em certas áreas, o engenheiro é eminentemente um técnico, em outras, ele convive diariamente com os problemas humanos. Mas sempre é preciso ter em conta que é um profissional a serviço da sociedade e, por conseguinte, deve carregar uma dose elevada de cidadania." (Prof. Francisco Romeu Landi)

✱22/03/1933

✚22/04/2004

Índice

Resumo.....	3
<i>Abstract</i>	3
Agradecimentos	7
Índice.....	9
Lista de figuras.....	10
Lista de tabelas.....	11
Glossário	12
Capítulo 1 Introdução	15
1.1 Estrutura da dissertação	18
Capítulo 2 A modelagem de custos na produção.....	19
2.1 A função produção e suas características	19
2.2 A análise de custos	23
2.2.1 Classificação dos custos.....	23
2.2.2 Custos contábeis e custos econômicos	24
2.2.3 A estrutura de custos e sua evolução no tempo	26
2.2.4 Economias de escala e de escopo	31
2.3 As diferentes técnicas de análise	33
Capítulo 3 Análise de custos em telecomunicações	35
3.1 Características das telecomunicações.....	35
3.1.1 Descrição da rede.....	35
3.1.2 Planejamento e dimensionamento da rede	37
3.2 A gestão estratégica de custos	38
3.2.1 A estrutura de custos de uma empresa operadora	39
3.3 Abordagens <i>Top-Down</i> e <i>Bottom-Up</i>	43
Capítulo 4 A aplicação de modelos de custos em regulação econômica	45
4.1 A experiência internacional na regulação por custos	45
4.1.1 Estados Unidos.....	45
4.1.2 Reino Unido	47
4.1.3 União Européia	47
4.2 Comparação entre os métodos contábeis, econométricos e de engenharia	50
4.3 Controle de tarifas de uso industrial	51
4.4 Controle das obrigações de universalização.....	53
Capítulo 5 O equilíbrio no financiamento da universalização de serviços públicos	55
5.1 As externalidades de rede	55
5.2 Os benefícios esperados.....	57
5.3 Os custos evitáveis.....	58
5.4 As diferentes formas de identificar os custos líquidos.....	60
Capítulo 6 <i>Hybrid Cost Proxy Model</i> : Um modelo flexível	63
6.1 Arquitetura de rede adotada.....	63
6.2 A estrutura do HCPM	65
6.2.1 Algoritmos utilizados.....	68
6.2.2 Módulo de Clusterização	68
6.2.2.1 Submódulo de Interface.....	71
6.2.3 Módulo de Rede de Acesso	73
6.2.3.1 Dimensionamento do segmento de distribuição	74
6.2.3.2 Dimensionamento do segmento de alimentação	77
6.2.4 Módulo de Rede <i>InterOffice</i>	78
6.3 Análise dos algoritmos voltados para a rede de acesso do HCPM.....	81

6.3.1	Algoritmos de Clusterização	81
6.3.2	Algoritmos de dimensionamento de rede de acesso	84
Capítulo 7	Cálculo da Parcela Não Recuperável para o uso do FUST	87
7.1	A legislação brasileira	87
7.2	Adequação do modelo HCPM	89
Capítulo 8	Estudo de Caso	93
8.1	Empresa típica	93
8.2	Levantamento das informações	94
8.3	Cenários de universalização analisados	101
8.4	Resultados obtidos	102
8.5	Comparação com informações contábeis	107
Capítulo 9	Conclusões e estudos futuros	111
9.1	Considerações sobre o HCPM	111
9.2	Sugestões para trabalhos futuros	113
	Referências bibliográficas	115

Lista de figuras

Figura 2.1	– Relação entre as funções <i>TP</i> , <i>AP</i> e <i>MP</i>	21
Figura 2.2	– Função Produto Médio e Marginal em função do recurso variável <i>L</i>	28
Figura 2.3	– Função Custo Total	28
Figura 2.4	– Funções <i>AFC</i> , <i>AVC</i> , <i>AVT</i> e <i>MC</i>	29
Figura 2.5	– Curto-prazo vs. Longo-prazo	30
Figura 2.6	– Economias de escala e escopo	33
Figura 3.1	– Hierarquia na rede de telefonia	35
Figura 3.2	– Subdivisão da Rede de Acesso	36
Figura 3.3	– Elementos de comutação	37
Figura 3.4	– <i>CAPEX</i> de uma empresa de telecomunicações	40
Figura 3.5	– <i>OPEX</i> de uma empresa de telecomunicações	40
Figura 3.6	– Diferentes modelos de custos	44
Figura 4.1	– Evolução dos modelos de remuneração	52
Figura 5.1	– Benefícios das externalidades de rede	56
Figura 6.1	– Topologia da área de serviço	64
Figura 6.2	– Fluxograma de clusterização	66
Figura 6.3	– Obtenção dos valores de <i>CAPEX</i> e <i>OPEX</i>	67
Figura 6.4	– Métodos aplicados pelo HCPM	68
Figura 6.5	– Distribuição dos usuários nos <i>clusters</i> -país 1 e 2	70
Figura 6.6	– Definição das fronteiras da grade	71
Figura 6.7	– Distribuição dos usuários	72
Figura 6.8	– Colunas incluídas na grade	73
Figura 6.9	– Rede de distribuição ao longo das células	75
Figura 6.10	– Conexão das células até a SAI mais próxima	75
Figura 6.11	– Distâncias mínimas em redes com e sem nós de junção	78
Figura 6.12	– Anéis SDH	79
Figura 6.13	– Centro de fios analisado com os algoritmos de clusterização	82
Figura 6.14	– <i>Distance limit</i> = 8782 feet (~r = 2677m)	82
Figura 6.15	– <i>Distance limit</i> = 8000 feet (~r = 2438m)	83
Figura 6.16	– <i>Distance limit</i> = 6000 feet (~r = 1829m)	83
Figura 6.17	– <i>Distance limit</i> = 5000 feet (~r = 1524m)	83
Figura 6.18	– <i>Distance limit</i> = 4000 feet (~r = 1219m)	84

Figura 6.19 – <i>Distance limit</i> = 2000 feet ($\sim r = 610\text{m}$).....	84
Figura 6.20 – Comparação dos algoritmos <i>Prim</i> original e com modificações.....	85
Figura 7.1 – Processo para cálculo do custo incremental dos <i>clusters</i>	90
Figura 7.2 – Exemplo de centro de fios em áreas não viáveis	91
Figura 8.1 – Distritos administrativos da cidade de Londrina.....	93
Figura 8.2 – Zoneamento urbano da cidade de Londrina.....	95
Figura 8.3 – Aplicação de grade com 400 células numeradas	97
Figura 8.4 – Mapeamento georreferenciado da região	98
Figura 8.5 – Raio de cobertura de cada centro de fios.....	99
Figura 8.6 – Distribuição de renda no município de Londrina	102
Figura 8.7 – Custos de Rede vs. Abrangência da Rede.....	103

Lista de tabelas

Tabela 3.1 – Categorias de custos em telecomunicações	39
Tabela 3.2 – Padrões de alocação de custos	42
Tabela 3.3 – Abordagens <i>Top-Down</i> e <i>Bottom-Up</i>	44
Tabela 4.1 – Comparação do custo líquido com déficit de acesso.....	54
Tabela 5.1 – Regulação das Obrigações de Serviços Universais.....	59
Tabela 6.1 – Distância média entre o Centro de Fios e os nós clientes	86
Tabela 8.1 – Distribuição da população de Londrina.....	94
Tabela 8.2 – Legenda do zoneamento urbano de Londrina.....	96
Tabela 8.3 – Plano de amostragem para conversão Pulso-Minuto (Sercomtel).....	100
Tabela 8.4 – Distribuição dos terminais de acesso	101
Tabela 8.5 – Distribuição geográfica dos centros de fios.....	103
Tabela 8.6 – Custos IC e SAC do 2º anel	104
Tabela 8.7 – Cenário I	105
Tabela 8.8 – Cenário II com demanda em áreas R-3.....	106
Tabela 8.9 – Cenário II com demanda distribuída em toda área de concessão	107
Tabela 8.10 – Imobilizado da Sercomtel	108
Tabela 8.11 – Quantidade e custo unitário de terminais de acesso	108
Tabela 8.12 – Comparação dos modelos	108

Glossário

AP – *Average Product*.
ABC – *Activity Based Costing*.
ACMA – *Australian Communications and Media Authority*. (Órgão regulador australiano)
AGCOM – *Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni*. (Órgão regulador italiano)
ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações. (Órgão regulador brasileiro)
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. (Órgão regulador brasileiro)
BCM2 – *Benchmark Cost Model 2*.
CAPEX – *Capital Expenditure*.
CCA – *Current Cost Accounting*.
CCS – *Centum Call Second*.
CDMA – *Code Division Multiple Access*.
CEP – Código de Endereçamento Postal.
CL – Custos Líquidos.
CLEC – *Competitive Local Exchange Company*.
CPCT – Centrais Privadas de Comutação Telefônica.
CPM – *Cost Proxy Model*.
DA – Déficit de Acesso.
DSAC – Documento de Separação e Alocação de Contas.
DLC – *Digital Loop Carrier*.
E – Função elasticidade da produção.
EDC – *Embedded Direct Costs*.
ELR – Estágio de Linha Remoto.
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária.
ERC – Estágio Remoto de Comutação.
FAC – *Fully-Allocated Cost*.
FC – *Fixed Cost*.
FCC – *Federal Communication Commission*. (Órgão regulador americano)
FCM – *Financial Capital Maintenance*.
FDC – *Fully-Distributed Cost*.
FLC – *Forward Looking Cost*.
FL-LR – *Forward-Looking Long-Run*.
FL-LRAIC – *Forward-Looking Long-Run Average Incremental Costs*.
FUNTEL – Fundo Nacional de Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações.
FUST – Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações.
GSM – *Global System for Mobile communication*.
HCA – *Historical Cost Accounting*.
HCM – *Hybrid Cost Model*.
HCPM – *Hybrid Cost Proxy Model*.
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IC – *Incremental Costs*.
ILEC – *Incumbent Local Exchange Company*.
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
ITU-T – (ex-CCITT) *International Telecommunication Union – Telecommunication standardization sector*.
LAC – *Long run Average Cost*.
LGT – Lei Geral das Telecomunicações (Lei n.º 9.472).
LLU – *Local Loop Unbundling*.
LRIC – *Long Run Incremental Cost*.

MC – *Marginal Costs*.
 MEA – *Modern Equivalent Asset*.
 MRP – *Marginal Revenue Product*.
 MP – *Marginal Product*.
 MTBF – *Mean Time Between Failures*.
 MTTR – *Mean Time To Repair*.
 OCM – *Operating Capital Maintenance*.
 OECD – *Organisation for Economic Co-operation and Development*.
 Ofwat – *Office of Water Services*. (Órgão regulador britânico para o setor de abastecimento de água)
 Ofgem – *Office of Gas and Electricity Markets*. (Órgão regulador britânico para o setor de distribuição de energia e gás)
 Ofcom (ex-Ofotel) – *Office of Communications*. (Órgão reg. britânico para o setor de telecomunicações e radiodifusão)
 OPEX – *Operating Expenditure*.
 PABX – *Private Automatic Branch Exchange*.
 PBX – *Private Branch Exchange*.
 PCGA – *Princípios de Contabilidade Geralmente Aceitos*.
 PCM – *Pulse Code Modulation*.
 PCNR – *Parcela de Custo Não Recuperável*.
 PGMQ – *Plano Geral de Metas de Qualidade*.
 PGMU – *Plano Geral de Metas para Universalização*.
 PGO – *Plano Geral de Outorgas*.
 PTT – *Postal, Telegraph, & Telephone*.
 RBOC – *Regional Bell Operating Company*.
 RDSI – *Rede Digital de Serviços Integrada*.
 RPI-X – *Retail Price Index*.
 RTPC – *Rede Telefônica Pública Comutada*.
 SAC – *Stand Alone Costs*.
 SAC – *Short run Average Cost*.
 SAI – *Serving Área Interface*.
 SDH – *Synchronous Digital Hierarchy*.
 SGOU – *Sistema de Gestão das Obrigações de Universalização*.
 SPRING – *Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas*.
 SRMC – *Short-Run Marginal Cost*.
 STFC – *Serviço Telefônico Fixo Comutado*.
 SUSY™ – *Sistema baseado em Excel, Access e Visual Basic, desenvolvido por Telecom Itália Lab para a estimativa de custos de universalização*.
 SVA – *Serviços de Valor Adicionado*.
 TELRIC – *Total Element Long Run Incremental Cost*.
 TP – *Total Product*.
 TR – *Total Revenue*.
 TSLRIC – *Total Service Long Run Incremental Cost*.
 TUP – *Telefone de Uso Público*.
 UD – *Unidade Distante*.
 UE – *União Européia*.
 ULL – *Unbundled Local Loop*.
 USF – *Universal Service Fund*.
 USO – *Universal Service Obligations*.
 UTM – *Universal Transverse Mercator*.
 WLL – *Wireless Local Loop*.

VC – *Variable Costs*.

VPL – Valor Presente Líquido.

VRL – Valor Realizável Líquido.

Capítulo 1

Introdução

A Telebrás S.A. – Telecomunicações Brasileiras S.A. – foi criada em 1972 e, até a década de noventa, era responsável pela prestação de todos os serviços de telecomunicações, inclusive telefonia fixa, celular e serviços de valor adicionado (SVAs). Por sua vez, o Sistema Telebrás era operado através de uma empresa *holding*, formada por 27 operadoras estaduais, uma operadora de telecomunicações de longa-distância, nacional e internacional (Embratel) e por quatro empresas independentes (três públicas e uma privada).

Em julho de 1997, o setor de telecomunicações no Brasil sofre uma sensível mudança com a promulgação da Lei Geral das Telecomunicações (Lei n.º 9.472 - LGT). Em linhas gerais, a intenção da LGT é garantir a universalização dos serviços, estimular a concorrência e o desenvolvimento tecnológico.

Nesse mesmo ano, é criada a ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações, e são definidas as diretrizes para a privatização da Telebrás S.A., ocorrida em julho de 1998.

Assim, a ANATEL inicia a elaboração e detalhamento do marco regulatório do setor, com o objetivo de estabelecer algumas normas para a privatização do Sistema Telebrás, dentre as quais:

- Plano Geral de Outorgas (PGO): Divide o território nacional em três áreas regionais e uma área nacional, nas quais atuam as empresas vencedoras dos leilões de privatização da telefonia fixa;
- Plano Geral de Metas de Universalização (PGMU): Estabelece as metas de universalização a serem seguidas pelas empresas de telefonia fixa atuantes sob regime público. Essas metas envolvem, entre outros itens, o número de telefones a serem instalados, a quantidade de telefones públicos a ser disponibilizada, os prazos para atender os clientes que solicitam linhas fixas, provimento de serviços de emergência e a priorização do atendimento a escolas, instituições de saúde e deficientes;
- Plano Geral de Metas de Qualidade (PGMQ): Estabelece as metas de qualidade a serem seguidas pelas empresas de telefonia fixa atuantes sob regimes público e privado;
- Restrição da concessão da Embratel às ligações de longa-distância nacional e internacional;
- Previsão para atuação de empresas-espelho¹ concorrentes, cabendo a cada uma das empresas de telefonia fixa uma empresa concorrente, em todas as quatro regiões do PGO.

Segundo a LGT, os serviços de telecomunicações podem ser prestados sob regime jurídico público e/ou privado², podendo este último apresentar abrangência de interesse restrito ou coletivo³.

Inicialmente, o regime público volta-se, única e exclusivamente, para o Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC) prestado pelas empresas oriundas da cisão do Sistema TELEBRÁS – ditas concessionárias – enquanto o regime privado é destinado para os demais serviços existentes e para o STFC prestado por empresas-espelho – ditas autorizatórias – previstas pela própria lei.

¹ As autorizações para a exploração do STFC das empresas-espelho foram licitadas em 1999.

² Art. 63 e 64 da Lei 9472.

³ Art. 62 da Lei 9472.

A separação do Sistema Telebrás em empresas de telefonia local e de longa-distância e a abertura para a entrada de empresas-espelho têm por principal motivação implementar a competição por padrão. Ou seja, a regulação do setor se dá por comparação do desempenho das empresas, à medida que existe uma forte assimetria de informação entre o órgão regulador e a empresa regulada, devido ao maior conhecimento que esta tem de suas atividades e, principalmente, de seus custos. Dessa forma, a distinção aplicável ao STFC estabelece uma regulação distinta entre concessionárias e autorizadas.

A regulação referente às condições de acesso ao mercado, preços e tarifas, obrigações de universalização, fiscalização e prazos é consideravelmente mais rigorosa para as concessionárias do que para as demais, em função das condições iniciais mais favoráveis daquelas com relação à sua base de clientes, rede já construída e economias de escala.

Durante o primeiro período de vigência dos contratos de concessão – jul/98 a dez/05 – são estabelecidas assimetrias regulatórias entre as concessionárias e as autorizadas de forma a atenuar a vantagem competitiva⁴ das empresas já estabelecidas e promover a concorrência. As principais assimetrias são:

- Regime de exploração dos serviços: As concessionárias estão sujeitas ao controle de tarifas e metas de universalização;⁵
- Definição da área de atuação: Durante a fase de transição⁶, as concessionárias locais podem atuar somente dentro dos limites de suas regiões;
- Expansão das atividades: São estabelecidos períodos de transição diferenciados para concessionárias e autorizadas. Além disso, as concessionárias são impedidas de participar de companhias de TV a cabo (e vice-versa), por estas serem consideradas potenciais competidores na prestação de serviços de telecomunicações;
- Restrição ao uso de tecnologias: as concessionárias são proibidas de utilizar tecnologias de acesso sem fio⁷ até 2001.

A estrutura tarifária das concessionárias é regulamentada pela ANATEL, por meio de fixação de valor de teto⁸, e seus reajustes são determinados em função de fórmulas paramétricas previstas nos próprios contratos de concessão, conforme Anatel (2006). Por exemplo, para a modalidade local é definida uma cesta de produtos composta por:

- Taxa de habilitação;
- Assinatura básica; e
- Valor do pulso.

Dessa maneira, a partir de julho de 1998 se estabelece a organização do setor de telecomunicações por meio de um órgão regulador centralizado, ao contrário de outros setores de infra-estrutura como, por

⁴ Como, por exemplo, o fato das concessionárias já possuírem infra-estrutura.

⁵ As autorizadas também estão sujeitas a homologação de preços e metas de cobertura, muito embora estas restrições sejam mais flexíveis do que aquelas impostas às concessionárias.

⁶ O art. 10, §§ 1º e 2º, do Decreto n.º 2.584, de 2 de abril de 1998, assegura que, a partir de 31 de dezembro de 2002, deixa de existir qualquer limite para o número de agentes habilitados à prestação dos serviços de telefonia fixa destinado ao público em geral. Esse mesmo dispositivo, contudo, fixa a antecipação daquele marco temporal, para 31 de dezembro de 2001, para todas as operadoras que anteciparem o cumprimento das metas de universalização.

⁷ Wireless Local Loop – WLL

⁸ Denominado no jargão de regulação tarifária como regime de controle “Price-Cap”.

exemplo, o de distribuição de água e gás, cujo controle encontra-se distribuído em diferentes esferas: municipal, estadual e federal. O setor de distribuição de energia elétrica, em particular, apresenta um marco regulatório semelhante ao das telecomunicações no que se refere à regulação tarifária⁹.

Na mesma época, um estudo realizado por Fiúza (1998) aborda a conceituação da universalização de acesso aplicada ao setor de telecomunicações e descreve características econômicas do setor. Além disso, são apresentados possíveis mecanismos para a ANATEL induzir as empresas concessionárias à ampliação do acesso aos serviços de telefonia para a população ainda desprovida destes, de modo a maximizar o bem-estar associado de maneira equânime e privilegiar as firmas mais eficientes.

Destacam-se os benefícios sociais do serviço telefônico, que não se limitam a critérios filantrópicos, humanitários ou políticos. O telefone é útil por motivos intrínsecos, ao conectar parentes e amigos distantes e é uma ferramenta para fazer negócios, ter acesso a bens, serviços, “atuar à distância”, “tomar providências” e ter acesso a serviços sociais — como Previdência — ou de emergência médica, policial, bombeiros etc.

Segundo o mesmo estudo, a privação do serviço telefônico constitui um fator cada vez maior de desigualdade na sociedade moderna de informação. O ônus dessa privação concentra-se nos seus segmentos mais frágeis, e a ampliação do serviço telefônico para esses segmentos traz benefícios econômicos para toda a sociedade.

Ao mesmo tempo, o estudo alerta para o fato de que os mecanismos regulatórios dependem, basicamente, dos instrumentos e do conjunto de informações com os quais o órgão regulador pode contar. Quanto mais instrumentos e mais informação estiverem ao seu alcance, melhores são as condições de atingir a solução de primeiro melhor (*first best*), aquela que maximiza o excedente total do mercado¹⁰ e que, para o caso de uma firma monopolista uniproduto, equivale a cobrar preço igual ao custo marginal.

O estudo também reconhece os desafios da modelagem teórica voltada para caracterizar os mecanismos ótimos de regulação a serem empregados em situações nas quais a demanda a beneficiar não seja facilmente separável dos segmentos que podem pagar pelo serviço, antecipando-se na análise sobre os instrumentos de financiamento da universalização.

Posteriormente, em 17 de agosto de 2000, é criado o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (FUST) pela Lei N° 9.998, com a finalidade de proporcionar recursos destinados a cobrir a parcela de custo exclusivamente atribuível ao cumprimento das obrigações de universalização de serviços de telecomunicações, que não possa ser recuperada com a exploração eficiente do serviço.

Ao mesmo tempo em que se cria um mecanismo de subsídio para o financiamento da ampliação do serviço telefônico, sua aplicação efetiva mostra-se comprometida pela dificuldade, anteriormente prevista pelo estudo já citado, em se separar os segmentos que podem pagar pelo serviço, que representam a exploração eficiente do serviço, daqueles beneficiados pelas obrigações de universalização.

⁹ Segundo Feil (2006), cabe à Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) fixar os valores de teto das tarifas por meio de mecanismos de revisão e de reajuste estabelecidos nos contratos de concessão. São três as formas de alteração tarifária: a revisão tarifária periódica, o reajuste tarifário anual e a revisão extraordinária.

¹⁰ Segundo Intven (2000), o excedente total de mercado é a soma do excedente do consumidor e do excedente do produtor, sendo que, o primeiro é o resultado líquido do Valor Percebido (disposição para pagar pelo bem ou serviço) deduzido do Valor Efetivamente Pago e, o segundo é o resultado líquido do Valor Recebido deduzido dos Custos de Produção. Ou seja, o excedente total de mercado representa a diferença entre Valor Percebido e Custos de Produção e, quando maximizado, denota a eficiência do mercado.

Essa dificuldade reside na conceituação, em termos objetivos e justos, de uma exploração eficiente do serviço e na definição de uma metodologia para a obtenção da Parcela de Custos Não Recuperável (PCNR). A ausência dessa definição na legislação compromete a aplicação dos recursos do FUST, cujo aporte anual é da ordem de R\$ 600 Mi, acumulando mais de R\$ 5 Bi nestes últimos sete anos.

Nesse sentido, esta dissertação tem o intuito de contribuir para a obtenção de uma metodologia que seja capaz de calcular os custos decorrentes de obrigações de universalização em uma exploração eficiente, baseada em modelos de engenharia, e nas mais variadas situações de demanda, e que atenda os preceitos da legislação brasileira.

Tais modelos se justificam em face da profusão de marcos regulatórios baseados em custos econômicos, voltados para o controle das empresas dominantes. Em particular, a identificação dos custos da universalização depende de uma análise abrangente das características das redes de telecomunicações e dos efeitos nos custos que as empresas incorrem ao cumprir as obrigações de universalização, melhor observados por meio desses modelos de engenharia.

Por isso, a metodologia proposta se enquadra como um instrumento moderno de controle ao ser capaz de capturar os efeitos econômicos sobre os custos e, ao mesmo tempo, se mostrar pouco intrusiva na contabilidade das empresas.

1.1 Estrutura da dissertação

Dada a variedade de assuntos tratados, este trabalho foi dividido em nove capítulos. O Capítulo 2 aborda a conceituação da modelagem de custos na produção e se volta para a sua análise e compreensão.

O Capítulo 3 aplica esses conceitos ao setor de telecomunicações, para o qual é feita uma ampla avaliação do uso da modelagem de custos como instrumento de gestão.

O Capítulo 4 complementa o panorama ao estabelecer a cronologia na qual se dá o processo de transformação dos marcos regulatórios, nos principais mercados internacionais, e abordar a aplicação de modelos de custos na regulação econômica de setores controlados como os de infra-estrutura e, em particular, o de telecomunicações.

O Capítulo 5 descreve o equilíbrio que se deve preservar no financiamento da universalização, entre os custos atribuíveis ao cumprimento das obrigações e os benefícios obtidos, levando à necessidade de se identificar os custos líquidos da universalização.

O Capítulo 6 apresenta o *Hybrid Cost Proxy Model* (HCPM) desenvolvido pelo órgão regulador americano, a *Federal Communications Commission* (FCC), com a finalidade de atender aos procedimentos relacionados ao serviço universal americano para avaliação dos custos prospectivos da rede telefônica local.

O Capítulo 7 propõe uma possível metodologia voltada para o cálculo da parcela que não possa ser recuperada com a exploração eficiente do serviço, conforme estabelece a legislação brasileira, e que se assemelha em sua natureza ao conceito de custos líquidos supra mencionado.

O Capítulo 8 descreve um estudo de caso aplicado ao ambiente brasileiro, a partir de cenários envolvendo diferentes programas de universalização.

Por fim, o Capítulo 9 traz as principais conclusões obtidas ao longo deste estudo e algumas propostas para trabalhos futuros que possam complementar essa contribuição.

Capítulo 2

A modelagem de custos na produção

A modelagem de custos na produção consiste na estruturação dos conceitos da teoria econômica da produção no sentido de auxiliar a tomada de decisão sobre a forma mais eficiente de combinar os recursos necessários para produzir um determinado produto ou serviço, dada uma determinada tecnologia.

Essa tecnologia pode incluir processos produtivos, equipamentos, capacidade de processamento das informações e habilidade na execução e no gerenciamento das tarefas.

Por sua vez, segundo McGuigan (2005), a teoria econômica da produção é centrada no conceito da função produção, que relaciona o volume máximo de saída de um processo produtivo para cada tecnologia adotada.

Essa relação pode ser expressa na forma de modelos matemáticos, tabelas ou gráficos, sendo que a introdução de uma nova tecnologia implica em uma nova função produção.

2.1 A função produção e suas características

Com o intuito de introduzir vários conceitos relacionados aos custos da produção, utiliza-se a função produção de *Cobb-Douglas*¹¹ que relaciona quantidade de trabalho e de capital empregado à quantidade produzida, conforme o seguinte modelo

$$Q = \alpha L^{\beta_1} K^{\beta_2} \quad (2.1)$$

onde:

- Q é a quantidade produzida;
- L é a quantidade de trabalho;
- K é a quantidade de capital empregado;
- α , β_1 e β_2 são constantes e positivas, tal que $(0 < \beta_1 < 1)$ e $(0 < \beta_2 < 1)$.

A essas quantidades de recursos – no caso de *Cobb-Douglas* os parâmetros L e K – é dado o nome de parâmetros de entrada da função produção, que podem ser classificados em fixos ou variáveis, conforme McGuigan (2005).

Um parâmetro de entrada do tipo fixo é definido como sendo um recurso de produção cuja quantidade empregada no processo é constante ao longo de um determinado período de tempo, independente da quantidade produzida. Portanto, os custos de recursos fixos devem incorrer independentemente da produção operar a níveis altos ou baixos. Por sua vez, um parâmetro de entrada do tipo variável é

¹¹ O modelo Cobb-Douglas é um modelo matemático, também conhecido por função exponencial multiplicativa, muito utilizado para representar a relação entre entradas e saídas de processos produtivos, visto que, são relacionadas aos dois parâmetros de entrada mais difundidos: trabalho e capital. Tal descrição matemática permite uma série de análises de sensibilidade, que auxiliam na gestão da produção.

definido como sendo um recurso de produção cuja quantidade empregada no processo muda em função da quantidade desejada de produção.

Tais conceitos relacionam-se com o período de tempo considerado para a análise sendo que, o período de tempo considerado como curto-prazo (*short run*) corresponde ao período durante o qual ao menos um dos recursos utilizados se mantém fixo, enquanto, o período de tempo considerado como longo-prazo (*long run*) corresponde ao período durante o qual todos os recursos utilizados são variáveis.

Nesse caso, mesmo aqueles considerados como recursos fixos no curto-prazo tornam-se variáveis no longo-prazo, ou seja, em análises de curto prazo alguns recursos são fixos e, portanto, podem ser desconsiderados em determinadas análises de custos. Por outro lado, em análises de longo-prazo, todos os recursos utilizados devem ser considerados. Por exemplo, ao analisar a necessidade de aumentar a produção uma empresa pode se concentrar na contratação de mão-de-obra temporária, no curto-prazo, ou ampliar a instalação fabril, no longo-prazo.

Uma vez conhecida a função produção, também denominada **TP** (*Total Product*), que identifica a quantidade de produto total em relação à quantidade de recursos utilizados, é possível derivar as funções de produto marginal, ou **MP** (*Marginal Product*), e de produto médio, ou **AP** (*Average Product*).

A função **MP** é definida como sendo a variação incremental na saída total (quantidade produzida) em função do acréscimo unitário de um recurso variável, enquanto os outros são mantidos constantes. No caso da função *Cobb-Douglas*, por exemplo, a função **MP** (em função do recurso L), quando K mantida constante, é representada por

$$MP_L = \frac{\Delta Q}{\Delta L} (\text{mudanças discretas}) \text{ ou } \frac{\partial Q}{\partial L} (\text{mudanças contínuas}). \quad (2.2)$$

A função **AP** é definida como sendo a razão entre a saída total (quantidade produzida) e a quantidade total de um recurso variável, enquanto os outros são mantidos constantes. No caso da função *Cobb-Douglas*, por exemplo, a função **AP** (em função do recurso L) é representada por

$$AP_L = \frac{Q}{L}. \quad (2.3)$$

A função elasticidade da produção (E) representa a variação relativa nos parâmetros de saída, decorrente de variações discretas nos parâmetros de entrada, também em termos percentuais, e estabelece uma relação entre as funções **MP** e **AP**. Para variações discretas nos recursos variáveis L , quando K mantida constante, a função elasticidade é representada por:¹²

$$E_L = \frac{\% \Delta Q}{\% \Delta L} = \frac{\frac{\Delta Q}{Q}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{\frac{\Delta Q}{\Delta L}}{\frac{Q}{L}} = \frac{\Delta Q}{\Delta L} \cdot \frac{L}{Q}. \quad (2.4)$$

Utilizando as equações (2.2) e (2.3), pode-se reescrever a equação (2.4) da forma

$$E_L = \frac{MP_L}{AP_L}. \quad (2.5)$$

¹² No caso da função *Cobb-Douglas*, segundo Ferguson (2003), $E_L = \beta_1$.

Uma função E_L maior do que 1 indica que a saída aumenta em maior proporção à variação nos recursos L utilizados e, menor do que 1 indica que a saída aumenta em menor proporção à variação daqueles.

A teoria econômica identifica três diferentes fases para as funções¹³ TP , MP e AP , conforme é mostrado na Figura 2.1:

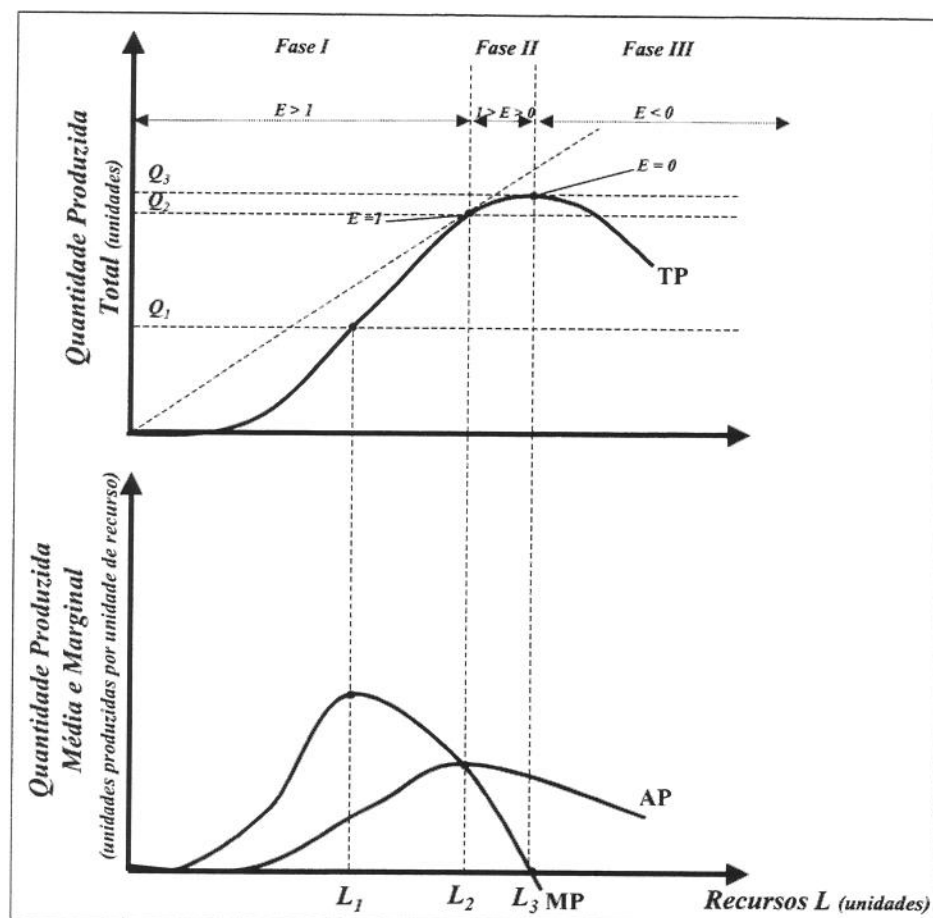


Figura 2.1 – Relação entre as funções TP , AP e MP ¹⁴

- *Fase I*: Representada pela faixa de valores de L que variam desde a origem até o valor para o qual a função AP aumenta continuamente (L_1);
- *Fase II*: Representada pela faixa de valores de L que variam desde o valor para o qual a função AP apresenta o seu valor máximo (L_2) até o valor para o qual a função MP iguala a zero (L_3);
- *Fase III*: Representada pela faixa de valores de L para os quais a função MP é negativa (acima de L_3).

Observa-se que, na faixa definida entre a origem e o valor de L_1 a função TP apresenta taxa crescente, descrita pela função MP que representa a derivada da função TP . Na faixa definida entre os valores L_1 e L_3 , a função TP continua crescendo, porém a taxas decrescentes, com a função MP decrescendo até zero. Por fim, a partir de L_3 a função TP decresce, com a função MP assumindo valores negativos.

¹³ Deve-se notar que, segundo Ferguson (2003), nem todas as funções de produção dão origem a curvas de produto, tais como ilustrada na Figura 2.1. Por exemplo, a função Cobb-Douglas não possui regiões nas quais as funções MP e AP crescem, nem tampouco regiões nas quais a função MP assume valores negativos.

¹⁴ Adaptado de McGuigan (2005).

Após uma rápida análise dessa estrutura é possível observar que o emprego de quantidades de recursos variáveis L superiores a L_3 (*Fase III*), reduz a quantidade produzida, ou seja, é possível empregar menos recursos variáveis L para uma quantidade de produção máxima Q_3 , limitada pela quantidade de recursos fixos K .

Da mesma forma, a análise mostra que enquanto a função AP continua crescendo (*Fase I*), a função E permanece maior do que 1. Nesse caso, conforme a equação (2.5), a adição de recursos variáveis L permite obter uma variação maior na quantidade produzida, em relação à variação na quantidade desses recursos. Por isso, é recomendável continuar adicionando recursos variáveis, desde que o custo incremental desses recursos permaneça constante.

A partir do ponto L_2 , a adição de recursos variáveis L , ao longo da *Fase II*, somente se justifica caso o custo incremental dessa adição for menor do que na *Fase I*, visto que esses recursos apresentam menor produtividade ($0 < E < 1$).

Ainda no curto-prazo, em que os recursos K são fixos, a análise permite determinar a quantidade ótima de recursos variáveis L que deve ser empregada na produção. Para essa análise, é necessário introduzir dois outros conceitos da teoria econômica da produção: receitas marginais e custos marginais.

As receitas marginais, ou MRP_L (*Marginal Revenue Product*), representam o montante que uma unidade adicional de recursos variáveis L adiciona à receita total, ou TR (*Total Revenue*), e são dadas por

$$MRP_L = \frac{\Delta TR}{\Delta L}. \quad (2.6)$$

Os custos marginais, ou MFC_L (*Marginal Factor Cost*), representam o montante que uma unidade adicional de recursos variáveis L adiciona ao custo total, ou TC (*Total Cost*)

$$MFC_L = \frac{\Delta TC}{\Delta L}. \quad (2.7)$$

Considerando que qualquer atividade econômica deve ser expandida enquanto as receitas marginais superarem os custos marginais, sob a perspectiva de curto-prazo, o ponto ótimo da produção ocorre na quantidade de recursos variáveis L em que os custos marginais se igualam às receitas marginais:

$$MRP_L = MFC_L. \quad (2.8)$$

Entretanto, à medida que a análise incorpora outros recursos variáveis ou o período de estudo assume uma perspectiva de longo-prazo, tornando o recurso fixo também variável, é necessário adotar outras técnicas de análise da produção.

No caso de duas variáveis de recursos, a função produção pode ser representada graficamente por um conjunto de curvas *Isoquant* de produção bi-dimensionais. As curvas *Isoquant* são funções algébricas que representam todas as combinações das duas variáveis que resultem na mesma quantidade produzida.

De forma equivalente, a análise pode fazer uso de curvas que representem todas as combinações das duas variáveis que resultem no mesmo custo de produção, nesse caso, denominadas de *Isocost*. Considerando que os custos por unidade de recurso L e K sejam C_L e C_K , respectivamente, o custo total TC de qualquer combinação é dado por

$$TC = C_L \cdot L + C_K \cdot K. \quad (2.9)$$

Representando os recursos fixos em função dos recursos variáveis, tem-se

$$K = \frac{TC}{C_K} - \left(\frac{C_L}{C_K} \right) \cdot L. \quad (2.10)$$

Nesse caso, todas as curvas *Isocost* são linhas paralelas com inclinação dada por $\left(\frac{C_L}{C_K} \right)$.

A representação da estrutura da produção por meio de curvas *Isoquant* e *Isocost* permite formular análises sob duas perspectivas diferentes:

- Minimização do custo total dada uma restrição de quantidade produzida; e,
- Maximização da quantidade produzida dada uma restrição de custo total.

Entretanto, as técnicas baseadas nas curvas *Isoquant* e *Isocost* são aplicáveis somente em determinadas situações, nas quais a representação gráfica é possível.

Algumas decisões em relação à produção exigem opções discretas sobre equipamentos envolvidos na produção (p. exemplo, equipamentos com capacidade modular). Nesses casos, outras técnicas de análise se mostram mais indicadas como, por exemplo, a Programação Inteira Mista.

2.2 A análise de custos

A teoria de custos mostra que a apuração dos mesmos pode variar de forma significativa, a depender do propósito com que tais custos são medidos, e que a tarefa de atribuir valores aos custos de um produto ou família de produtos não é trivial.

Devido ao fato de existirem diferentes abordagens para a estimação de custos, diferentes valores podem ser obtidos para um mesmo item, gerando dúvidas sobre os custos envolvidos.

A atribuição de um determinado valor para o custo de um item, por si só, é uma informação ambígua e pouco agrega. Ao se atribuir valores para os custos é indispensável compreender as condições que definem o processo de atribuição e as técnicas utilizadas.

Por isso, uma análise de custos deve ser precedida de sua classificação de modo a descrever melhor a sua estrutura presente no processo produtivo sob análise e, principalmente, tornar explícitas as técnicas utilizadas para a apuração dos mesmos.

2.2.1 Classificação dos custos

Para a adequada análise de um determinado processo produtivo é importante reconhecer os diferentes tipos de custos envolvidos.

De modo geral, toda atividade econômica incorre em gastos (ou desembolsos financeiros) que possibilitam a produção de bens ou serviços, cujas receitas devem garantir a operação.

Esses gastos podem ser classificados como custos, despesas ou investimentos. Os custos representam todos os gastos ligados à atividade de produção, propriamente dita, dos bens ou serviços como, por exemplo, matérias-primas, mão-de-obra, etc.

As despesas representam todos os gastos ligados às atividades de suporte da produção, que não sejam diretamente ligadas a ela como, por exemplo, despesas de comercialização, despesas administrativas, etc.

E, os investimentos (diferidos) representam todos os gastos ativados para a geração de receitas futuras.

Os custos e as despesas ainda podem ser separados de acordo com sua natureza, que por sua vez define a estrutura de custos de um processo produtivo. Os custos e as despesas podem ser classificados, segundo Atkinson (1997a), como:

- Fixos, Variáveis e Semivariáveis (ou Mistos):

Os custos (ou despesas) fixos são aqueles que permanecem com o valor inalterado em função do comportamento da produção, ou das vendas no caso de despesas fixas, dentro de uma certa unidade de tempo (um mês, por exemplo).

Os custos (ou despesas) variáveis são aqueles que variam de forma linear com o volume de produção, ou de vendas no caso de despesas variáveis.

Os custos (ou despesas) semivariáveis (ou mistos) são aqueles que possuem componentes fixas e variáveis, variando de forma não-linear com o volume de produção (ou de vendas).

- Diretos e Indiretos:

Os custos diretos são aqueles que podem ser diretamente relacionados a um produto ou serviço e os custos indiretos são aqueles que não podem ser diretamente relacionados a um produto ou serviço. Já as despesas são sempre indiretas em relação aos produtos ou serviços.

2.2.2 Custos contábeis e custos econômicos

A análise de custos é uma atividade voltada para a compreensão dos processos produtivos, com o intuito de identificar a estrutura de custos real a fim de aumentar a produtividade. Nesse sentido, os custos ganham contornos diferentes dos custos presentes nos registros contábeis da empresa. Por isso, a análise de custos é associada à contabilidade analítica (ou gerencial), muitas vezes distinta da contabilidade financeira da empresa.

A contabilidade financeira procura medir os custos de uma empresa para fins de relatórios financeiros, que são calculados em custos históricos, respeitando os Princípios de Contabilidade Geralmente Aceitos (PCGA)¹⁵. Já a contabilidade analítica tem por objetivo medir custos econômicos para fins estratégicos, como subsídio para a tomada de decisão.

Esses custos econômicos representam os custos presentes e futuros dos recursos necessários à atividade econômica, cuja estimativa deve considerar as oportunidades às quais se renunciam ao se empregar tais recursos para uma oportunidade específica.

¹⁵ Segundo IBRACON (1994), os PCGA são “preceitos resultantes do desenvolvimento da aplicação prática dos princípios técnicos emanados da Contabilidade, de uso predominante no meio em que se aplicam.”. A sua incorporação à contabilidade de custos ajuda a evitar distorções nos relatórios financeiros das empresas que, sob regras rígidas, podem ter seu desempenho financeiro melhor analisado.

Essa renúncia impõe um custo de oportunidade que é medido pelo retorno que o detentor de um recurso obteria ao optar pela aplicação do mesmo recurso em favor da segunda melhor alternativa de oportunidade, com o mesmo nível de risco associado.

Os custos que podem sofrer reavaliação, do ponto de vista econômico, com o objetivo de melhorar o processo de tomada de decisão são: capital empregado, depreciação, matérias-primas em estoque e infra-estruturas subutilizadas.

O capital empregado apresenta um custo (de capital) a seus investidores que é medido pelo custo de oportunidade do investimento e representa a taxa de retorno prevista para uma atividade econômica com mesmo nível de risco associado.

A depreciação contábil, segundo os PCGA, é um custo fixo (direto ou indireto) em bases anuais que expressa a amortização do valor dos ativos utilizados, de forma a cobrir adequadamente o montante inicialmente alocado num prazo condizente com a vida útil do ativo. Seu maior benefício é a simplicidade de cálculo e a maior crítica à sua aplicação é conceitual pois, segundo alguns autores como Hardin (1999), o método retrata o padrão histórico dos investimentos e sua alocação à planta produtiva, não sendo considerada uma depreciação dos ativos propriamente dita.

Por sua vez, a depreciação econômica dos ativos deve expressar os investimentos iniciais como uma função ao longo do tempo, de forma a garantir o retorno do capital e cobrir adequadamente o montante inicialmente alocado. O período de tempo deve ser condizente com a expectativa de vida econômica do ativo, quando sua capacidade produtiva diminui e seus custos operacionais aumentam.

Nesse caso, a vida econômica do ativo é o período de tempo determinado por um dos seguintes fatores:

- Vida Física do Ativo: Período de tempo após o qual os ativos se encontram deteriorados a ponto de não poderem mais ser utilizados para prover o mesmo nível de serviço. Tal fator representa a obsolescência física do ativo;
- Vida Técnica do Ativo: Período de tempo após o qual é necessária a sua substituição por um ativo com tecnologia mais eficiente. Tal fator representa a obsolescência técnica do ativo;
- Vida Comercial Esperada do Ativo: Período de tempo após o qual termina o ciclo comercial dos serviços prestados a partir do ativo.

Definido o fator preponderante na determinação da vida econômica do ativo, deve-se obter o novo valor a ser depreciado. Esse valor atualizado difere do valor inicial, decorrente da aquisição do ativo, e varia conforme o tipo de vida econômica de cada ativo, podendo basear-se nos seguintes conceitos apresentados por De Bragança (2005):

- Valor Realizável Líquido (VRL): valor que a empresa receberia ao vender os ativos em posse;
- Custo de Reposição (CCA)¹⁶: custo necessário para se adquirir o mesmo ativo nas condições existentes. Nas circunstâncias de obsolescência técnica, o custo de reposição é calculado como sendo o valor de aquisição de Ativo Moderno Equivalente (MEA)¹⁷, com o mesmo nível de funcionalidade e capacidade do ativo existente;

¹⁶ Sigla na língua inglesa para *Current Cost Accounting*. Esse conceito é mais bem explorado no contexto das telecomunicações ao longo do Capítulo 3.

¹⁷ Sigla na língua inglesa para *Modern Equivalent Asset*.

- Valor Econômico: Valor Presente Líquido (VPL) do fluxo de caixa descontado previsto até o fim da vida útil do ativo.

Ao se usar o Custo de Reposição (CCA), para fins de cálculo de depreciação, é necessário optar ainda entre os conceitos de manutenção do capital financeiro (FCM)¹⁸ e de manutenção do capital operacional (OCM)¹⁹. No primeiro caso, a depreciação acumulada ao final da vida (econômica) do ativo se iguala ao seu valor inicial. No segundo caso, ao contrário, a depreciação acumulada no final da vida (econômica) do ativo permite a substituição do ativo depreciado por um outro que assegure a capacidade operacional original.

Da mesma forma, as matérias-primas em estoque de uma empresa podem ser reavaliadas pelo seu valor econômico que não coincide, necessariamente, com seu valor contábil de aquisição. Para fins de formação de preços dos produtos que utilizam essas matérias-primas é recomendável que seus custos sejam reavaliados pelo custo de reposição, levando a decisões mais acertadas sobre a produção.

Por fim, a reavaliação de infra-estruturas subutilizadas deve considerar seus custos como investimentos afundados, ou seja, custos já incorridos cuja recuperação independe de eventos futuros. Nesse caso, o custo de oportunidade de investimentos afundados é nulo.

2.2.3 A estrutura de custos e sua evolução no tempo

Para conduzir uma análise de custos é importante determinar o comportamento dos custos em função da quantidade produzida (Q), ou seja, a função custos.

Da mesma forma que na função produção, o período de tempo considerado como curto-prazo corresponde ao período durante o qual ao menos um dos custos se mantenha fixo, enquanto o período de tempo considerado como longo-prazo corresponde ao período durante o qual todos os custos podem ser considerados variáveis.

A soma de todos os custos fixos (FC) e variáveis (VC) para um determinado período é a função custo total (TC) dada por

$$TC = FC + VC. \quad (2.11)$$

Os valores de custo fixo médio (AFC), custo variável médio (AVC) e custo total médio (ATC) são dados pelas equações

$$AFC = \frac{FC}{Q}, \quad AVC = \frac{VC}{Q} \text{ e } ATC = \frac{TC}{Q}. \quad (2.12)$$

Substituindo as equações (2.12) em (2.11), chega-se a

$$ATC = AFC + AVC. \quad (2.13)$$

¹⁸ Sigla na língua inglesa para *Financial Capital Maintenance*.

¹⁹ Sigla na língua inglesa para *Operating Capital Maintenance*.

Utilizando o conceito de custo marginal, da equação (2.7), e redefinindo-o em função da quantidade produzida, o custo marginal torna-se o *aumento incremental no custo total* (ΔTC)²⁰ decorrente do acréscimo de uma unidade de saída produzida, ou seja,

$$MC = \frac{\Delta TC}{\Delta Q}. \quad (2.14)$$

Substituindo a equação (2.12) em (2.14), tem-se

$$MC = \frac{\Delta TC}{\Delta Q} = \frac{\Delta FC}{\Delta Q} + \frac{\Delta VC}{\Delta Q}. \quad (2.15)$$

Como $\frac{\Delta FC}{\Delta Q} = 0$, então a equação (2.15) reduz-se a

$$MC = \frac{\Delta VC}{\Delta Q}, \quad (2.16)$$

ou para funções custo total contínuas e diferenciáveis,

$$MC = \frac{\partial TC}{\partial Q} = \frac{\partial VC}{\partial Q}. \quad (2.17)$$

Assim, considere uma função produção de *Cobb-Douglas* cujas funções produto médio (*AP*) e produto marginal (*MP*) são mostradas na Figura 2.2. A função custo total associada é obtida a partir das funções custos fixo (*FC*) e variável (*VC*), conforme a Figura 2.3.

²⁰ ΔTC é também conhecido como *custo incremental* associado a um acréscimo discreto de volume de saída, ou seja, o custo marginal é um caso particular de custo incremental para o qual a variação na quantidade de produzida é unitária.

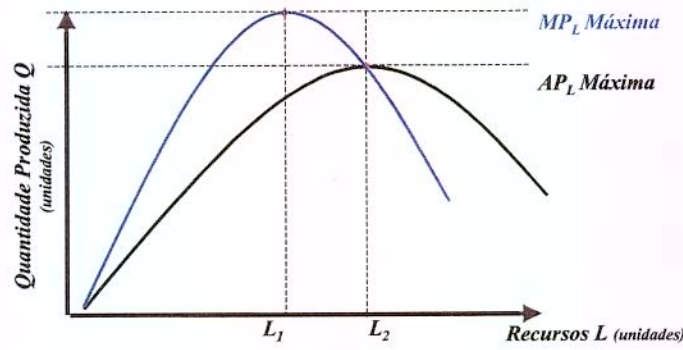


Figura 2.2 – Função Produto Médio e Marginal em função do recurso variável L

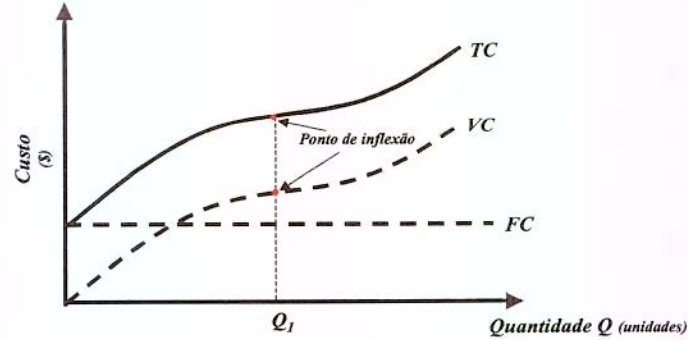


Figura 2.3 – Função Custo Total

Os custos fixos e variáveis dependem das quantidades de recursos K e L , respectivamente, cujos custos unitários C_L e C_K são constantes, independentemente da quantidade produzida.

Para o período analisado, o custo fixo é considerado constante, enquanto o custo variável apresenta uma não-linearidade segundo a qual o custo variável aumenta, inicialmente, com taxa decrescente até o ponto de inflexão, correspondente ao volume de produção Q_I . A partir desse ponto o custo variável aumenta com taxa crescente.

Esse efeito se deve ao fato de que, como o custo unitário do recurso L (C_L) é constante, todo e qualquer aumento na função produto marginal (MP) implica, necessariamente, em declínio da função custo marginal (MC), e vice-versa.

A relação inversamente proporcional entre MC e MP é facilmente demonstrada algebricamente, a partir da equação (2.16) e lembrando que

$$\Delta VC = C_L \cdot \Delta L, \quad (2.18)$$

Tem-se então que

$$MC = C_L \cdot \frac{\Delta L}{\Delta Q}. \quad (2.19)$$

Substituindo a expressão (2.2) em (2.19), chega-se a

$$MC = \frac{C_L}{MP_L}. \quad (2.20)$$

A função custo marginal é mostrada na Figura 2.4, juntamente com as curvas do custo fixo médio (AFC) e do custo variável médio (AVC), cuja soma resulta no custo total médio (ATC).

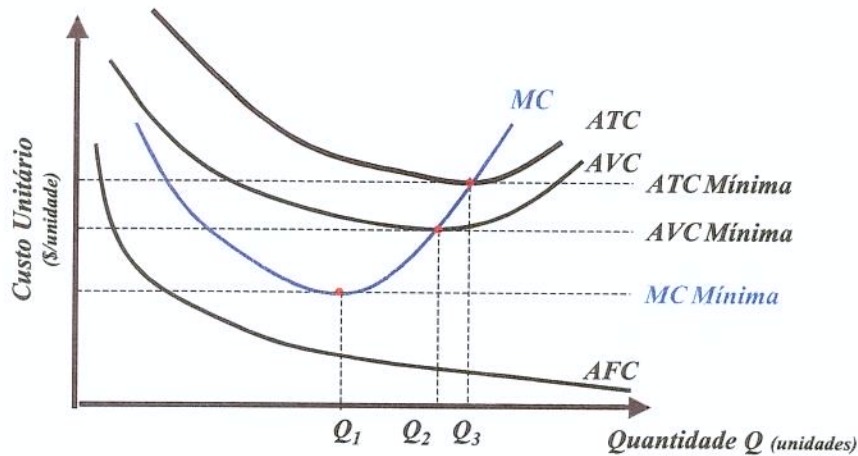


Figura 2.4 – Funções AFC , AVC , AVT e MC

A relação da equação (2.20) representa dizer que a ocorrência de um máximo na função produto marginal (MP) equivale a um mínimo na função custo marginal (MC) fazendo com que o volume de produção Q_1 coincida com a quantidade de recursos variáveis L_1 .

Da mesma forma, a função custo variável médio (AVC) apresenta declínio para volumes de produção até a quantidade Q_2 , acima da qual o custo variável médio (AVC) aumenta. Esse efeito se deve ao fato de que, como o custo unitário do recurso L (C_L) é constante, todo e qualquer aumento na função produto médio (AP) implica, necessariamente, em declínio da função custo variável médio (AVC), e vice-versa.

A relação inversamente proporcional entre AVC e AP é facilmente demonstrada algebricamente, a partir da comparação da equação (2.9) com a equação (2.11), pela qual

$$VC = C_L \cdot L, \quad (2.21)$$

que, substituindo-a na equação (2.12) obtém-se

$$AVC = C_L \cdot \frac{L}{Q}. \quad (2.22)$$

Por fim, substituindo (2.3) em (2.22) obtém-se

$$AVC = \frac{C_L}{AP_L}. \quad (2.23)$$

Outro efeito observado na Figura 2.4 é que o custo marginal (MC) se iguala ao custo variável médio (AVC), para volume produzido igual à quantidade Q_2 . Isso se deve ao fato de que em Q_2 a curva da função produto marginal (MP) cruza a curva da função produto médio (AP), conforme Figura 2.2. Ou seja, para uma mesma quantidade de recurso variável empregado (L_2), o volume produzido por recurso variável se iguala à variação do volume produzido.

Observa-se também que a presença de custo fixo médio (AFC) possibilita um custo total médio (ATC) mínimo para um volume de produção Q_3 , tal que $Q_1 < Q_2 < Q_3$.

As funções custo marginal (MC), custo variável médio (AVC) e custo total médio (ATC) apresentam um formato em U , conforme prevê a teoria econômica da produção descrita por McGuigan (2005). Esse comportamento representa a possibilidade de obtenção de ganhos proporcionais ao volume produzido, em decorrência do uso intensivo de recursos variáveis combinado com o uso de recursos fixos. Porém, tal possibilidade não se verifica para toda a extensão de quantidade de recursos variáveis empregados.

Esse efeito é explicado pela especialização²¹ no uso desses recursos, proporcionando aumento da produtividade por recurso L empregado e diminuição do custo marginal para volumes crescentes e menores do que Q_1 , e que é anulado à medida que surgem “gargalos” que diminuem a produtividade, aumentando o custo marginal (MC) e, posteriormente, os custos médios (AVC e ATC).

Normalmente, esses “gargalos” são decorrentes das limitações impostas pelos recursos fixos, representados pelo fator K , que devem ser otimizados para um determinado volume de produção. A partir dessa otimização, as variações dos recursos variáveis são consideradas como sendo de curto-prazo, período de tempo no qual os recursos fixos são mantidos constantes. Eventualmente, a produção pode enfrentar demandas por volumes de produção maiores do que o volume otimizado Q_1 , cujo custo unitário é denotado por C_1 .

Conforme a Figura 2.5, se o volume produzido passa a ser Q_2 no curto-prazo, o custo unitário resultante C_2 é maior do que C_1 , na função produção representada por seu custo médio de curto-prazo SAC_1 (*Short run Average Cost*).

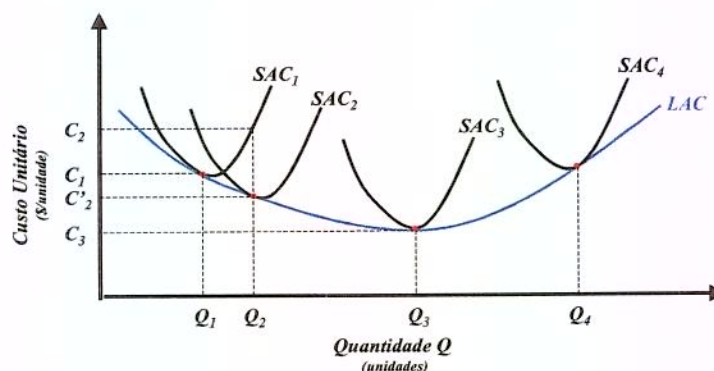


Figura 2.5 – Curto-prazo vs. Longo-prazo

Caso tal demanda de curto prazo persista, investimentos adicionais em recursos fixos são necessários para otimizar a nova função produção, representada por seu custo médio de curto-prazo SAC_2 , cujo custo unitário C'_2 é menor do que C_2 .

Em teoria, existe uma combinação ótima de recursos, fixos e variáveis, e um custo total médio mínimo para cada nível de demanda por volume de produção (SAC_1 , SAC_2 , SAC_3 , SAC_4 etc.). A existência de todas essas funções produção de curto-prazo define uma curva de função produção de longo-prazo, representada por seu custo médio de longo-prazo LAC (*Long run Average Cost*), que tangencia todas as curvas de curto-prazo (curva-envelope).

Conforme destacado por McGuigan (2005), a curva LAC é formada pelos pontos mais externos de cada curva SAC , que não coincidem com os custos totais médios mínimos de cada curva SAC , exceto no volume de produção de custo total médio de longo-prazo mínimo (Q_3) que coincide com o custo total médio de curto-prazo mínimo da curva SAC_3 .

²¹ Como exemplo, pode-se citar a quebra das tarefas associadas a um processo produtivo em tarefas menores, nas quais os funcionários podem ser alocados para aquelas que se mostrem mais capacitados.

Isso ocorre porque a cada otimização obtida no curto-prazo SAC_n é possível obter, no longo-prazo, uma alocação mais eficiente dos recursos utilizados. Somente quando a combinação ótima (universal) de recursos fixos e variáveis é obtida, a possibilidade de otimização cessa, representada na Figura 2.5 por SAC_3 .

Análogo ao que ocorre nas funções produção no curto-prazo, os custos totais médios de longo-prazo podem apresentar diminuição ou aumento à medida que o volume de produção aumenta, indicando economias de escala (*scale economies*) ou deseconomias de escala (*scale diseconomies*), respectivamente.

2.2.4 Economias de escala e de escopo

As economias de escala podem ocorrer em diferentes níveis dentro de um processo produtivo. Entre elas, as chamadas economias internas de escala são de grande relevância, pelo fato de dependerem diretamente da taxa de produção, para um determinado período. Ao contrário do que ocorre com as economias ditas externas, que surgem apenas com o aumento acumulativo do volume de produção, as economias internas podem resultar em ganhos imediatos e expressivos na produtividade.

Exemplos de economias externas, que independem da taxa de produção são: descontos por volume (obtidas na aquisição de recursos) e a curva de aprendizado (na manufatura de produtos).

As economias de escala internas podem se manifestar em três diferentes níveis:

- Economias de escala no nível de produto: tais economias surgem com o aumento da taxa de produção de um único produto como, por exemplo, a substituição de equipamentos de uso geral por equipamentos mais eficientes de uso específico, que se justificam pela maior taxa de ocupação (menor ociosidade) devido ao aumento da taxa de produção;
- Economias de escala no nível de planta: tais economias surgem com o aumento de capacidade de produção de uma planta, visto que, muitos dos gastos comuns são rateados por um volume maior de produção como, por exemplo, as despesas administrativas;
- Economias de escala no nível de firma: tais economias surgem com o porte da própria empresa que, necessariamente, é uma empresa de múltiplos produtos e com múltiplas plantas. Nesse caso, a empresa pode se beneficiar de economias de escala como, por exemplo, em relação a custos de distribuição em uma situação com várias plantas distribuídas geograficamente, minimizando as distâncias envolvidas.

Adicionalmente, em situações com múltiplos produtos é possível observar economias de escopo nos níveis de planta ou de firma. As economias de escopo surgem quando o custo de se produzir mais de um produto, em uma única planta ou firma, é menor do que produzir esses produtos separadamente em diferentes plantas ou firmas.

De acordo com a metodologia descrita no projeto P901, em EURESCOM (2000), a análise matemática das economias de escala pode se basear na análise da primeira derivada da função custo variável médio da produção (AVC), obtida a partir da equação (2.12) e expressa por

$$\frac{\partial AVC}{\partial Q} = \frac{\partial}{\partial Q} \left[\frac{VC}{Q} \right]. \quad (2.24)$$

À medida que o custo total é uma função crescente com a quantidade produzida ocorre que

$$Q_2 > Q_1 \Rightarrow TC_2 > TC_1. \quad (2.25)$$

Utilizando as equações (2.12) e (2.13), obtém-se

$$\begin{aligned} \frac{\partial AVC}{\partial Q} &= \frac{\partial}{\partial Q} \left[\frac{TC}{Q} \right] - \frac{\partial}{\partial Q} \left[\frac{FC}{Q} \right], \\ \frac{\partial AVC}{\partial Q} &= \left\{ \frac{\partial TC}{\partial Q} \cdot \frac{1}{Q} + \frac{\partial}{\partial Q} \left[\frac{1}{Q} \right] \cdot TC \right\} - \left\{ \frac{\partial FC}{\partial Q} \cdot \frac{1}{Q} + \frac{\partial}{\partial Q} \left[\frac{1}{Q} \right] \cdot FC \right\}, \\ \frac{\partial AVC}{\partial Q} &= \left\{ \frac{\partial TC}{\partial Q} \cdot \frac{1}{Q} - \left(\frac{1}{Q} \right) \cdot \left(\frac{1}{Q} \right) \cdot TC \right\} - \left\{ \frac{\partial FC}{\partial Q} \cdot \frac{1}{Q} - \left(\frac{1}{Q} \right) \cdot \left(\frac{1}{Q} \right) \cdot FC \right\}, \\ \frac{\partial AVC}{\partial Q} &= \left\{ \frac{\partial TC}{\partial Q} - \frac{\partial FC}{\partial Q} \right\} \cdot \frac{1}{Q} - \left\{ \left(\frac{1}{Q} \right) \cdot TC - \left(\frac{1}{Q} \right) \cdot FC \right\} \cdot \frac{1}{Q}. \end{aligned} \quad (2.26)$$

Como

$$\frac{\partial FC}{\partial Q} = 0, \quad (2.27)$$

então, tem-se que

$$\frac{\partial AVC}{\partial Q} = \frac{1}{Q} \cdot \left\{ \frac{\partial TC}{\partial Q} - AVC \right\}. \quad (2.28)$$

Para pequenas variações de Q , a equação (2.28) pode ser substituída por

$$\frac{D[AVC]}{\Delta Q} = \frac{1}{Q} \cdot \left\{ \frac{D[TC]}{\Delta Q} - AVC \right\}, \quad (2.29)$$

onde $\Delta Q = Q_2 - Q_1$ e $D[AVC] = (AVC_2 - AVC_1)$ e, portanto

$$D[AVC] = \frac{1}{Q} \cdot \{ D[TC] - AVC \cdot \Delta Q \}. \quad (2.30)$$

Assim, é possível identificar a existência de economias de escala a partir de três condições.

$$\text{Se } \{ D[TC] - AVC \cdot \Delta Q \} = 0, \quad (2.31)$$

existe uma dependência linear entre o custo total e a quantidade produzida. Portanto, o custo unitário se mantém constante para qualquer volume produzido, não existindo economias de escala.

$$\text{Se } \{ D[TC] - AVC \cdot \Delta Q \} < 0, \quad (2.32)$$

o custo total aumenta à medida que a quantidade produzida aumenta, porém a uma taxa menor de AVC . Portanto, o custo unitário diminui à medida que o volume produzido aumenta, indicando a presença de economias de escala.

$$\text{Se } \{D[TC] - AVC \cdot \Delta Q\} > 0, \quad (2.33)$$

o custo total aumenta à medida que a quantidade produzida aumenta, porém a uma taxa maior de AVC e, portanto, o custo unitário aumenta à medida que o volume produzido aumenta, indicando a presença de deseconomias de escala.

A análise gráfica da relação *Custo-Quantidade Produzida* facilita a identificação de economias de escala a partir das mudanças de inclinação das curvas, à medida que a quantidade produzida aumenta, conforme Figura 2.6.

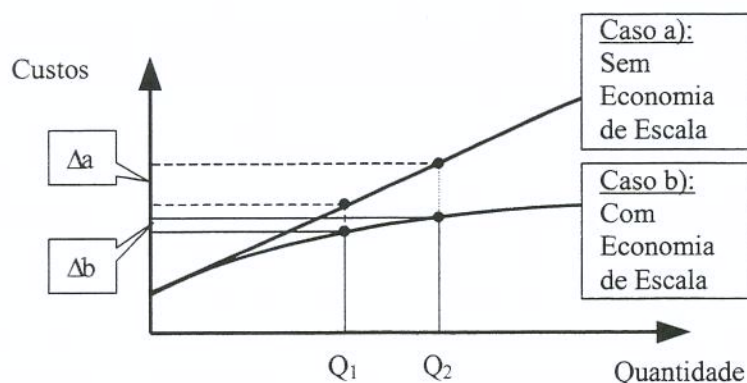


Figura 2.6 – Economias de escala e escopo

O caso a) representa uma situação sem a presença de economias de escala e o caso b) apresenta tais economias. A interseção das curvas com o eixo das ordenadas representa os custos fixos, enquanto a inclinação da curva representa a presença de economias de escala e de escopo. Como visto anteriormente, economias de escala ocorrem se o custo médio diminui à medida que a quantidade de um mesmo produto (ou serviço) aumenta e economias de escopo ocorrem se existe custo fixo comum entre dois tipos de produto (ou serviço).

Enquanto as economias de escala são obtidas somente para grandes volumes produzidos, as economias de escopo são obtidas por meio de mecanismos diferentes. Nesse caso, as otimizações são obtidas pelo uso organizado de recursos compartilhados, que devem ser remunerados por mais de um serviço ou produto, reduzindo a contribuição exigida de cada um deles.

As economias de escala e de escopo são intrínsecas das cadeias de produção, constituindo uma vantagem competitiva das empresas capazes de explorá-las.

2.3 As diferentes técnicas de análise

De maneira geral, as técnicas para análise de custos se dividem em técnicas baseadas em abordagens contábeis (ou financeiras), econométricas (ou estatísticas) e de engenharia (ou *proxies*).

A abordagem contábil refere-se à atividade gerencial de uma empresa voltada para a gestão estratégica dos custos e pode diferir da contabilidade oficial da empresa ao adotar princípios econômicos para custos como, por exemplo, custo de oportunidade, custo de capital empregado e custos afundados.

Essa técnica é muito utilizada pelas empresas para analisar suas estruturas de custo, por meio de parâmetros como, por exemplo, Grau de Alavancagem Operacional e Margem de Contribuição dos diferentes produtos e serviços produzidos.

Por sua vez, os métodos econométricos permitem comparar níveis de eficiência entre empresas competidoras (*Comparative Efficiency Analysis*), conforme descrito por Sarafidis (2002). Muito utilizados no Reino Unido no reajuste de tarifas, eles permitem “imitar” a competição, de forma a refletir os custos que uma empresa eficiente pode obter. Por exemplo:

- *Ofwat*²² e *Ofgem*²³ os utilizam para controlar as tarifas de distribuição de água e de eletricidade, respectivamente; e,
- *Ofcom*²⁴ (ex-*Oftel*) os utiliza para examinar a eficiência da *British Telecom* (BT) em comparação às empresas locais no mercado americano para ajustar o *fator x*, presente na estrutura tarifária de telefonia (RPI-X);

Outra forma de se analisar custos é por meio da aplicação de modelos de engenharia, que empregam fatores de produção e de tecnologia para determinar a melhor combinação de recursos (força de trabalho, equipamentos e matéria-prima) para a obtenção de índices maiores de produtividade.

Conceitualmente, *Proxy* é um modelo de custos que descreve – de forma relativamente detalhada – os processos industriais de uma empresa representativa. Em comparação aos métodos contábeis e econométricos, segundo Benitez (2000), os modelos de engenharia apresentam várias vantagens na identificação de efeitos da estrutura de custos como, por exemplo, economias de escala.

Em setores como o de telecomunicações – no qual o emprego de capital é intenso e se dá na forma de diferentes tipos de tecnologias (e de equipamentos) para inúmeros serviços – é muito difícil obter uma adequada estimativa dos custos envolvidos sem lançar mão desses modelos de custos. Segundo Benitez (2000), eles permitem uma visão detalhada das estruturas de custos das empresas que são representadas pela proporção entre investimentos em bens de capital (*CAPEX*)²⁵ e custos operacionais (*OPEX*)²⁶.

Além disso, esses modelos permitem manter alguns fatores constantes como, por exemplo, preços, *mix* de produtos/serviços e eficiência de produção e isolar os efeitos decorrentes da variação desses fatores nos custos. Também eliminam algumas dificuldades que se apresentam no uso de métodos contábeis como, por exemplo, aplicação de técnicas de depreciação diferenciada (aos ativos) e alocação de custos indiretos (aos produtos).

Por outro lado, algumas desvantagens são decorrentes da excessiva parametrização como, por exemplo, o fato de tratarem somente os aspectos técnicos da produção, deixando de lado aspectos como, por exemplo, os custos de *marketing* e administrativos. Entretanto, essas desvantagens podem ser corrigidas a partir da adoção de modelos que incorporem metodologia *Activity Based Costing* (ABC), conforme discutido no Capítulo 3.

²² Órgão regulador do Reino Unido para o setor de abastecimento de água.

²³ Órgão regulador do Reino Unido para o setor de distribuição de energia elétrica e gás.

²⁴ Órgão regulador do Reino Unido para o setor de telecomunicações e radiodifusão.

²⁵ Sigla do inglês *Capital Expenditure*.

²⁶ Sigla do inglês *Operating Expenditure*.

Capítulo 3

Análise de custos em telecomunicações

Como qualquer outra empresa, as operadoras de telecomunicações têm a necessidade de compreender como seus custos se comportam à medida que o volume de produção se altera. Porém, como toda empresa do setor de infra-estrutura, apresentam um elevado custo fixo representado pelos ativos, o que exige um alto nível de compartilhamento para explorar as economias de escala e escopo possibilitadas pela estrutura produtiva. Esse fato torna a compreensão de sua estrutura de custos bastante complexa, bem como a forma como os custos se comportam com a quantidade de serviços produzida.

3.1 Características das telecomunicações

Para facilitar o entendimento da análise de custos em telecomunicações, esta seção é dedicada à introdução de alguns conceitos básicos sobre o funcionamento das redes de telecomunicações e suas características.

3.1.1 Descrição da rede

Ao contrário de outros setores provedores de infra-estrutura como, por exemplo, água, gás e energia, nas telecomunicações existem inúmeras fontes geradoras visto que o tráfego pode ser originado de qualquer extremidade da rede.

Para a realização de uma chamada telefônica, uma série de recursos é providenciada e mantida durante o tempo de duração da mesma. A depender da origem e destino da chamada, os recursos encontram-se distribuídos geograficamente, em uma rede hierarquizada, conforme Figura 3.1.

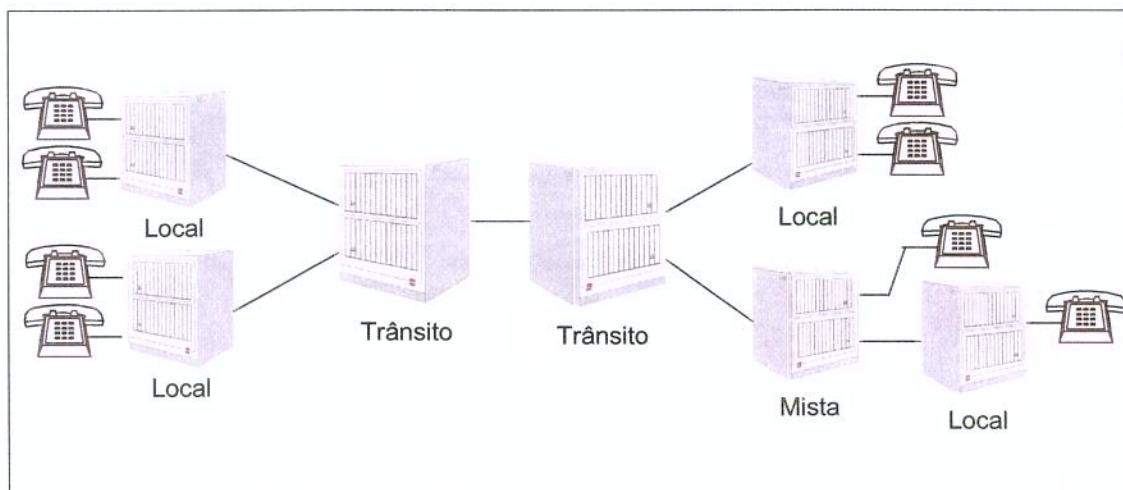


Figura 3.1 – Hierarquia na rede de telefonia

Uma central telefônica pode ser classificada como local, que é aquela à qual se conectam os usuários, trânsito (ou *Tandem*), que interliga as centrais locais, e mista, que possui usuários e também interliga outras centrais.

Se os dois usuários envolvidos na chamada se conectam a uma mesma central local, a ligação é completada internamente sem exigir o emprego de outros recursos de rede. Do contrário, a ligação é encaminhada de uma central local para outra através de centrais superiores, dependendo se o ponto de destino se encontra na mesma área local²⁷, município, estado ou país.

Grosso modo, a infra-estrutura de rede pode ser dividida em Rede de Acesso e Rede de Transporte, sendo a primeira composta pelos segmentos de rede externa²⁸ que conectam os usuários ao centro de fios, onde se localizam as centrais locais, e a segunda composta por todas as centrais e enlaces de transmissão que as interligam.

Conforme ilustrado na Figura 3.2, a Rede de Acesso ainda subdivide-se em:

- Rede primária (ou alimentadora): Segmento que interliga a central local ao primeiro ponto de distribuição, cuja área de abrangência é denominada de seção de serviço. Normalmente, esse ponto representa um armário de distribuição passivo, do ponto de vista de energização, ou um elemento de rede ativo, com a presença de equipamentos.
- Rede secundária (ou distribuidora): Segmento que interliga a rede primária ao último ponto de distribuição. Normalmente, esse ponto representa uma caixa de emendas próxima à localização do usuário final.
- Rede *drop*: Segmento que interliga o último ponto de distribuição às instalações internas do usuário final, de forma individual para o caso residencial ou com cabos múltiplos para o caso predial.

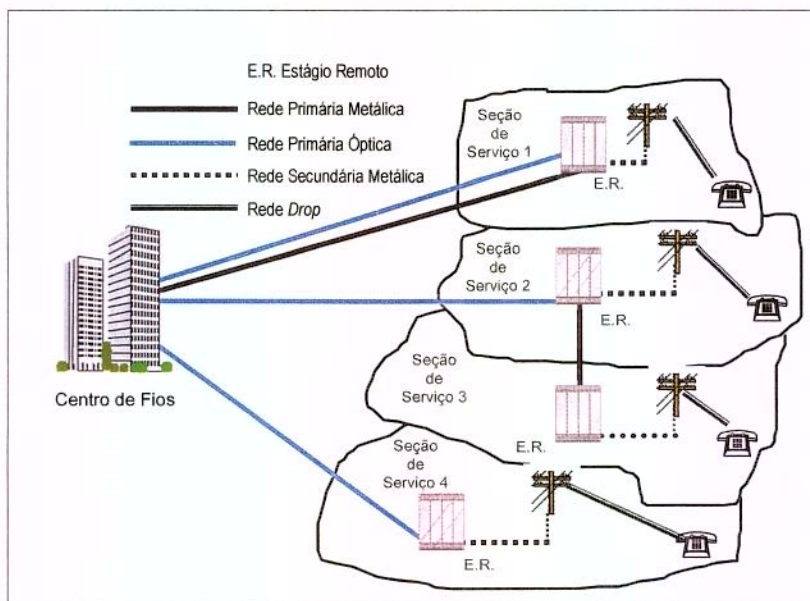


Figura 3.2 – Subdivisão da Rede de Acesso

No caso de rede primária com elementos de rede ativos, conforme a Figura 3.3, esses podem ser:

²⁷ Área local pode assumir diversos significados em telefonia. Porém, para fins de simplificação, neste estudo representa a área geográfica na qual se presta o serviço de telefonia local, e que envolve somente o uso das centrais locais.

²⁸ Esses segmentos de rede também são denominados como *Local Loop* ou *Last Mile* (última milha).

- Unidade Distante (UD): Para até 256 assinantes e até 1 enlace PCM²⁹;
- Estágio de Linha Remoto (ELR): Para até 2.000 assinantes e vários enlaces PCM;
- Estágio Remoto de Comutação (ERC): De 2.000 a 10.000 assinantes e vários enlaces PCM
- Central Local Mãe (Host): De 10.000 a 100.000 assinantes e vários enlaces PCM.

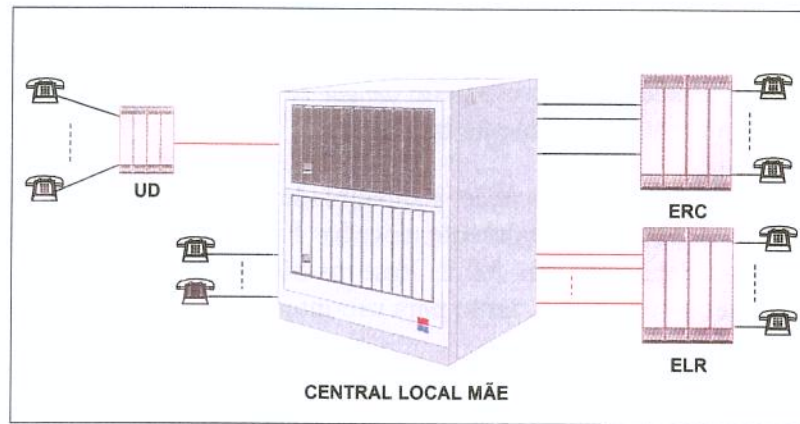


Figura 3.3 – Elementos de comutação

3.1.2 Planejamento e dimensionamento da rede

A todo esse sistema – independentemente de pertencer a uma única prestadora ou a várias – dá-se o nome de Rede Telefônica Pública Comutada (RTPC), à qual se conectam diversos tipos de aparelhos como, por exemplo: Centrais Privadas de Comutação Telefônica (CPCT), automáticas (PABX) ou não (PBX), com suas respectivas subredes, telefones convencionais, secretárias eletrônicas, aparelhos de fax, computadores etc.

Os serviços oferecidos são diversificados – variam com a duração da chamada, o tipo de cliente, a distância percorrida pela ligação dentro da rede etc. – e, ao contrário do que ocorre em serviços de distribuição de água, gás e energia, a fruição do serviço de telefonia é, em geral, impossibilitada³⁰ pela ocorrência de congestionamentos. Isso quer dizer que, ao enfrentar um congestionamento as chamadas não são completadas, o que exige a criação de contingências como, por exemplo, rotas alternativas.

A necessidade de criação de rotas alternativas deve levar em conta o comportamento estocástico dos serviços de telecomunicações, com variações significativas da demanda a depender da hora do dia, do dia da semana ou da época do ano. Isso faz com que o dimensionamento da rede se baseie nos picos de demanda e surjam economias de escala, proporcionadas pelas capacidades excedentes e pelo fato de que o número de roteamentos possíveis, para cada chamada, aumenta em proporção maior ao número de troncos instalados em cada enlace.

Além disso, a possibilidade de realizar todos os tipos de chamada (local, nacional e internacional) a partir do mesmo terminal garante economias de escopo importantes.

²⁹O enlace de transmissão utiliza modulação PCM (*Pulse Code Modulation*) e permite o transporte físico de informação por meio de cabos metálicos ou ópticos ou via rádio.

³⁰ Na RTPC, alguns serviços permitem a fruição da comunicação em momento posterior à transmissão, tornando-o menos suscetível aos congestionamentos como, por exemplo, o *fac-símile*.

Ao mesmo tempo, o comportamento estocástico da demanda exige que sejam adotados esquemas de preços diferenciados sujeitos às restrições de capacidade, com modulação horária que impõe valores de horário de pico (*peak-load*) e fora de pico (*off-peak-load*). Isso exige uma análise detalhada sobre os custos incorridos na prestação dos vários serviços de forma a permitir uma gestão eficiente sobre a estrutura de preços (tarifas) dos mesmos.

3.2 A gestão estratégica de custos

Ao buscar um melhor entendimento sobre a situação real de seus custos, a partir dos investimentos feitos no passado e ainda não recuperados, a empresa pode basear-se em seus custos históricos, que incluem os operacionais e as despesas indiretas efetivamente incorridas.

Após a separação desses custos e sua alocação à quantidade total de produtos/serviços produzidos, a empresa identifica seus custos históricos totalmente alocados FAC (*Fully-Allocated Cost*) ou FDC (*Fully-Distributed Cost*), conforme detalhado em 3.2.1. Esse padrão para alocação de custos é largamente adotado por empresas de telecomunicações, tanto para uso interno gerencial como para uso externo, junto a órgãos de controle e de regulação.

Por outro lado, ao analisar as oportunidades relativas a novos investimentos voltados, por exemplo, para a introdução de um novo serviço, a empresa deve considerar somente os custos adicionais relativos a esse novo investimento, admitindo que parte da capacidade existente para produção é compartilhada, não refletindo em custos adicionais.

Segundo Benitez (2002), em mercados dinâmicos e competitivos como o setor de telecomunicações, as empresas devem basear suas decisões a partir da relação entre os preços dos serviços e seus custos econômicos prospectivos de longo-prazo FL-LR (*Forward-Looking Long-Run*)³¹. Esses custos garantem que a empresa recupere todos seus custos (eficientes), inclusive investimentos representados pelos custos fixos, necessários para o provimento dos serviços e que não variam no curto-prazo.

A rigor, se os preços praticados pelas empresas superam seus custos econômicos FL-LR, novas empresas são atraídas por esse mercado e sua entrada se daria de forma eficiente. Do contrário, nenhuma nova empresa é atraída por esse mercado e as existentes podem decidir por abandoná-lo.

Tais comportamentos voluntários das empresas, nos mercados que se mostram competitivos, conduzem a uma alocação eficiente dos recursos, permitindo ajustar os preços das quantidades adicionais produzidas aos seus custos incrementais.

Conforme detalhado no Capítulo 2, a alocação eficiente se verifica quando ocorre uma especialização no uso dos recursos variáveis, em combinação com os recursos fixos utilizados. Essa alocação proporciona um aumento da produtividade por recurso empregado e uma diminuição do custo incremental (ou marginal) à medida que o volume produzido aumenta, até um certo limite.

Além disso, os custos incrementais podem ser separados e alocados em bases atualizadas ou em bases prospectivas de longo prazo, dependendo do horizonte de tempo adotado para a análise.

³¹ A perspectiva *forward-looking* (prospectiva em uma tradução livre do inglês), permite estimar custos de rede e de serviços, sem a necessidade de exigir das empresas envolvidas estudos detalhados dos custos incorridos em suas operações. Essa abordagem também permite aos órgãos reguladores compensarem a assimetria de informação a qual se encontram sujeitos, ao controlar as empresas.

Ao contrário dos custos em bases históricas, que são custos contábeis, os custos em bases atualizadas e prospectivas são custos econômicos que indicam a forma mais eficiente de se realizar a atividade produtiva. Esses custos estão relacionados com a forma de utilização dos recursos da empresa no presente e no futuro, respectivamente. Após a apuração desses custos, e sua comparação com as receitas estimadas, a empresa é capaz de determinar sua sensibilidade ao aumento de produção e tomar decisões de mercado.

Por sua vez, o marco regulatório pode estabelecer que a operadora forneça determinados serviços a terceiros sob rigoroso controle de preços (tarifas), baseado em seus custos. Essa imposição se mostra necessária quando a competição não se encontra instalada, pois em mercados em que a concorrência existe, os níveis de custos (nos quais as empresas se mantêm competitivas) são facilmente revelados.

3.2.1 A estrutura de custos de uma empresa operadora

Como em qualquer setor produtivo sujeito à competição, as empresas de telecomunicações devem praticar uma estrutura de preços que seja economicamente eficiente, o que equivale dizer que devem obter uma estrutura de preços que seja aderente à estrutura de custos decorrentes dos serviços prestados.

Idealmente, a estrutura de preços acaba por incorporar aspectos intrínsecos à estrutura de custos como, por exemplo, em suas características de custos fixos e variáveis. Isso resulta em estruturas, formadas por componentes distintas e relacionadas a diferentes fontes geradoras de custos, com valores fixos (recorrentes ou não) e variáveis (dependentes do consumo ou das funcionalidades incorporadas).

Conforme terminologia descrita no projeto P901 EURESCOM (1999), o setor de telecomunicações se distingue da teoria geral de custos, de acordo com a Tabela 3.1.

Categoria dos Custos		Descrição
<i>Diretos</i>		São aqueles que podem ser diretamente relacionados a um produto ou serviço como, por exemplo, Telefone de Uso Público etc.
<i>Indiretos</i>	<i>Compartilhados</i>	Podem ter natureza fixa ou variável, e são compartilhados por uma parte das atividades. Por isso, podem ser evitados se as atividades que os compartilham são interrompidas. Exemplos de custos compartilhados: Plataforma de Rede Inteligente capaz de prover uma variedade de serviços, sendo que, se apenas um desses é interrompido os custos da plataforma não são evitados.
	<i>Comuns</i>	Também denominados de <i>overhead</i> , têm natureza fixa e são compartilhados por todas as atividades da empresa. Por isso, são evitados somente se todas as atividades da empresa são interrompidas. Exemplos de custos comuns fixos são representados pelas funções corporativas como: contabilidade, finanças, recursos humanos, assessoria jurídica, etc.
<i>Fixos</i>	<i>Insensíveis a Volume (tráfego ou acessos)</i>	São custos fixos que não dependem do nível de atividades que os geram. Por exemplo, o custo relativo ao direito de uso de um determinado software (licença). Nesse caso, o custo, embora necessário, não aumenta à medida que o tráfego aumenta. Somente é evitado ao se eliminar a necessidade do software, ou seja, interrompendo a atividade que depende do mesmo.
<i>Variáveis</i>	<i>Sensíveis a Volume (tráfego)</i>	São custos variáveis que dependem do nível de atividades que os geram. Por exemplo, o custo total de comutação em uma rede telefônica depende do tráfego gerado na rede. À medida que o tráfego aumenta, é necessário ampliar a capacidade de comutação. Normalmente, os custos sensíveis a volume são diretamente atribuíveis a uma determinada atividade.
	<i>Sensíveis a Volume (acessos)</i>	Um caso particular é representado pelos custos decorrentes da quantidade de acessos como, por exemplo, custos de placas de assinantes, que podem ser tratados ora como fixos ora como variáveis. Normalmente, são considerados como custos variáveis em análises de investimento em infra-estrutura como, por exemplo, expansão geográfica das redes. Porém, podem ser tratados como custos fixos em análises que envolvem a introdução de um novo serviço complementar como, por exemplo, serviços de Rede Inteligente.

Tabela 3.1 – Categorias de custos em telecomunicações

Por sua vez, Casier (2006) descreve as principais componentes da estrutura de custos das empresas de telecomunicações, em termos de *CAPEX* e *OPEX* conforme Figura 3.4 e Figura 3.5.

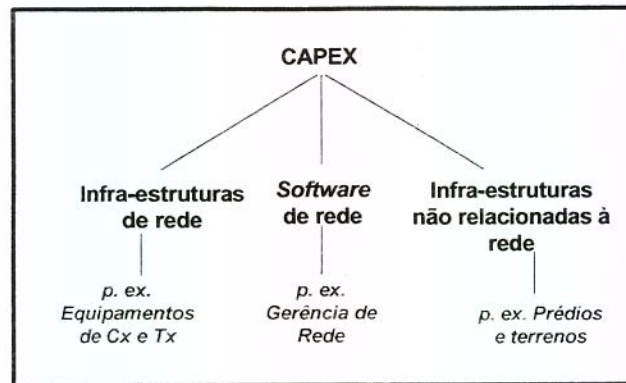


Figura 3.4 – *CAPEX* de uma empresa de telecomunicações



Figura 3.5 – *OPEX* de uma empresa de telecomunicações

Entretanto, os processos de classificação/separação e alocação de custos são complexos e dependem de fatores como: horizonte de tempo sob análise, grau de dependência da quantidade produzida etc. Por exemplo, ao se analisar uma expansão da rede telefônica no curto prazo, a empresa deve investir em equipamentos de rede e em contratação de pessoal. Nesse caso, recursos distintos como custos de placas de assinante de uma central de comutação e salários apresentam natureza variável, porém os primeiros são sensíveis a volume (acessos) enquanto os salários não.

Em seguida, no processo de alocação são identificados os serviços que compartilham os custos de placas de assinantes ou, no caso de haver um único serviço, tais custos tornam-se comuns a toda a empresa. Em relação aos salários, deve-se identificar quais se referem à remuneração de pessoal ligado diretamente à produção do(s) serviço(s) – tornando-os diretos ou compartilhados – e quais se referem ao *staff* – tornando-os comuns a toda a empresa.

Outra distinção a ser feita diz respeito à finalidade da análise pois, a depender dessa, diferentes bases de custos podem ser utilizadas.

Os custos podem ser contabilizados tendo por referência seus valores históricos, atualizados ou prospectivos. No setor de telecomunicações, as diferentes bases de custos recebem a seguinte denominação:

- *Historical Cost Accounting* (HCA): Base de custos na qual os ativos e as despesas operacionais são contabilizados pelos valores da aquisição/contratação, levando em conta a depreciação.

- *Current Cost Accounting (CCA)*: Base de custos na qual os ativos são contabilizados pelos valores de reposição e as despesas operacionais sofrem revisão em função dos ganhos de produtividade. Nesse caso, utiliza-se a metodologia de MEA para a atualização dos ativos.
- *Forward Looking Cost (FLC)*: Mais do que uma base, trata-se de uma metodologia para apuração de custos na qual os ativos da empresa são avaliados segundo suas funcionalidades produtivas e adequação tecnológica. Por sua vez, selecionar a estrutura produtiva mais eficiente para uma empresa de telecomunicações pode representar a necessidade de se replanejar a rede, ou parte dela. Para isso, existem duas abordagens possíveis:
 - *Scorched Earth* (ou *Greenfield*): A rede é redesenhada totalmente tendo como perspectiva, somente, a eficiência máxima obtida com as tecnologias mais adequadas. Isso representa um grande impacto em termos de topologia adotada, quantidade de nós e plataformas tecnológicas.
 - *Scorched Node* (ou *Path Dependent*): A rede é redesenhada parcialmente, considerando-se o compromisso entre a eficiência obtida com as tecnologias mais adequadas e a topologia existente. Tal abordagem reconhece as restrições impostas pela posição original dos nós existentes, porém redimensiona os equipamentos como se não houvesse qualquer capacidade instalada.

Uma das maiores dificuldades encontradas na alocação de custos é a definição de critérios para a atribuição dos custos compartilhados e comuns, ou seja, encontrar os seus direcionadores (*cost drivers*). Esses direcionadores são os fatores que geram custos e podem ser definidos por meio da metodologia *Activity Based Costing (ABC)*.

A metodologia de alocação de custos ABC é um método cujo ponto de partida são os processos de negócios vistos como atividades e que, por sua vez, consomem recursos. Presta-se para atribuir custos a produtos ou serviços de forma causal e, segundo EURESCOM (2000), seus princípios têm norteado toda a modelagem de custos no setor de telecomunicações.

Inicialmente, os processos de negócios devem ser mapeados em todas as atividades da empresa e suas relações com os recursos devem expressar o consumo desses recursos por meio de direcionadores de custos adequados. Após esse mapeamento, os custos são obtidos por adição das parcelas de custos dos diferentes recursos utilizados, segundo seus direcionadores.

Entretanto, a alocação dos custos torna-se complexa à medida que o ambiente produtivo apresenta alto nível de sinergia entre as atividades e processos. Por exemplo, em telecomunicações nem sempre é possível alocar os custos nas atividades devido ao fato de que a rede é uma infra-estrutura contínua e que não pode ser atribuída diretamente a uma determinada atividade. Isso exige que sejam obtidos critérios, justos e razoáveis, para permitir a alocação dos custos compartilhados e comuns, baseados em direcionadores de custos objetivos.

Igualmente importante é a definição do padrão a ser utilizado no processo de alocação dos custos. Entre os principais encontram-se os descritos na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Padrões de alocação de custos

<div>FAC</div> <div>Fully Allocated Costs</div> <div>ou</div> <div>FDC</div> <div>Fully Distributed Costs</div>	Padrão de alocação pelo qual todos os custos incorridos na produção dos serviços são alocados a estes. Ou seja, são alocados todos os custos atribuídos direta e indiretamente aos serviços mais uma parte dos custos fixos, compartilhados e comuns.	<div>CUSTOS</div> <div>Variáveis Diretos</div> <div>Fixos Diretos</div> <div>Variáveis Compartilhados</div> <div>Fixos Compartilhados</div> <div>Comuns</div> <div>SERVIÇOS</div> <div>A</div> <div>B</div> <div>C</div> <div>D</div> <div>E</div>
<div>SAC</div> <div>Stand Alone Costs</div>	Padrão de alocação pelo qual todos os custos são alocados a um serviço como se fosse o único serviço prestado pela empresa. O custo SAC representa o maior custo que um serviço pode atingir, por isso é utilizado muitas vezes como referência de teto.	<div>CUSTOS</div> <div>Variáveis Diretos</div> <div>Fixos Diretos</div> <div>Variáveis Compartilhados</div> <div>Fixos Compartilhados</div> <div>Comuns</div> <div>SERVIÇOS</div> <div>A</div> <div>B</div> <div>C</div> <div>D</div> <div>E</div>
<div>EDC</div> <div>Embedded Direct Costs</div>	Padrão de alocação pelo qual todos os custos históricos atribuíveis diretamente (fixos e variáveis) são alocados aos serviços. O EDC não aloca custos residuais (compartilhados e comuns), o que exige a aplicação de <i>Mark Up</i> para a recuperação desses.	<div>CUSTOS</div> <div>Variáveis Diretos</div> <div>Fixos Diretos</div> <div>Variáveis Compartilhados</div> <div>Fixos Compartilhados</div> <div>Comuns</div> <div>SERVIÇOS</div> <div>A</div> <div>B</div> <div>C</div> <div>D</div> <div>E</div>
<div>MC</div> <div>Marginal Costs</div>	Padrão de alocação pelo qual se mede a variação no custo total decorrente da variação unitária na quantidade produzida, ou seja, somente custos diretos variáveis sensíveis a volume são considerados.	
<div>SRMC</div> <div>Short-Run Marginal Cost</div>	É a obtenção do MC para um horizonte de curto-prazo, durante o qual não é necessário expandir as capacidades existentes. É uma referência de custos que deve ser utilizada somente para decisões de curto-prazo como referência de piso.	<div>CUSTOS</div> <div>Variáveis Diretos</div> <div>Fixos Diretos</div> <div>Variáveis Compartilhados</div> <div>Fixos Compartilhados</div> <div>Comuns</div> <div>SERVIÇOS</div> <div>A</div> <div>B</div> <div>C</div> <div>D</div> <div>E</div>
<div>IC</div> <div>Incremental Costs</div>	Padrão de alocação pelo qual se mede a variação no custo total a partir do aumento ou diminuição de um montante substancial (incremento) de um determinado recurso utilizado. A diferença entre MC e IC é que o MC inclui somente os custos decorrentes da variação de uma unidade produzida e que são, fundamentalmente, custos diretos. No IC, são incluídos custos decorrentes de uma variação discreta no volume produzido, interferindo em custos indiretos sensíveis ao volume produzido.	
<div>LRIC</div> <div>Long Run Incremental Cost</div>	É a obtenção do IC para um horizonte de longo-prazo, durante o qual alguns recursos fixos tornam-se variáveis em função do fato de serem sensíveis a (grandes) volumes. Os custos indicados como variáveis compartilhados referem-se aos custos da capacidade instalada que, para uma análise de custo marginal de curto-prazo, são considerados como custos afundados.	<div>CUSTOS</div> <div>Variáveis Diretos</div> <div>Fixos Diretos</div> <div>Variáveis Compartilhados</div> <div>Fixos Compartilhados</div> <div>Comuns</div> <div>SERVIÇOS</div> <div>A</div> <div>B</div> <div>C</div> <div>D</div> <div>E</div>
<div>TSLRIC</div> <div>Total Service Long Run Incremental Cost</div>	Específico do setor de telecomunicações, é o custo de prover um serviço por completo (demanda total), comparado ao custo de não prover o serviço (demanda zero). Isto inclui custos fixos diretos que não seriam incorridos, caso o serviço não fosse prestado.	<div>CUSTOS</div> <div>Variáveis Diretos</div> <div>Fixos Diretos</div> <div>Variáveis Compartilhados</div> <div>Fixos Compartilhados</div> <div>Comuns</div> <div>SERVIÇOS</div> <div>A</div> <div>B</div> <div>C</div> <div>D</div> <div>E</div>
<div>TELRIC</div> <div>Total Element Long Run Incremental Cost</div>	Específico do setor de telecomunicações, constitui uma evolução do anterior cuja definição dada pela FCC é o custo de prover um elemento de rede desagregado (<i>unbundled</i>).	<div>CUSTOS</div> <div>Variáveis Diretos</div> <div>Fixos Diretos</div> <div>Variáveis Compartilhados</div> <div>Fixos Compartilhados</div> <div>Comuns</div> <div>SERVIÇOS</div> <div>A</div> <div>B</div> <div>C</div> <div>D</div> <div>E</div>

Ao se analisar projetos de investimentos em telecomunicações ou formular medidas regulatórias, as estruturas de custos das redes devem ser consideradas para identificar as economias de escopo e de escala, obtidas pelas empresas ao explorar múltiplos serviços e em larga escala. Alguns exemplos dessas economias podem ser identificados para o setor de telecomunicações:

- Economias de Escopo: Normalmente, é mais econômico prestar um conjunto de diferentes serviços numa mesma plataforma em vez de construir infra-estruturas sobrepostas como, por exemplo, serviço de telefonia e de rede inteligente. Mais recentemente, com o advento dos *modems* ADSL e de cabo, operadores de redes telefônicas e de TV por assinatura têm buscado explorar as economias de escopo que essas tecnologias permitem, ao fornecer serviços adicionais aos já prestados pela infra-estrutura existente como, por exemplo, acesso à Internet em banda-larga;
- Economias de Escala: Na exploração de serviços de acesso em banda-larga, muitos dos investimentos de infra-estrutura são comuns, possibilitando uma diminuição dos custos unitários à medida que a base de usuários aumenta. Frequentemente, esse é um dos critérios utilizados para que projetos dessa natureza sejam bem avaliados.

Muitas dessas economias são transferidas para os usuários, por força da competição ou ação dos órgãos reguladores como, por exemplo, por meio de descontos na contratação de *combos*³² ou na precificação de recursos essenciais de rede para uso industrial, respectivamente.

3.3 Abordagens *Top-Down* e *Bottom-Up*

Por fim, as diferentes metodologias para constituir uma base de custos (HCA, CCA e FLC) e para definir o padrão de alocação de custos (FAC/FDC, EDC, MC, IC, LRIC, TSLRIC e TELRIC) podem ser combinadas em duas abordagens que, no setor de telecomunicações são denominadas de *Top-Down* (TD) e *Bottom-Up* (BU) e correspondem às abordagens Contábil e de Engenharia, respectivamente, descritas no Capítulo 2. Ambas servem para obter uma estrutura de referência para analisar os processos produtivos e identificar os diferentes centros de custos, ou seja, em que atividades e como os custos são gerados na empresa.

A abordagem *Top-Down* adota como referência a contabilidade oficial da empresa, na qual os custos são mantidos em bases históricas (HCA), e aloca esses custos aos elementos envolvidos na prestação dos serviços, de acordo com o modelo de cada serviço, por meio dos direcionadores de custo sem que seja considerada a quantidade de serviço realmente demandada. Eventualmente, os custos podem ser reajustados para bases atualizadas (CCA).

Por outro lado, a abordagem *Bottom-Up* adota como referência o nível de demanda para cada serviço, a partir do qual é dimensionada uma rede apropriada (*Proxy*) e com custos prospectivos (FLC), para apurar os custos incorridos de forma eficiente para cada nível de demanda, levando-se em conta os recursos efetivamente envolvidos na prestação de cada serviço.

³² Termo do inglês que denomina a contratação combinada de dois ou mais serviços.

As principais diferenças entre essas abordagens são mostradas na Tabela 3.3.

	<i>Top Down</i>	<i>Bottom Up</i>
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baseado em custos reais; ▪ Alocação total dos custos da empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informação não sensível à divulgação; ▪ Orientado à eficiência; ▪ Alto grau de transparência.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Normalmente, exige confidencialidade; ▪ Inclui algumas ineficiências; ▪ Associado à história da empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pode subestimar custos; ▪ Deficiência na estimativa de Opex; ▪ Risco de excesso de otimização.

Tabela 3.3 – Abordagens *Top-Down* e *Bottom-Up*

Para fins de comparação de todas as modelagens possíveis, a Figura 3.6 mostra a combinação entre diferentes bases de custos e padrões de alocação de custos, para cada abordagem.

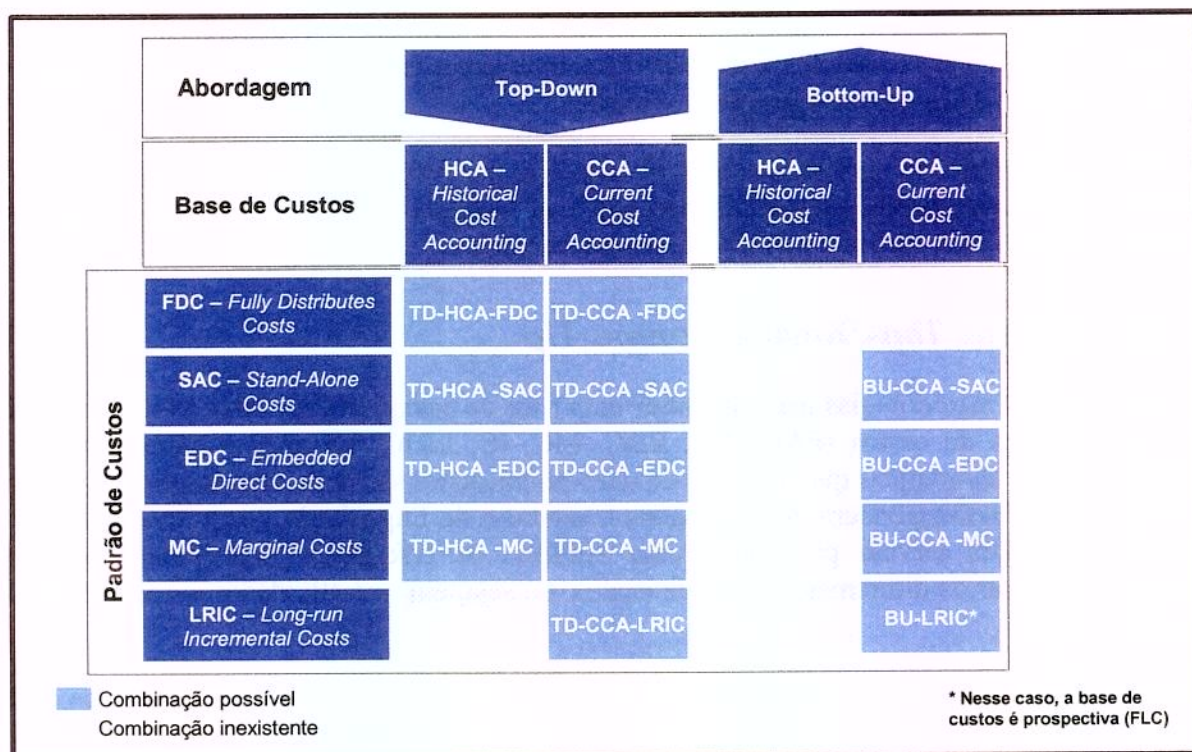


Figura 3.6 – Diferentes modelos de custos

A necessidade de dotar o mercado de telecomunicações de maior transparência, em relação a seus custos, tem levado diversos órgãos reguladores a implantar regimes de regulação baseada em custos.

Tais órgãos reguladores desejam que as empresas dominantes desenvolvam modelos que permitam revelar os custos que servem para estabelecer os níveis de preços e tarifas, principalmente dos recursos de uso industrial, necessários às empresas concorrentes para competir de forma eficiente e sem discriminação, conforme discutido no Capítulo 4.

A principal razão para a adoção desses modelos na regulação dessas tarifas de uso industrial é capturar as principais economias de escala e de escopo típicas do setor de telecomunicações, simulando um mercado competitivo e evitando a duplicação desnecessária de infra-estruturas.

Capítulo 4

A aplicação de modelos de custos em regulação econômica

Os modelos de custos voltados para o setor de telecomunicações, conforme visto no Capítulo 3, modificaram-se ao longo dos anos devido, principalmente, às exigências impostas pelos órgãos reguladores.

A indústria de telecomunicações, desde seu surgimento no final do século XIX, sempre exigiu pesados investimentos em infra-estrutura para a expansão de suas redes, representando uma significativa barreira de entrada para a sua exploração, em face dos níveis de risco e de rentabilidade envolvidos. Por isso, em muitos países o Estado assume isoladamente a exploração dos serviços de telecomunicações.

Nesse ambiente de proteção, a única preocupação das empresas se volta para a recuperação total dos custos incorridos na exploração, independente de sua eficiência. Para isso, eram aplicados sistemas convencionais de custeio, com alocação total dos custos em bases históricas (FAC-HCA).

Com o desenvolvimento tecnológico e de mercado, no início dos anos 80, e a conseqüente diversificação dos serviços de telecomunicações, ocorre uma pressão para que os governos assumam o compromisso de promover a abertura de seus mercados para o desenvolvimento da competição e, com isso, iniciem um controle maior sobre as empresas reguladas.

4.1 A experiência internacional na regulação por custos

A introdução da regulação por custos no setor de telecomunicações teve seu início nos Estados Unidos seguidos, posteriormente, pela Europa. Esse processo se dá por meio de mudanças nos marcos regulatórios desses países, de forma a permitir a entrada de novas empresas. Tais mudanças são necessárias pelo fato de que o mercado por si só não criaria as condições para o desenvolvimento da competição, dadas as desigualdades entre empresas dominantes e entrantes.

4.1.1 Estados Unidos

Nos Estados Unidos, esse processo se inicia com a aprovação do *Telecommunications Act* de 1996, que representa a maior mudança regulatória no mercado americano, desde seu antecessor de 1934, o *Communications Act* de 1934.

Até então, a regulação do setor era feita a partir da crença de que os serviços poderiam ser oferecidos ao menor preço, para um número máximo de consumidores por meio de uma única rede, operada sob monopólio e regulada pelo Estado. Existiam inúmeros mecanismos voltados para subsidiar pequenas operadoras locais ou operadoras locais que atuavam em áreas rurais ou com alto custo e, variavam desde mecanismos explícitos em programas interestaduais para a universalização até mecanismos implícitos em chamadas intra-estaduais ou em assinaturas de serviços interestaduais.

O “Act” de 1996 interrompe essa prática³³, exigindo que as empresas de telefonia abram suas redes para a competição. Criam-se as bases para a concorrência no mercado de telecomunicações, inclusive no

³³ É importante ressaltar que a prática de subsídios cruzados já havia sido interrompida de forma significativa após a destituição (*divestiture*) do Sistema Bell em janeiro de 1984 – que quebrou o monopólio da AT&T no segmento de longa-distância

mercado local, conferindo às empresas concorrentes três direitos inalienáveis sobre as empresas dominantes:

- O direito à interconexão com as empresas dominantes, sob condições de tarifas baseadas em custos;
- O direito à desagregação da rede de acesso;
- O direito de obter descontos por volume nos serviços locais, de forma a viabilizar a revenda.

Além disso, provoca uma reestruturação profunda nos mecanismos regulatórios para o financiamento do Serviço Universal³⁴.

Em agosto de 1996, conforme FCC (1996a) é publicada a *Local Competition Order* por meio da qual qualquer empresa que concorre no mercado local americano de telefonia, as *Competitive Local Exchange Company* (CLEC), obtêm o direito de acessar³⁵ os recursos de rede da *Incumbent Local Exchange Company* (ILEC)³⁶ – principalmente o *Local Loop* – remunerando-as a partir dos custos e da economia de escala que só as ILECs alcançam.

Nesse relatório, a FCC estabelece que os preços para serviços de interconexão e de acesso aos recursos das ILECs devem ser determinados pelos custos econômicos FL-LR obtidos por uma ILEC utilizando novas tecnologias, ou seja, mais eficientes e disponíveis, em um cenário de longo prazo em que todos os custos da empresa poderiam ser evitados, caso os serviços fossem suspensos. Na prática, representa associar os preços ao custo LRIC dos elementos de rede, particularmente denominados de TELRIC pela FCC, e cujos conceitos encontram-se detalhados no Capítulo 3.

Além disso, em FCC (1996b) é recomendado o desenvolvimento de um modelo de engenharia computacional, que represente a rede telefônica pública comutada, para determinar os subsídios necessários à universalização. Posteriormente, o *Hybrid Cost Proxy Model* (HCPM) é obtido para tal fim, como mostrado no Capítulo 6.

De forma similar, a *Access Reform* em FCC (1996c) admite o uso de modelos de engenharia para aproximar as tarifas de acesso interestaduais aos seus custos econômicos.

Em maio de 1997, com a publicação da *Universal Service Order* em FCC (1997) os subsídios para empresas não rurais passam a ser determinados pelos custos econômicos FL-LR de prover os serviços em áreas de alto custo.

dividindo-a em sete empresas regionais, as *Regional Bell Operating Companies* (RBOCs, carinhosamente chamadas de *Baby Bells*) – sendo necessário desenvolver novos mecanismos voltados para remunerar adequadamente os recursos envolvidos na fruição dos serviços de telecomunicações. Tais mecanismos surgem com a publicação do “Act” de 96.

³⁴ O conceito de Serviço Universal é introduzido pelo “Act” de 1934, inspirado no *New Deal* de F.D. Roosevelt. Embora o termo não apareça textualmente, sua essência é expressa no preâmbulo desse ato sob a seguinte forma: “...to make available, so far as possible, to all the people of the United States, a rapid, efficient, Nation-wide, and world-wide wire and radio communication service with adequate facilities at reasonable charges.”

³⁵ Esse acesso se dá por meio da desagregação dos elementos de rede da ILEC, pela qual ela aluga a “última milha” da sua rede de acesso (*Local Loop*). Essa desagregação é conhecida como *Local Loop Unbundling* (LLU).

³⁶ Originalmente, o termo *incumbent* definia cada uma das sete RBOCs responsáveis pelo serviço de telefonia local dos EUA e oriundas da destituição do Sistema Bell. Posteriormente, por representar empresas que dispõem de poder de mercado, o termo foi estendido à GTE, maior empresa de telefonia não pertencente ao Sistema Bell. Na Europa, o termo representa empresas originárias da privatização das empresas estatais, *Postal, Telegraph, & Telephone* (PTT). No Brasil, a associação do termo pode ser feita de forma livre às concessionárias, oriundas do Sistema Telebrás, conforme descrito no Capítulo 1.

4.1.2 Reino Unido

Na mesma época, a *Ofcom* (ex-*Oftel*) passa a regular a *British Telecom* utilizando a metodologia FL-LRIC, conforme *Oftel* (1997a) e (1997b), estabelecendo que a regulação se baseie em custos atualizados CCA, pois:

- Custos econômicos FL-LR devem refletir os custos dos recursos utilizados de forma eficiente e econômica;
- Os custos de reposição devem ser os custos enfrentados por um novo entrante, encorajado a entrar de forma eficiente no mercado.

4.1.3 União Européia

Por sua vez, a União Européia (UE) enfrenta maior dificuldade para estabelecer uma legislação única por ser formada por diversos países com legislações próprias.

Os órgãos que definem as políticas na UE são o Parlamento Europeu – que, juntamente com o Conselho de Ministros, é o braço legislativo – e a Comissão Européia, que é o braço executivo. Todos são investidos do poder de legislar sobre matérias de competência da UE.

A legislação primária, formulada pelo braço legislativo, normalmente resulta em uma legislação secundária de competência do braço executivo, que segue uma estrutura hierárquica: regulações (*regulations*), diretivas (*directives*), decisões (*decisions*), recomendações (*recommendations*), opiniões (*opinions*) e acordos (*agreements*).

As regulações são as formas legais de maior força e devem ser seguidas imediatamente, enquanto as diretivas estabelecem compromissos que devem ser assumidos por todos os países, ou parte deles. Já as decisões estabelecem compromissos de forma menos geral, para países, companhias e até mesmo indivíduos. As demais não possuem força de lei e funcionam somente como instrumento político.

Após sua definição, as diretivas devem ser acatadas e implantadas pelas Autoridades Reguladoras Nacionais.

Um marco importante na legislação da Comissão Européia é a diretiva 97/33/EC CCE (1997), relativa à interconexão no setor das telecomunicações. Segundo Andersen (2002), esta diretiva disciplina as condições para uma interconexão aberta e eficiente das redes públicas de telecomunicações e dos serviços de telecomunicações acessíveis ao público, principalmente, do Serviço Universal.

No tocante aos princípios aplicáveis aos encargos de interconexão e aos sistemas de contabilização dos custos, a diretiva estabelece que os encargos de interconexão devem seguir os princípios da transparência e da orientação em função dos custos.

Como consequência da implantação da diretiva, a Comissão Européia elabora as recomendações para as Autoridades Reguladoras Nacionais, sendo as mais relevantes:

- 98/195/EC CCE (1998a), 00/263/EC CCE (2000a) e 02/175/EC CCE (2002a): Determinação de preços de interconexão;
- 98/322/EC CCE (1998b): Separação de contas e contabilização de custos.

Também, aprova uma regulação para a desagregação de redes: a 2887/2000 CCE (2000b).

A recomendação 98/195/EC estabelece que a abordagem mais adequada para a determinação dos preços da interconexão deve se basear nos custos adicionais médios de longo prazo com visão de futuro FL-LRAIC (*Forward-Looking Long-Run Average Incremental Costs*).

Segundo IRG (2000), essa visão se adequa a um mercado competitivo, visto que, os resultados obtidos por tal abordagem aproximam-se bastante dos custos incorridos por um operador eficiente que emprega tecnologia moderna.

A recomendação 98/322/EC estabelece as orientações para os sistemas de separação de contas e de contabilização dos custos pelas empresas classificadas como organizações detentoras de Poder de Mercado Significativo³⁷. As orientações se referem a princípios da transparência e da orientação para os custos. Também estabelece que a imputação dos custos, do capital utilizado e das receitas seja efetuada em conformidade com o princípio da causalidade dos custos e da determinação dos custos (por exemplo, por meio de metodologia ABC).

A recomendação 02/175/EC estabelece o fim da publicação de valores de referência obtidos por meio de *benchmarking*, devido à queda progressiva nas tarifas e disposição das operadoras em adotar sistemas de contabilidade para a análise dos custos de interconexões.

Em 2002, o Parlamento Europeu promove uma reforma regulatória para adequar o antigo arcabouço ao ambiente competitivo e convergente das telecomunicações.

Por meio da diretiva 2002/19/EC CCE (2002b) estabelece-se que, para assegurar condições justas de interconexão, cada Estado-Membro pode impor:

- Condições para a recuperação de custos e controles de preços;
- Obrigações relativas a sistemas de contabilização dos custos;
- Condições de oferta para interconexão levando em consideração os investimentos realizados pelo operador, permitindo-lhe uma taxa razoável de rentabilidade sobre o capital empregado e os riscos a ele associados;
- Mecanismos de recuperação de custos e metodologias para a fixação de preços que promovam a eficiência e a concorrência sustentável, maximizando os benefícios para o consumidor;
- Comprovação de que os encargos das empresas se baseiam nos custos, incluindo uma taxa razoável de rentabilidade sobre os investimentos realizados;
- Métodos de contabilidade diferentes dos utilizados pelas empresas.

Por meio da diretiva 2002/21/EC CCE (2002c) define-se um novo quadro regulatório comum para as redes e serviços de comunicações eletrônicas voltado para a regulação das tarifas.

Para desagregação de elementos de rede é preservada a regulação 2887/2000.

³⁷ Empresa detentora de uma fração superior a 25 % de um mercado de telecomunicações da área geográfica do Estado-Membro em que é autorizada.

Por meio da diretiva 2002/22/EC CCE (2002d) define um novo quadro regulatório comum para o Serviço Universal e para os direitos dos usuários em matéria de redes e serviços de comunicações eletrônicas. Entre seus princípios destacam-se:

- Fica a critério de cada Estado-Membro a avaliação sobre a necessidade de se criar um fundo para o financiamento da universalização em seus países, no caso de serem considerados excessivos os custos líquidos incorridos no cumprimento das Obrigações de Serviço Universal³⁸;
- Tais obrigações são aquelas impostas a uma empresa por um Estado-Membro no sentido de assegurar a oferta de um serviço em toda uma área geográfica específica. Incluem, quando adequado, os preços médios para a oferta desse serviço nessa área geográfica ou a oferta de opções tarifárias específicas para consumidores com baixos rendimentos ou com necessidades sociais especiais;
- Os custos líquidos das obrigações devem ser adequadamente calculados considerando custos, receitas e benefícios não materiais³⁹, que resultam da prestação do serviço universal, de forma que o financiamento das obrigações provoque a mínima distorção no mercado e nas empresas;
- O cálculo dos custos líquidos é a diferença entre os custos líquidos da operação com as obrigações de universalização e da operação sem essas obrigações.

De maneira geral, tais medidas representam apenas uma parcela do esforço despendido pelos diferentes países para criar seus marcos regulatórios referentes à regulação dos serviços, de seus preços e, em particular, ao controle das obrigações de universalização e à questão fundamental: qual é o custo eficiente ao se prover um serviço para uma determinada área ou grupo de usuários, visto que as empresas não devem ser remuneradas pela sua ineficiência?

À medida que os países se esforçam para regular suas infra-estruturas privatizadas, os modelos de custo ganham relevância por diversas razões como, por exemplo:

- Permitem uma maior independência dos órgãos reguladores na estimação de custos, removendo assimetrias de informação entre reguladores e regulados;
- Aumentam a transparência do processo de revisão de preços e tarifas e de cálculo de subsídios;
- Auxiliam na compreensão das diferenças regionais em relação aos custos enfrentados pelas diferentes empresas.

Entretanto, tais benefícios exigem do regulador obter quantidade considerável de informação sobre os custos, em diferentes níveis de detalhe.

³⁸ Do inglês, USO, *Universal Service Obligations*.

³⁹ Ressalte-se que, quando a diretiva 2002/22/EC menciona benefícios não materiais, não se refere a benefícios intangíveis, e que, portanto são de difícil mensuração. Ao mesmo tempo, é reconhecida a dificuldade de estabelecer critérios objetivos para a estimativa desses benefícios.

4.2 Comparação entre os métodos contábeis, econométricos e de engenharia

Tradicionalmente, segundo Benitez (2000), órgãos de controle e de regulação baseiam suas decisões a partir de auditorias contábeis realizadas junto às empresas reguladas, pelo fato de ser o método que exige menor quantidade de informações e consumo de tempo.

Como tais informações encontram-se nos registros contábeis das empresas, supostamente, elas são prontamente fornecidas ao regulador. Porém, por representarem os custos históricos, carecem de uma avaliação se representam os custos mais eficientes naquele momento, comprometendo o nível de eficiência das empresas.

Além disso, conforme discutido anteriormente, o nível de consolidação da contabilidade impõe um problema de assimetria de informação entre regulador e empresa regulada. Como a empresa não tem incentivos para reduzir essa assimetria, o regulador deve esforçar-se em obter informações além daquelas disponíveis nos registros, que permitam implementar modelos de engenharia capazes de subsidiar a estimação de custos do setor, para vários propósitos regulatórios.

Outra técnica bastante utilizada na regulação de determinados setores é a econometria, que se baseia em séries históricas de dados das empresas reguladas, conforme mostrado no Capítulo 2.

Órgãos reguladores utilizam essa técnica para comparar níveis de eficiência entre empresas competidoras. Porém, segundo Ralph (2003), essa técnica não se mostra muito adequada em setores caracterizados pelo monopólio, devido ao fato das amostras ficarem confinadas às empresas reguladas.

Muitas vezes as análises econométricas consideram empresas que operam em diferentes mercados. Por exemplo, a *Ofcom* ao utilizar o método para examinar a eficiência da *British Telecom* (BT), compara-a com empresas locais do mercado americano.

Isso dificulta a análise das principais questões regulatórias como, por exemplo, se existem economias de escopo entre serviços comutados e serviços de linha privativa ou quais são os custos eficientes, para um determinado mercado.

Por isso, segundo Benitez (2000), os modelos de engenharia têm se mostrado uma boa alternativa a esses métodos, pois eles permitem uma melhor compreensão da estrutura de custos das empresas, por meio da variação dos principais parâmetros de custos de forma a identificar as economias de escala e de escopo presentes na estrutura de uma determinada empresa.

Em função dos modelos econométricos e contábeis dependerem de funções de custos observáveis e serem baseados em dados históricos, os modelos de engenharia se mostram mais adequados por permitir uma visão detalhada das estruturas de custo e uma avaliação dos custos prospectivos.

Os requisitos mínimos para um modelo poder estimar os custos de forma adequada referem-se à sua capacidade de calcular os custos dos principais eventos em uma rede telefônica como, por exemplo, custo do acesso e das chamadas locais, além de considerar o compartilhamento da rede com serviços como, por exemplo, telefones de uso público e não comutados (Linhas Privativas).

De maneira geral, a modelagem exige uma extensa quantidade de informação, que deve ser fornecida pelas empresas. Entretanto, se o fornecimento dessa informação não se dá em tempo hábil ou é recusado, é recomendável que o modelo seja capaz de calcular os custos a partir de informação pública. Entre essas

se incluem a distribuição dos usuários dentro da rede local de acesso e preços de equipamentos, que podem ser obtidas de institutos de estatística geográfica e de associações de fabricantes, respectivamente.

Os resultados devem ser confrontados com as informações fornecidas pelas empresas e, se necessário, conciliados para revelar em que pontos o modelo pode ter negligenciado componentes de custos essenciais ou se as empresas investiram excessivamente e de forma ineficiente.

Por fim, o modelo deve incorporar as taxas de depreciação e o custo de capital. Em um setor intensivo de capital, como é o caso do setor de telecomunicações, a escolha dos métodos de depreciação e de estimação do custo de capital representa um dos pontos mais sensíveis na implantação de sistemas de custos.

4.3 Controle de tarifas de uso industrial

O uso industrial de um determinado recurso é caracterizado quando esse recurso é um insumo para a produção de um produto ou serviço. À medida que não exista competição para o seu fornecimento é necessário regular os preços praticados, para que as empresas que dependem desse insumo não enfrentem barreiras de entrada.

No setor de telecomunicações, alguns desses recursos em posse das empresas dominantes e necessários às empresas concorrentes são:

- Infra-estrutura de rede de acesso na última milha;
- Meios de transmissão para construção de redes como, por exemplo, feixes de 2Mbps;
- Interconexão das redes para permitir a comunicação entre seus usuários;
- Acesso a recursos de Informação.

A depender da situação enfrentada, o órgão regulador pode adotar diferentes formas de ajuste das tarifas, no sentido de diminuir as assimetrias entre as empresas. Os principais regimes de regulação tarifária para recursos no atacado são:

- Determinação do preço real: O órgão regulador determina os valores a serem pagos pelos recursos e, dessa forma, define a estrutura de incentivos. Na prática, a realização de análises de *benchmarking* tem auxiliado os órgãos a determinarem os valores mais adequados. Dentre os métodos, destaca-se a fixação de “teto” que, normalmente, define apenas o valor máximo (*Price Cap*);
- Determinação da metodologia de preços: São estabelecidos os processos pelos quais os preços são calculados. Ao definir a metodologia, o órgão regulador promove a competição sem, necessariamente, estabelecer os preços isoladamente. A maior parte dessas metodologias adota os custos como base formadora dos preços (*Cost Based Charges*);
- Determinação da relação entre os preços: É feita a partir da vinculação dos preços praticados no atacado, para exploração industrial, com os valores de varejo, de forma a garantir que as empresas dominantes não pratiquem *dumping*. Assim, espera-se que um operador eficiente obtenha retornos aceitáveis sobre o investimento adotando essas referências aos valores de varejo (*Retail Based Charges*);

- Determinação das obrigações nas relações entre as empresas: Em alguns mercados, o órgão regulador pode estabelecer que as empresas devam negociar livremente as condições de remuneração, definindo apenas condições não discriminatórias a serem seguidas. Nestes casos, estão incluídas formas de divisão de receita (*Revenue Sharing*) ou de cobrança em separado (*Bill and Keep*);
- Determinação dos procedimentos para arbitragem: Visa à definição dos procedimentos a serem adotados, caso as negociações entre as empresas falhem.

Entretanto, independentemente da perspectiva regulatória adotada é desejável que o órgão regulador conheça a estrutura de custos da indústria.

Para o processo de regulação das empresas dominantes, em relação a suas ofertas de interconexão, de meios de transmissão e de desagregação da rede de acesso (*Local Loop Unbundling – LLU*), o conhecimento dos custos permite a definição da melhor metodologia para formação de preços e tarifas praticados e/ou determinação dos valores propriamente ditos.

Por isso, a implantação de modelos baseados em custos pode ser entendida como um processo evolutivo, que busca estimular maior eficiência no mercado, conforme Figura 4.1.

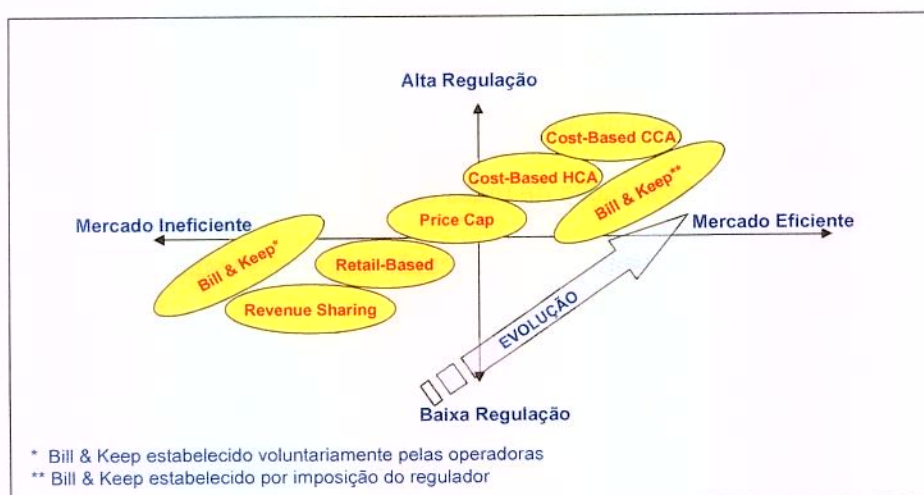


Figura 4.1 – Evolução dos modelos de remuneração

Dentre esses modelos, estão aqueles que se baseiam em custos históricos e em custos atualizados, voltados para preservar os investimentos realizados pelas empresas dominantes.

Outros, com maior grau de eficácia, são baseados em modelos de engenharia – que priorizam a eficiência – e em custos incrementais – que desprezam a ociosidade da rede no cálculo dos custos, como, por exemplo, o TELRIC ou TSLRIC. Segundo AMI (2001), o primeiro é mais apropriado para a determinação de valores de LLU e de interconexão, enquanto o segundo se mostra mais relevante para a determinação dos custos líquidos das obrigações de universalização.

Tal diversificação dos modelos sugere que o órgão regulador adote diferentes metodologias em função do tipo de cálculo desejado, sem contudo, desviá-las dos mesmos princípios de eficiência e de visão prospectiva de longo-prazo.

4.4 Controle das obrigações de universalização

Um argumento recorrente na tentativa de identificar os custos decorrentes da universalização de um serviço de telecomunicações é o chamado de déficit de acesso (*Access Déficit*)⁴⁰. Originado pela diferença entre a totalidade de custos incorridos na implantação de linhas telefônicas – com altíssimos custos fixos e dedicados – e a totalidade das receitas geradas pelas habilitações e assinaturas dessas linhas, esse déficit está presente na maioria das empresas de telecomunicações.

O fato é que não existe consenso sobre a inclusão desse déficit como custo decorrente da universalização. Entende-se que ele pode ser compensado pelas receitas obtidas na prestação de outros serviços como, por exemplo, RDSI ou pela cobrança do tráfego gerado pelas chamadas locais, com um *mark up* suficiente para subsidiá-lo. Tal constatação conduz ao raciocínio de que esses usuários seriam atendidos por questões meramente comerciais.

Além disso, são observadas duas formas diferentes de se tratar o déficit: a abordagem americana e a abordagem da maioria dos países que adota o conceito de custos líquidos.

A abordagem americana é aplicada aos programas de financiamento de redes de alto custo e admite que todas as empresas operam sob as mesmas condições de custos, independentemente das receitas auferidas. Aquelas que operam, comprovadamente, com custos por usuário acima de um determinado limiar⁴¹ podem receber recursos do fundo de universalização para compensar um presumível déficit maior, em relação às outras empresas.

Já no caso de países que aplicam o conceito de custos líquidos, mesmo que seja reconhecida a existência do déficit de acesso, não se reconhece a incapacidade da empresa em recuperá-lo.

Na Europa, segundo CCE (1996), o déficit de acesso deve ser eliminado periodicamente com um mecanismo de reajustes tarifários, e não deve ser incorporado aos custos líquidos das obrigações de universalização, o que tornaria o conceito de Serviço Universal inconsistente.

A diferença básica entre uma metodologia baseada em custos líquidos e uma baseada em déficit de acesso é a necessidade de se identificar, na primeira, as componentes de receitas adicionais (e os custos decorrentes dessas receitas) geradas pelo atendimento às obrigações.

Baseado em Cullen (2001), é possível identificar as principais diferenças entre as componentes de receitas e de custos incrementais que compõem o cálculo dos custos líquidos (CL) e seu subconjunto, o déficit de acesso (DA), conforme Tabela 4.1.

⁴⁰ O termo *Access Deficit* é cunhado no início dos anos 90 pela British Telecom nas primeiras discussões sobre interconexão em um ambiente competitivo no qual, segundo a empresa, deveria ser cobrada uma contribuição das empresas que se instalassem no mercado britânico por meio das tarifas de interconexão, a *Access Deficit Contribution*. Esse instrumento foi adotado pela *Ofcom*, porém de forma muito restrita.

⁴¹ Esse limiar é estabelecido a partir do custo médio nacional por usuário e tem valores diferentes para empresas rurais e não rurais. No caso das rurais, o valor adicionado é de 15% do custo médio nacional por usuário e, no caso das não rurais, o valor adicionado é duas vezes o desvio padrão do custo médio nacional por usuário. Esse custo médio nacional por usuário é obtido pela identificação dos custos fixos e diretos da rede de acesso (*loop*, placa de assinante) e dos custos operacionais necessários aos serviços básicos de emergência (sinalização, transporte).

Receitas Incrementais		Custos Incrementais	
Receitas de Assinatura	CL & DA	Rede de Acesso + Drop	CL & DA
Receitas de Habilitação	CL & DA	Rede Alimentadora ou Primária	CL & DA
Receitas de telefones de uso público	CL	Comutação + Placa de Ass.	CL & DA
Receitas de Chamadas Locais	CL	Transmissão (<i>Backhaul e Core</i>)	CL
Receitas de Chamadas LD	CL	Comercialização	CL & DA
Receitas de Chamadas Internacionais	CL	Aluguéis	CL & DA
Receitas de outros serviços (RDSI, ADSL)	CL	Energia	CL & DA
Receitas de outros provedores <i>on-line</i>	CL	Manutenção	CL & DA
Receitas de desagregação de redes (ULL)	CL	Custos c/ outros serviços (RDSI, ADSL)	CL
Receitas de chamadas recebidas (intra-rede ou inter-rede com tarifas de interconexão)	CL	Custos com outros provedores <i>on-line</i>	CL
Benefícios indiretos (conforme será detalhado no Capítulo 5)	CL	Custos com desagregação de redes (ULL)	CL

Tabela 4.1 – Comparação do custo líquido com déficit de acesso

A necessidade de se identificar tais componentes exige uma metodologia de cálculo que combine os conceitos de custos incrementais (ou decrementais) e de custos prospectivos de longo-prazo, conforme descrito nos próximos capítulos.

Capítulo 5

O equilíbrio no financiamento da universalização de serviços públicos

Uma das principais motivações para se formular políticas de universalização de serviços públicos, vem da existência de externalidades que esses setores apresentam e que se constitui no principal argumento econômico em seu favor.

Segundo Cullen (2001), externalidades são benefícios (ou custos) associados a um evento cujas existências, em geral, não são consideradas ao se decidir pela manutenção do evento. Exemplos de externalidades positivas (benefícios) e negativas (custos) são dados, respectivamente, pelos casos de polinização decorrente da existência de colméias, em uma determinada área, e o despejo químico em afluentes fluviais, que comprometem outras atividades ao longo de seus cursos.

Em particular, o setor de telecomunicações se destaca pela existência de externalidades decorrentes da ampliação do serviço telefônico, trazendo benefícios econômicos para toda a sociedade. Segundo Fiúza (1998), esses benefícios podem ser divididos em três tipos de externalidades positivas:

- Externalidades de rede, pelas quais o acesso de um novo assinante à rede telefônica beneficia os assinantes antigos que gostariam de poder se comunicar com ele;
- Reduções nos custos de transação em mercados como, por exemplo, facilidades de comprar ou pesquisar por telemarketing ou maior acessibilidade de um membro da família para procurar ou ser procurado para um emprego; e
- Reduções dos custos que oneram os provedores de serviços de utilidade pública ao atender as camadas sociais que não possuem o serviço de telefonia como, por exemplo, na remarcação de consultas médicas ou na comunicação de casos de emergência.

5.1 As externalidades de rede

Ainda, segundo Cullen (2001), dentre todas as externalidades, ganham relevância no setor de telecomunicações as externalidades de rede⁴².

Estas externalidades surgem, por exemplo, quando um usuário decide se conectar a uma rede de telefonia ou se desconectar. O fato de um usuário se conectar a essa rede também beneficia outros usuários que já se encontram conectados, à medida que estes podem acessar o primeiro. Da mesma forma, se várias pessoas conectadas a essa rede decidem abandoná-la, o valor de estar filiado a ela diminui sensivelmente.

Isto significa que o benefício das externalidades de rede, isto é, o benefício público menos o benefício privado, é crescente. Como mostrado na Figura 5.1, os benefícios públicos decorrentes da filiação a uma rede de telefonia são maiores que os benefícios privados, cuja taxa de penetração acompanha a evolução do tempo e varia entre 0 e 100%.

⁴² Há também a presença de externalidades de uso, pelas quais as pessoas que recebem chamadas usufruem o serviço sem, via de regra, pagar por estas chamadas, mesmo que freqüentemente obtenham benefícios. De qualquer forma, os benefícios provenientes deste tipo de externalidade são menores quando comparados aos benefícios advindos da externalidade de rede.

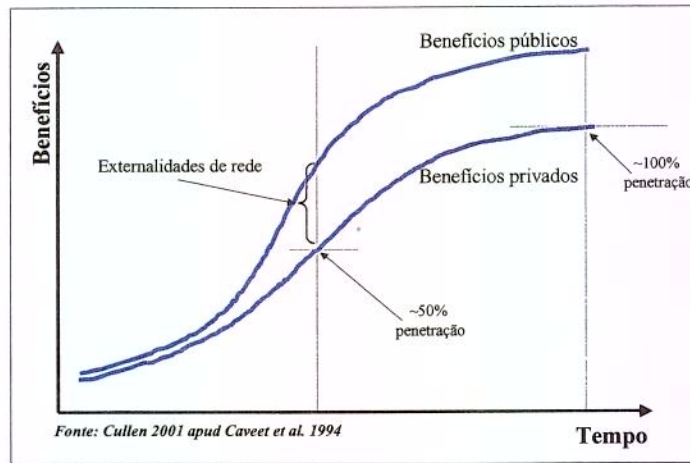


Figura 5.1 – Benefícios das externalidades de rede.

O benefício privado pode ser representado, em uma rede com n usuários, pela quantidade de usuários com que cada um destes pode se conectar, ou seja,

$$(n-1). \quad (5.1)$$

Enquanto, o benefício público pode ser representado pela quantidade total de possíveis conexões, dada por

$$n.(n-1). \quad (5.2)$$

Para se obter a taxa com que o benefício das externalidades de rede cresce, deve-se adicionar um novo usuário na rede e, a partir da equação (5.1) o novo benefício privado é dado por

$$(n+1-1) = n, \quad (5.3)$$

e, a partir da equação (5.2) o novo benefício público é dado por

$$(n+1).(n+1-1) = n.(n+1). \quad (5.4)$$

Observa-se então que o benefício público aumenta a cada novo usuário na rede segundo

$$[n.(n+1)] - [n.(n-1)] = 2n \quad (5.5)$$

e, o benefício privado aumenta segundo

$$[n - (n-1)] = 1. \quad (5.6)$$

Assim, a cada novo usuário na rede o benefício decorrente das externalidades de rede aumenta a uma taxa de

$$2n-1. \quad (5.7)$$

Por isso, uma das principais motivações econômicas para a promoção de políticas de universalização é o fato de que, ao adotá-las, a taxa de penetração aumenta e, por conseguinte, os próprios benefícios advindos da externalidade de rede.

Para se obter tais benefícios, subsídios podem ser oferecidos como forma de encorajar as pessoas a aderir à rede, principalmente os usuários de menor renda.

A prática internacional de financiamento da universalização tem levado em conta a existência dessas externalidades e dos benefícios diretos e indiretos advindos dela. Na grande maioria dos casos, esses benefícios são considerados por ocasião da identificação dos custos incorridos na universalização.

Por exemplo, o modelo de universalização da UE reconhece a existência de benefícios públicos crescentes à medida que a taxa de penetração de um serviço de telecomunicações aumenta. Nesse modelo, é necessário que o serviço a ser universalizado apresente uma penetração tal que maximize a taxa de benefícios decorrentes dos investimentos realizados. Ou seja, uma das premissas da UE para inclusão de serviços no âmbito do Serviço Universal é o critério de que o serviço já tenha sido adotado pela “maioria dos consumidores”, o que certamente maximiza os benefícios advindos das externalidades de rede.

Recentemente, a UE, por meio da sua Comissão das Comunidades Europeias, submete a revisão da diretiva 2002/22/CE à consulta pública para avaliar a necessidade de se estender as Obrigações de Serviço Universal para serviços em banda larga.

Porém, a análise feita em CCE (2006) indica que a oferta de serviços em banda larga encontra-se numa fase relativamente inicial de implantação no mercado e não atende ao critério de utilização do serviço pela “maioria dos consumidores”. Portanto, não reúne as condições para a inclusão dos serviços em banda larga no âmbito do Serviço Universal. Finalmente, o documento reconhece que tal imposição implicaria em um nível de custos proibitivo ou na prática de subsídios cruzados entre os diferentes serviços.

A UE estabelece ainda critérios considerados apropriados para o financiamento de obrigações de universalização, apenas naqueles casos em que se demonstre que as obrigações só podem ser asseguradas com prejuízo ou com um custo líquido que ultrapasse os padrões comerciais normais, conforme discutido no Capítulo 4.

5.2 Os benefícios esperados

Na identificação dos custos líquidos incorridos na universalização, um passo importante é a determinação dos benefícios advindos desta, que constituem as receitas renunciáveis caso as obrigações fossem removidas.

Entre os benefícios diretos encontram-se, por exemplo, as receitas diretas advindas da utilização do serviço pelos novos usuários e as novas receitas indiretas auferidas pela prestação de outros serviços aos beneficiários.

Na categoria de benefícios diretos, é necessário reconhecer que há uma perda de receita quando usuários considerados não econômicos (por estarem em uma área remota ou por não possuírem um alto nível de renda) ficam desconectados de uma rede de telecomunicações. Assim, ao incluir esses usuários, a universalização fornece aos prestadores de serviços de telecomunicações uma oportunidade de auferir essas receitas que seriam perdas de outra forma.

Na prática internacional, descrita em WIK (1997), ao se analisar os custos líquidos decorrentes da universalização, os benefícios diretos devem ser calculados para áreas potencialmente não econômicas, para usuários potencialmente não econômicos e para telefones públicos. Em cada categoria, as componentes de receitas auferidas são as seguintes:

Receitas de habilitação e de assinatura⁴³

+ Receitas de chamadas originadas

+ Receitas de chamadas recebidas⁴⁴

+ Receitas de chamadas a cobrar

+ Receitas de interconexão⁴⁵

- Receitas de chamadas substituídas⁴⁶.

Já os benefícios indiretos são aqueles que são auferidos pela prestadora de telecomunicações responsável pela universalização, mas que incorrem de maneira indireta. Segundo Ofcom (2005), entre os benefícios indiretos encontram-se: a ubiquidade da rede; o efeito positivo do ciclo de vida de grupos não-rentáveis; o reforço da marca e o aumento da reputação da empresa; a publicidade em telefones de uso público e os descontos por uso em grande volume.

O benefício da ubiquidade da rede é o benefício obtido pela presença em todo o território pelo fato de ser o provedor de serviços responsável pela universalização. O benefício do efeito positivo do ciclo de vida é relacionado à possibilidade do provedor servir um determinado grupo não rentável, cujo potencial de se tornar economicamente lucrativo muda com o passar do tempo.

Por sua vez, os benefícios de reforço da marca e de reputação da empresa têm a ver com a possibilidade de a empresa provedora de serviços universalizados ser vista de maneira positiva pelo usuário, podendo potencialmente afetar a escolha do consumidor em favor deste provedor. Finalmente, o benefício de publicidade em telefones de uso público advém do uso destes para propaganda e identificação da marca da empresa.

5.3 Os custos evitáveis

Em linhas gerais, a identificação dos custos líquidos das obrigações de universalização parte do cálculo dos custos evitáveis e das receitas renunciadas caso a imposição das obrigações fosse removida, ou seja, da contraposição dos custos e das receitas incrementais devido às obrigações com os custos e as receitas devido à remoção de tais obrigações.

Entretanto, a maior complexidade reside na alocação dos custos atribuíveis exclusivamente às obrigações da universalização. Tal dificuldade se deve ao fato de que, ao contrário das receitas adicionais, os custos que as empresas incorrem com o cumprimento das obrigações não são, em geral, observáveis e identificados facilmente.

Para calcular os custos que decorrem da universalização, os arcabouços regulatórios de vários países têm buscado implantar sistemas de custos diferentes daqueles sistemas convencionais por absorção, que se limitam ao rateio simples dos custos indiretos experimentados pelas empresas a partir dos quais são derivados os custos por volume.

⁴³ Inexistentes no caso dos telefones públicos.

⁴⁴ No caso dos telefones públicos, essas receitas podem ser negligenciadas.

⁴⁵ No caso de telefones públicos operados pela *incumbent*, essas receitas podem ser negligenciadas.

⁴⁶ O valor destas chamadas deve ser descontado para se evitar uma dupla contabilidade, pois algumas chamadas telefônicas, que já eram feitas por usuários de forma alternativa (através de telefones públicos, por exemplo), são substituídas por chamadas de usuários agora conectados pela universalização.

Ao contrário, a tendência observada em DCITA (2004) é implementar modelos de custos incrementais de longo-prazo (LRIC), conforme se observa na Tabela 5.1.

	<i>Compromisso de atender toda e qualquer solicitação</i>	<i>Obrigações de Serviço Universal (OSUs)</i>	<i>Verificação dos custos incorridos com OSUs</i>	<i>Metodologia de custos</i>	<i>Reconhecimento de benefícios intangíveis de OSUs</i>	<i>Origem dos recursos</i>	<i>Inclusão de TUPs como OSU</i>
Austrália	Sim	Sim	Sim	Custos Evitáveis ^I	Não	Contribuição	Sim
Canadá	Sim	Sim	Sim	LRIC	Não	Contribuição	Não
Chile	Sim	Sim	Sim	LRIC	Não	Orçamento da União	Não
Comissão Europeia	Sim	Sim	Sim	Opcional ^{II}	Sim	Opcional	Sim
EUA	Sim	Sim	Sim	LRIC	Não	Contribuição	Não
Finlândia	Sim	Não	Não	N/A	N/A	N/A	Não
Itália	Sim	Sim	Sim	LRIC ^{III}	Sim	Contribuição	Sim
Nova Zelândia	Sim	Sim	Sim	LRIC	Sim ^{IV}	Contribuição	Não
Suíça	Sim	Sim	Não ^V	N/A	Sim ^{VI}	Incumbent	Sim
Reino Unido	Sim	Sim	Sim	LRIC ^{VII}	Sim	Incumbent	Sim
<p>I) A Austrália ainda não estabeleceu se a metodologia para a identificação de Custos Evitáveis coincide com a LRIC.</p> <p>II) A Comissão promove uma mudança entre a diretiva de Interconexão 97/33/EC em CCE (1997), que trata do cálculo dos custos líquidos do Serviço Universal (Anexo III), e a atual diretiva do Serviço Universal 2002/22/EC, em CCE (2002d). A primeira faz uma clara exigência em relação ao cálculo do custo líquido, devendo este seguir a mesma metodologia voltada para tarifas de interconexão baseada em custos e receitas <i>forward-looking</i>. Na atual regulamentação, a forma de cálculo pode diferir das tarifas de interconexão no que diz respeito, principalmente, à adoção de tecnologias modernas e eficientes. Porém, de forma semelhante ao quadro regulatório anterior, é mantida a necessidade de se considerar receitas, custos e benefícios intangíveis de forma incremental. Ou seja, é mandatória a necessidade de se evidenciar a diferença entre os valores decorrentes da imposição de determinadas obrigações e os valores evitados com sua eventual remoção, mas fica a critério de cada Estado-membro a metodologia adotada.</p> <p>III) Baseado em Cazora (2005).</p> <p>IV) A autoridade da Nova Zelândia reconhece o conceito dos benefícios intangíveis, mas os considera negligenciáveis.</p> <p>V) A autoridade da Suíça estabelece a universalização por meio de processo de licitação que, para o momento, foi vencido pela Swisscom sem a necessidade de qualquer financiamento. Caso o processo de licitação não se viabilize, torna-se necessária a imputação para a própria Swisscom e a identificação dos custos líquidos incorridos no seu cumprimento.</p> <p>VI) A autoridade da Suíça reconhece o conceito dos benefícios intangíveis mas não os valorou em função da licitação vencida pela Swisscom sem a necessidade de financiamentos.</p> <p>VII) No Reino Unido, os custos das Obrigações do Serviço Universal são analisados periodicamente para determinar se constituem em sobrecarga financeira às <i>incumbents</i>.</p>							

Tabela 5.1 – Regulação das Obrigações de Serviços Universais.

O custo incremental deve guardar relação com a atividade que o gerou, ou seja, todos os custos diretos envolvidos, com perspectivas de longo prazo para ser capaz de capturar também os componentes de custo fixo e indireto, que variem com a quantidade de serviços ou produtos analisados.

Essa característica, segundo CCE (2002d), garante sua aderência ao conceito de custos evitáveis, caso as obrigações de universalização fossem removidas e a empresa responsável fosse isentada de cumpri-las. Ao mesmo tempo, tal metodologia se justifica nos ambientes regulatórios de mercados competitivos, nos quais a universalização é atribuída a alguns agentes ao mesmo tempo em que é financiada por todos.

Dado que em um mercado com ampla competição os preços praticados devem aproximar-se de seus custos incrementais de longo prazo – para garantir o sucesso e a sobrevivência das empresas – é justo também que as obrigações de universalização sejam financiadas pelos seus custos incrementais de longo-prazo.

Assim, imprime-se uma eficiência econômica equivalente à de um processo de licitação, caso as obrigações fossem estendidas a todos os demais agentes. Da mesma forma que na gestão da competição, essa medida promove uma maior adoção de tecnologias mais modernas.

Por isso, a prática indica que os modelos de custos incrementais de longo-prazo constituem a técnica mais utilizada para revelar os custos eficientes na prestação dos serviços e definir o financiamento necessário para a infra-estrutura pública de telecomunicações da rede telefônica.

5.4 As diferentes formas de identificar os custos líquidos

Ainda tomando por referência a experiência européia, é possível analisar os custos incorridos no cumprimento de obrigações de universalização em função da categoria do programa.

Entre os diferentes programas de universalização destacam-se:

- Programas para áreas geográficas potencialmente não rentáveis: Aqueles que se destinam a áreas geográficas cuja viabilidade econômica é discutível como, por exemplo, telefonia rural. Basicamente, são programas que dependem de investimentos significativos na construção de rede, em função do difícil acesso geográfico.
- Programas para usuários potencialmente não rentáveis que se localizam nas áreas geográficas rentáveis: São representados pelos usuários que, apesar dos custos relativamente baixos incorridos no seu atendimento, estes não podem ser recuperados em função da baixa capacidade de gerar receita.
- Programas para telefones de uso público (TUPs) não rentáveis: Aqueles que se justificam em função de sua baixa capacidade de gerar receitas ou em função de seus altos custos devido, por exemplo, a atos de vandalismo.

A diferença básica entre esses programas se dá pelo grau de dificuldade para se distinguir os custos evitáveis dos custos afundados.

Aqueles programas claramente voltados para incluir áreas geográficas com altos custos de construção de rede apresentam custos evitáveis mais elevados, à medida que a perspectiva de retorno é baixa. Ou seja, o atendimento a essas áreas ocorre somente por imposição do órgão regulador visto que, se pudesse, a empresa evitaria realizar investimentos em uma área com baixa rentabilidade. Nesse caso, podem ser considerados como custos evitáveis todos aqueles, fixos e variáveis, incorridos na construção da infraestrutura e no seu funcionamento, ou seja, os operacionais.

Por outro lado, programas voltados para usuários não rentáveis que se localizam em áreas geográficas viáveis dependem da análise de quais são os custos efetivamente evitáveis e quais são os custos afundados, cuja ocorrência não depende da imposição e consiste no próprio risco da atividade empresarial. Essa análise é complexa e, muitas vezes, subjetiva, pois depende da capacidade da empresa em identificar a priori o usuário não rentável. Por exemplo, um programa voltado para beneficiar grupos de usuários de baixa renda deve considerar como custos evitáveis somente os custos variáveis, representados pelos elementos que são adicionados à rede para efetuar o atendimento.

Isso se explica pelo fato da condição socioeconômica do usuário representar uma situação circunstancial que pode, inclusive, se alterar após a construção da infra-estrutura. Já em um programa voltado para beneficiar entidades filantrópicas como, por exemplo, de auxílio a deficientes auditivos, e que incluam altos investimentos em equipamentos de interface, pode-se considerar como custos evitáveis todos aqueles envolvidos no atendimento, inclusive parte dos custos afundados. Isso se justifica à medida que a avaliação de (baixa) rentabilidade do beneficiário é facilitada devido à sua natureza e, por conseguinte, a decisão por atendê-lo não faz parte do risco do negócio.

Nesse sentido, a aplicação de modelos de engenharia para a identificação dos custos de universalização permite aos órgãos reguladores formularem análises de sensibilidade, dificilmente possibilitados por outros métodos de análise de custos.

Entretanto, apesar da predominância de metodologias baseadas em custos LRIC, nem todos os países que as adotam implementam modelos de engenharia. Os poucos que os implementam são:

- Estados Unidos da América;
- Itália;
- Austrália; e,
- Nova Zelândia.

No caso americano, a FCC desenvolveu o HCPM para avaliação dos custos prospectivos da rede telefônica local, detalhado no Capítulo 6.

A operacionalização do modelo para a determinação dos valores desembolsados no programa denominado de *High Cost*⁴⁷ – que financia a universalização conduzida pelas operadoras não-rurais – inicia-se em 2000. O modelo calcula a componente de custos denominada *High Cost Model* (HCM), que representa o custo médio por linha, para cada estado americano.

Ao contrário dos EUA, os demais países adotam modelos que calculam os custos líquidos das obrigações.

Na Itália, o órgão regulador *Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni* (AGCOM) audita resultados da Telecom Itália, utilizando uma ferramenta desenvolvida pela própria empresa baseada em modelo LRIC com abordagem *Top Down*.

A ferramenta denominada SUSYTM, descrita em Tessitore (2001), implementa um modelo de engenharia voltado para o cálculo dos custos líquidos decorrentes do atendimento ao conjunto de áreas geográficas economicamente inviáveis, ao conjunto de usuários economicamente inviáveis, à telefonia pública e ao serviço de auxílio à lista, conforme exigido pela regulamentação italiana.

A viabilidade econômica das áreas geográficas é definida em termos de áreas de atendimento de centrais locais. O total de custos líquidos das áreas inviáveis representa uma das parcelas do total a ser recebido do fundo de universalização. Em seguida, são analisados os grupos de usuários dentro de áreas que são consideradas economicamente viáveis. Esses grupos são divididos em seções de serviço para a avaliação de sua viabilidade econômica e do (eventual) montante necessário para compensação dos grupos considerados inviáveis.

Na Austrália, desde 1997 o órgão regulador australiano *Australian Communications and Media Authority* (ACMA) aplica um modelo de engenharia para o cálculo dos custos líquidos do Serviço Universal, a partir dos custos evitáveis e da estimativa de receitas renunciadas.

O cálculo das perdas líquidas totais para as áreas universalizadas é realizado por meio de 54 amostras de seções de serviços de centrais da rede sendo que, cada amostra contém áreas com diferentes quantidades

⁴⁷ Os recursos do fundo americano, o *Universal Service Fund* (USF), são aplicados a quatro diferentes programas: *High-Cost*: programa de suporte financeiro às operadoras que provêem serviços de telecomunicações em áreas nas quais o custo de provimento do serviço é considerado alto; *Low-Income*: programa que provê serviços de telefonia com diminuição da conta telefônica para consumidores qualificados como de baixa-renda; *Schools and Libraries*: programa que tem por objetivo assegurar que todas as escolas e bibliotecas tenham acesso ao vasto cardápio de recursos educacionais permitido através de serviços de telecomunicações e da Internet; *Rural Health Care*: programa que auxilia a ligação dos postos de saúde localizados em áreas rurais a centros médicos urbanos.

de usuários e densidades. Os atendimentos por rádio e satélite também podem ser considerados nas amostras.

As regras de engenharia do modelo consideram a abordagem *Scorched Earth* e baseiam-se nas tecnologias mais eficientes atualmente em uso. O conjunto de tecnologias atualmente considerado contempla: par metálico, CDMA⁴⁸, GSM⁴⁹, WLL⁵⁰, concentrador de rádio de alta capacidade e satélite geoestacionário.

Após revisar a metodologia em 2004, conforme DCITA (2004), a ACMA considera o modelo utilizado não confiável para a determinação dos custos líquidos do Serviço Universal. Os principais pontos de questionamento levantados são:

- Inadequação da amostragem empregada;
- Indefinição de funções de custos relativas à distância e ao tipo de terrenos;
- Indeterminação do nível de confiança dos resultados calculados;
- Inadequação para uso em ambiente competitivo; e
- Ausência de algumas receitas indiretas.

Como alternativas para a substituição desse modelo, considera-se a possibilidade de adaptação de outros modelos, dentre os quais o HCPM.

Por fim, o caso da Nova Zelândia mostra-se muito relevante para este trabalho visto que, a regulamentação da Nova Zelândia busca identificar os custos líquidos das obrigações e, com o intuito de se valer da experiência internacional, adapta o modelo HCPM americano para a determinação dos custos líquidos de universalização, conforme descrito em Commerce Commission (2003 e 2005).

Essa abordagem é muito apropriada para ser aplicada ao caso brasileiro, pela necessidade de se identificar a parcela de custos que não possa ser recuperada com a exploração eficiente do serviço, conforme estabelece a Lei nº 9.998 (Lei do FUST), e que se assemelha em sua natureza, ao conceito de custos líquidos presente na legislação da UE.

A adaptação dessa metodologia⁵¹, no que tange a identificação dos custos incrementais (evitáveis) das obrigações de universalização com o uso do HCPM, é discutida nos próximos capítulos.

⁴⁸ *Code Division Multiple Access.*

⁴⁹ *Global System for Mobile communication.*

⁵⁰ *Wireless Local Loop.*

⁵¹ Nesse caso, a metodologia proposta aborda somente as componentes de custos evitáveis do cálculo de custos líquidos, necessitando estudos futuros para a estimativa de receitas renunciáveis e sua aplicação integral ao caso brasileiro.

Capítulo 6

Hybrid Cost Proxy Model: Um modelo flexível

O desenvolvimento do modelo *Hybrid Cost Proxy Model* (HCPM) se dá a partir do “Act” de 1996, com o qual o congresso americano procura promover a universalização e a competição no segmento de telefonia local, conforme discutido no Capítulo 4.

Com a sua publicação, as empresas operadoras desenvolvem diversas metodologias voltadas para a definição de subsídios do Serviço Universal e que, posteriormente passam pela avaliação da FCC. Essas metodologias são baseadas em modelos computacionais para o cálculo de custos econômicos e com perspectiva *Forward-Looking* (prospectiva), também denominados de *cost proxy models*.

A motivação por esse tipo de modelo vem do fato de que é considerado pouco intrusivo e, portanto, independe de informações contábeis das empresas envolvidas. Na mesma época, um estudo realizado para a Comissão Européia, pela consultoria WIK (1997), alerta para a resistência apresentada pelas empresas responsáveis por obrigações do Serviço Universal.

Segundo Atkinson (1997b), um dos primeiros modelos avaliados pela FCC é o *Cost Proxy Model* (CPM) sugerido pela *Pacific Bell* e *INDETEC International*. A este se seguem outros como o *Benchmark Cost Model 2* (BCM2) da *Sprint Corporation* e *US West* e o *Hatfield Model* da *AT&T* e *MCI*, desenvolvido pela *HAI*, em várias versões.

Em outubro de 1997, a FCC propõe a primeira versão de um modelo incorporando os principais princípios econômicos e de engenharia – o HCPM.

Em outubro de 1998, a FCC adota o modelo que combina os módulos do HCPM, voltados para a formação de *clusters* e para o dimensionamento dos segmentos de distribuição e de alimentação da rede de acesso, com os módulos do modelo *HAI*, voltados para o dimensionamento de comutação, transmissão e de custos operacionais. Em outubro de 1999, o modelo é finalizado com a definição do conjunto de dados de entrada necessários.

De acordo com Gasmi (2001), a combinação escolhida se dá pelo melhor desempenho apresentado pelos módulos do HCPM, tanto para áreas rurais como urbanas, em comparação ao modelo *HAI* que subestima os custos de rede de acesso em áreas de baixa densidade e superestima-os em áreas de alta densidade, de forma sistemática.

Considerando que sua principal aplicação volta-se para o cálculo dos subsídios à universalização, o HCPM deve ser capaz de calcular o custo incorrido no cumprimento dessas obrigações de forma eficiente, ou seja, otimizando os recursos necessários de rede, conforme discutido no Capítulo 5.

Por isso, as próximas seções se destinam à apresentação da arquitetura de rede (de telecomunicações) adotada pelo modelo, sua estrutura lógica e à análise dos algoritmos utilizados.

6.1 Arquitetura de rede adotada

Como toda infra-estrutura de grande porte, uma rede telefônica exige um alto nível de compartilhamento dos recursos para sua viabilidade econômica. Isso representa dizer que nenhum usuário se conecta ao centro de fios de forma isolada, o que levaria a uma replicação proibitiva dos recursos empregados.

O custo estimado pelo modelo para atender os usuários localizados dentro dos limites de um dado centro de fios inclui o cálculo de dimensionamento de comutação, comprimento, bitola e número de cabos de cobre e de fibra instalados, além da quantidade de DLCs requerida. Esses fatores dependem, por sua vez, do número de usuários que são atendidos pelo centro de fios e de como é a sua distribuição nos limites dos centros de fios e suas vizinhanças.

6.2 A estrutura do HCPM

A versão 2.6 do HCPM utilizada neste trabalho é descrita por Bush (1998) e consiste de três módulos principais e um submódulo voltado para adaptação dos arquivos de entrada, todos desenvolvidos em linguagem de programação de alto nível e suportados por vários ambientes computacionais:

- Módulo de Clusterização: Responsável pela aglutinação das localizações de usuários (residencial e comercial), adotando princípios de engenharia e minimização das distâncias para a otimização do sistema;
 - Submódulo de Interface: Responsável por facilitar o dimensionamento da rede de distribuição pelo próximo módulo e diminuir o tempo de processamento;
- Módulo de Rede de Acesso: Responsável pelo dimensionamento das redes de distribuição e de alimentação de todo o centro de fios e cálculo dos respectivos custos; e,
- Módulo de Rede *InterOffice*: Responsável pelo dimensionamento da rede de transporte, que conecta as centrais de comutação do tipo *host*, entre si e com as centrais dos tipos remoto e *tandem*.

Algumas informações de entrada⁵³ do módulo de Clusterização (*cluster.exe*) ilustradas no fluxograma da Figura 6.2 são:

- Coordenadas⁵⁴ da localização de cada usuário e sua demanda;
- Número de linhas residenciais e comerciais associadas a cada localização;
- O nível e o tipo de otimização de clusterização que se pretende executar; e,
- O tipo de relevo e de subsolo, em termos de profundidade da camada de rocha, da dureza da rocha, da profundidade do lençol freático e das inclinações mínimas e máximas do relevo, no qual se encontra cada localização de usuário.⁵⁵

Depois de concluída, a fase de clusterização fornece um arquivo de *clusters* (*NomeDoCentroDeFios.clu*)

⁵³ Conforme descrito por Bush (1999), as informações de entrada do HCPM são fornecidas por meio de um arquivo texto de extensão “.in”.

⁵⁴ Na primeira linha do arquivo de entrada, seleciona-se o modo de operação do HCPM. O modo “HOUSEHOLD” indica o nível de agregação da informação de demanda como sendo a localização georreferenciada real dos usuários. O modo “BLOCK” considera a demanda agregada no nível de *Census Block*. Segundo definição do U.S. Census Bureau, *Census Blocks* são pequenas áreas circundadas por limites físicos (como, por exemplo, ruas, trilhas ou estradas de ferro) ou imaginários (como, por exemplo linhas de propriedade). Por sua vez, *block* é a menor entidade geográfica para a qual o *Census Bureau* coleta e tabula os dados censitários (100%) a cada dez anos.

⁵⁵ O fornecimento dessas informações é opcional.

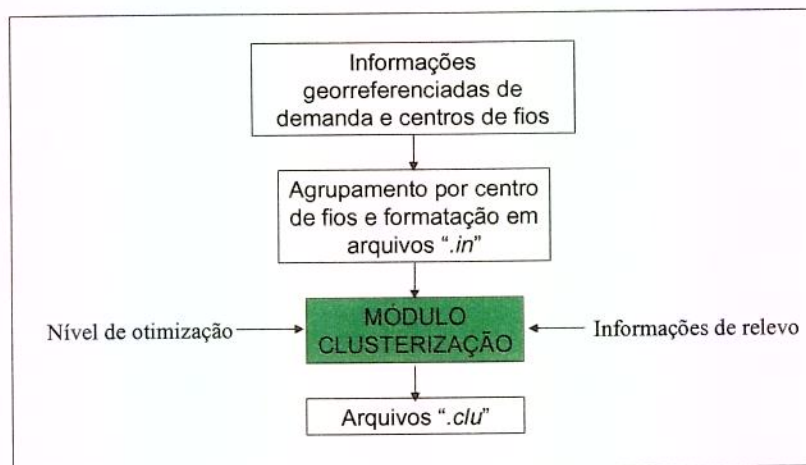


Figura 6.2 – Fluxograma de clusterização

O HCPM, quando comparado com outras ferramentas similares, apresenta uma considerável vantagem ao utilizar a localização geográfica real dos usuários e as informações sobre a topografia da região.

Alguns modelos admitem que as localizações de usuários encontram-se uniformemente distribuídas em cada seção de serviço. Por exemplo, os modelos SYNTHESESYS e TITAN/OPTIMUM, descritos por Olsen (1999), aplicam simplificações para representar a distribuição das localizações de usuários.

O primeiro utiliza uma geometria obtida a partir de diferentes níveis de polígonos, resultando em uma topologia dupla-estrela uniformemente distribuída e, o segundo permite representar áreas com distribuição menos homogênea, com a aplicação de diferentes topologias como: estrela, dupla-estrela, anel, barramento ou uma combinação delas, mas ainda distinta da distribuição real de uma rede. Essa abordagem pode distorcer de forma significativa os custos de construção da rede de distribuição que atende cada *cluster*.

O submódulo de Interface (*clusintf.exe*) calcula a área de cada *cluster*, que é determinada pelo conjunto de localizações de usuário mais externas. Essa informação é utilizada pelo módulo seguinte para o cálculo da densidade de linhas por *cluster*.

O módulo de Rede de Acesso (*feeddist.exe*) é responsável pelo projeto e cálculo de custos dos segmentos de rede de alimentação e de distribuição para cada centro de fios.

O projeto desses segmentos assemelha-se ao problema *Minimum Spanning Tree* – no qual deve-se conectar todos os nós da rede de forma que o comprimento de árvore⁵⁶ obtido seja o menor possível – e sua solução é baseada no algoritmo de Prim (1957) e em algumas de suas variantes, conforme descrito nas próximas seções.

Uma vez dimensionada a rede de acesso o processo para a obtenção dos valores de *CAPEX* e *OPEX* depende de parâmetros financeiros e de informações de engenharia e de custos, conforme Figura 6.3:

⁵⁶ Segundo Yamakami (2004), uma árvore, ou árvore geradora, é um subgrafo (subrede) contendo todos os nós do grafo (rede) original e exatamente um caminho entre cada par de nós do grafo (rede) original. Ela pode ser caracterizada por ser um grafo conexo (no qual há pelo menos um caminho entre cada par de nós) sem ciclos.

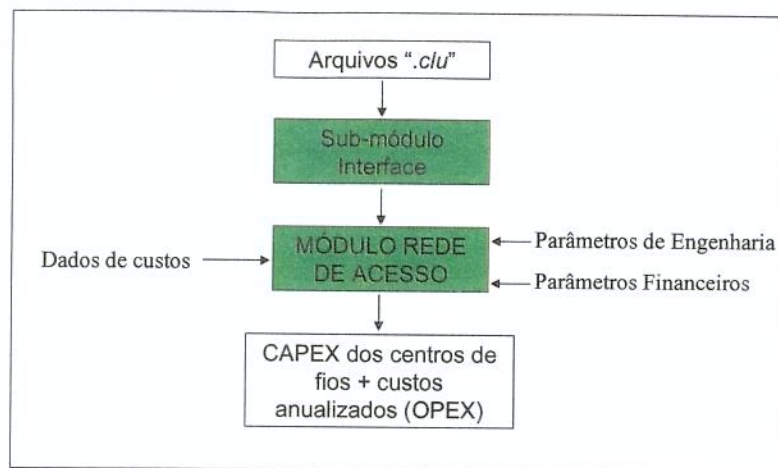


Figura 6.3 – Obtenção dos valores de *CAPEX* e *OPEX*.

O módulo de Rede de Acesso ainda converte investimentos em estimativa de custos operacionais recorrentes, devidos ao provimento do serviço, por meio da aplicação de um fator. Esse fator é ajustado através dos parâmetros denominados *Annual Charge* e pode representar:

- Despesas específicas da planta, tais como: a manutenção de facilidades e despesas de equipamentos;
- Despesas não específicas da planta, tais como: engenharia, operações da rede e despesas de energia;
- Despesas de serviço de usuários, tais como: *marketing*, bilhetagem e despesas de lista de assinantes; e
- Despesas de operações corporativas, tais como: administração, recursos humanos, assessorias jurídicas e despesas contábeis.

O módulo de Rede *InterOffice* (*ioclust.exe*) é composto por dois submódulos:

- Submódulo *Interoffice Clustering*; e,
- Submódulo *Interoffice Design*.

O submódulo *Interoffice Clustering* utiliza a análise em *clusters* para identificar agrupamentos de comutadores em uma hierarquia em anel, de forma a garantir uma adequada interligação entre todos os nós da rede.

O submódulo *Interoffice Design*, executado em seguida, é responsável pelo dimensionamento das rotas de interligação e pelos investimentos em fibras, infra-estruturas de dutos e ainda pelas capacidades dos equipamentos de comutação e de transmissão.

Diferentemente da rede de acesso, que possui topologia em estrela, a rede de transporte tem topologia em anel, que apresenta a vantagem da redundância de caminho entre dois nós.

6.2.1 Algoritmos utilizados

Segundo Bush (1999), os módulos de Clusterização e de Rede de Acesso podem ser divididos nas seguintes etapas, ilustradas na Figura 6.4:

I – Módulo de clusterização: Agrupa os usuários para determinar as seções de serviço (*clusters*), a partir da exata localização (latitude e longitude) de cada usuário residencial e comercial de um centro de fios;

II – Submódulo de interface: Realiza a sobreposição de grades sobre cada seção de serviço (*cluster*) e a alocação dos usuários no interior de células para a melhora do desempenho dos métodos aplicados em seguida;

III – Módulo de rede de acesso: Dimensiona o segmento de distribuição da rede para cada seção de serviço, por meio de um algoritmo que se baseia nos contornos da estrutura da grade ou pelo algoritmo Prim original. Em seguida, o segmento de alimentação da rede é dimensionado para conectar todas as seções de serviço ao centro de fios, por meio de um algoritmo Prim modificado.

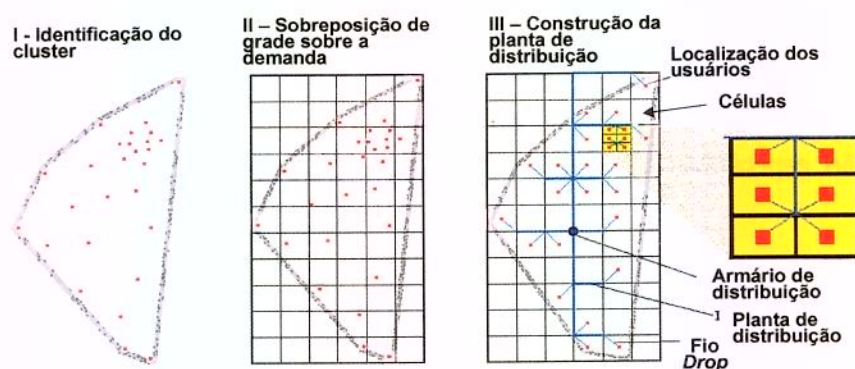


Figura 6.4 – Métodos aplicados pelo HCPM

A seguir são apresentados os principais algoritmos utilizados para a otimização dos diferentes segmentos de rede.

6.2.2 Módulo de Clusterização

O objetivo do módulo de Clusterização é criar um número apropriado de seções de serviço, em face da existência de custos fixos e variáveis no sistema. De uma maneira geral, custos fixos altos incentivam a criação de poucos *clusters* de grande porte, ao invés de muitos *clusters* de pequeno porte. Por outro lado, a distância média de um assinante até a SAI é maior com *clusters* de grande porte, aumentando o custo referente a cabos e infra-estruturas de dutos.

Por exemplo, ainda segundo Bush (1999), em áreas rurais é provável que os custos fixos mostrem-se bastante relevantes, devido à baixa densidade de usuários. Portanto, espera-se que o algoritmo utilizado gere o menor número de *clusters* possível. Já em áreas com densidades maiores, torna-se mais complexo para o algoritmo encontrar um número de *clusters* que atenda o compromisso ótimo entre os custos fixos e variáveis.

Por isso, o módulo deve agrupar os usuários segundo tal compromisso sem desprezar critérios de engenharia como, por exemplo, distância máxima entre SAI e localizações de usuário, número máximo de usuários por seção de serviço e fator de utilização (*fill factor*).

A distância máxima é definida pela distância a ser percorrida pelo sinal de telefonia, através de cabo metálico, cuja intensidade ainda seja suficiente para suportar conexões entre usuários e SAIs, no caso de SAIs com DLCs. No caso de rede exclusivamente metálica, ou seja, totalmente passiva, a distância máxima deve ser medida entre o centro de fios e as localizações de usuário.

Por sua vez, o número máximo de localizações de usuário por seção de serviço reflete a capacidade máxima dos armários e o fator de utilização representa o percentual de linhas que podem ser utilizadas.

Inicialmente, o módulo de Clusterização realiza a “rasterização”, por meio da qual é aplicada uma grade (*raster*) sobre todo o centro de fios. Essa grade é composta de células que podem (ou não) conter localizações de usuários. As localizações de usuários contidas em uma mesma célula passam a ser representadas em um único ponto, denominado ponto de rasterização⁵⁷, interno à essa célula.

O canto inferior esquerdo da grade é determinado a partir das menores coordenadas x e y de localizações de usuários e, o canto superior direito é determinado pelas maiores coordenadas x e y .

Embora o tamanho de célula recomendado pelos autores do HCPM seja de 150 x 150 pés, pode-se variá-lo de modo a aumentar ou diminuir o número de pontos de rasterização que o algoritmo utiliza para a formação dos *clusters*. Como consequência pode-se ter tempo de processamento e precisão dos resultados maiores ou menores.

Em seguida, inicia-se o processo de formação dos *clusters* baseando-se na distância dos usuários aos centros desses *clusters*. Nesse sentido, são disponíveis três algoritmos para otimizar a clusterização, baseados nos métodos *Divisive* e *Agglomerative*. Os três algoritmos são:

- Algoritmo *Divisive*: Recomendado pelos autores do HCPM, em Bush (1999), este algoritmo considera todas as localizações de usuário pertencentes a um *cluster* denominado “*cluster-pai 1*”, conforme Figura 6.5, desde que estejam a uma distância menor ou igual a uma distância máxima (d_{max})⁵⁸. O centro desse *cluster* coincide com o centro de fios e todas as demais localizações – que não se encontram nos limites desse *cluster* – são aglutinadas em outro *cluster* denominado “*cluster-pai 2*”. O algoritmo divide os *clusters* “pai” em novos *clusters* (“pai” e “filho”). A criação de um *cluster* “filho” inicia-se a partir da identificação do usuário mais distante do centro ponderado⁵⁹ do *cluster* “pai” original, que passa a ser o centro desse *cluster-filho*. Em seguida, o algoritmo compara a distância de cada usuário ao centro do *cluster-pai* com a distância desse usuário ao centro ponderado do *cluster-filho*. Se estiver mais próximo do centro do *cluster-filho*, então ele é retirado do *cluster-pai* e incluído no *cluster-filho*, desde que as restrições de engenharia sejam respeitadas.⁶⁰ Esse procedimento é repetido de forma iterativa até que todos os *clusters* atendam às restrições de engenharia.
- Algoritmo *Agglomerative*: Considera que cada localização de usuário constitui, inicialmente, um único *cluster*. Em seguida, o sistema é melhorado pela aglutinação dos dois *clusters* mais

⁵⁷ O ponto de rasterização é determinado calculando-se a média ponderada pelo número de linhas de acesso de localizações de usuários contidas na célula.

⁵⁸ Nessa figura, consideram-se distâncias de *Manhattan* (em ângulo reto) aqui denominadas de distâncias retilíneas.

⁵⁹ A ponderação do centro de cada *cluster* é feita considerando a distância de cada localização de usuário e a quantidade de linhas de acesso.

⁶⁰ As restrições de engenharia são a distância máxima do usuário à SAI e a capacidade da SAI.

próximos reduzindo o número total de *clusters* de 1. Esse procedimento é repetido de forma iterativa enquanto a distância média do sistema se mantiver menor do que a da situação inicial e os critérios de engenharia sejam respeitados.

- Algoritmo *Nearest-neighbor*: Adaptado do modelo HAI, esse algoritmo é semelhante ao anterior, diferindo somente na forma como efetua o cálculo da distância média. À semelhança do que ocorre no algoritmo *Agglomerative*, os *clusters* mais próximos são agrupados em um único *cluster*, desde que as restrições de engenharia sejam respeitadas. Entretanto, o algoritmo *Agglomerative* considera a menor distância entre os centros ponderados dos *clusters* vizinhos e o algoritmo *Nearest-neighbor* considera a menor distância dos usuários na fronteira de um *cluster* aos usuários nas fronteiras dos *clusters* vizinhos. Além disso, o algoritmo *Nearest-neighbor* possui uma restrição adicional, semelhante ao modelo HAI, de que não sejam aglutinados *clusters* cuja distância supere duas milhas.

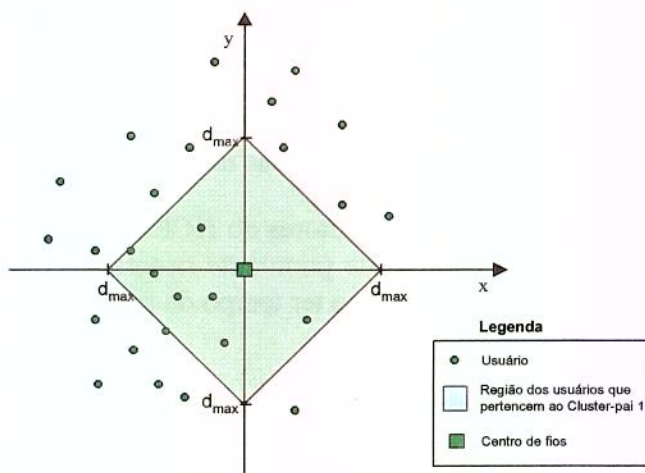


Figura 6.5 – Distribuição dos usuários nos *clusters*-pais 1 e 2

Após a definição dos *clusters* (inclusive dos *clusters* “pai” no algoritmo *divisive*) e, conseqüentemente, sua filiação, o módulo de Clusterização permite a refiliação dos usuários em relação a seus *clusters*, no sentido de reduzir a distância total entre os centros ponderados e o centro de fios. O módulo apresenta dois algoritmos diferentes para essa otimização:

- O primeiro é denominado de *Simple reassignment* e refilia as localizações de usuários a outros *clusters* se a localização é mais próxima do centro desse outro *cluster*. A refiliação opera seqüencialmente, levando em conta as restrições de distância máxima e quantidade de linhas (capacidade da SAI). Após a refiliação de cada localização de usuário, os centros ponderados dos *clusters* são recalculados e o algoritmo de refiliação é reaplicado, até que não ocorram mais refiliações.
- O segundo é denominado de *Full optimization* e considera as localizações de usuário uma-a-uma para reduzir a distância total entre as localizações. Nesse caso, mede-se o efeito que cada localização de usuário provoca na determinação do centro do *cluster*, movendo-a de um *cluster* para outro com o objetivo de diminuir a distância total entre as localizações de usuário e seus centros de *clusters*. A cada passo é movida a localização de usuário, cuja distância tenha apresentado a maior redução, até a situação na qual a redução não é mais possível.

Segundo Bush (1998), a forma mais eficiente de se obter a otimização do sistema consiste em uma sequência tripla, na qual os algoritmos de refiliação são executados na ordem *Simple reassignment*, *Full optimization* e *Simple reassignment*.

Entretanto, nos casos em que os centros de fios possuem grande quantidade de localizações de usuários, a execução do algoritmo *Full optimization* deve ser evitada em função do tempo excessivo de processamento.

Esses métodos de refiliação permitem atingir reduções na distância total entre localizações de usuários e o centro de fios – da ordem de 10 a 30% e, em alguns casos de 50 a 60% – com reflexo direto nos custos, segundo Bush (1999).

Ao fim do processamento, o módulo de Clusterização ainda divide cada um dos *clusters* em outras duas partes (pai e filho) e determina seus centros ponderados como potenciais SAIs (uma primária e outra secundária). O módulo de Rede de Acesso obtém os custos nas duas configurações, *cluster* original e *clusters* “pai” e “filho”, permitindo ao módulo selecionar, posteriormente, a opção de menor custo.

Nos casos em que existe somente um único usuário no *cluster* inicial, o módulo de clusterização posiciona a SAI na posição determinada na configuração original.

6.2.2.1 Submódulo de Interface

Para que os próximos módulos possam utilizar a informação gerada pelo módulo de Clusterização, o submódulo de interface converte a estrutura de informação.

Essa conversão começa pela aplicação sobre cada *cluster* de uma grade composta por várias células que, à semelhança do que é recomendado para o módulo de clusterização, devem ter um tamanho adequado de forma a atender o compromisso entre precisão e tempo de computação.

Novamente, o canto inferior esquerdo da grade é determinado a partir das menores coordenadas x e y das localizações dos usuários pertencentes ao *cluster* denotadas, respectivamente, por $minx$ e $miny$. De maneira semelhante, determina-se o canto superior direito, pelas maiores coordenadas x e y , $maxx$ e $maxy$, respectivamente, conforme Figura 6.6.

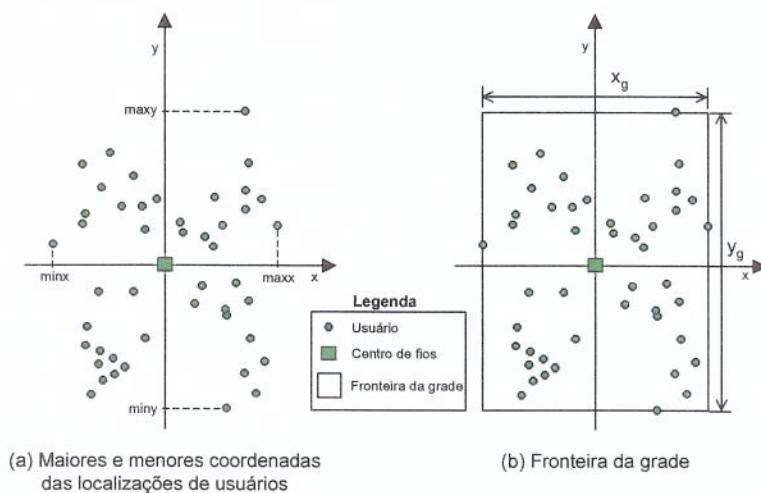


Figura 6.6 – Definição das fronteiras da grade

Dessa forma, os lados dessa grade x_g e y_g são dados, respectivamente, por

$$x_g = |(maxx - minx)| \quad (6.1)$$

$$y_g = |(maxy - miny)|. \quad (6.2)$$

A aplicação da grade é necessária para que cada localização de usuário seja aproximada por uma posição dentro da célula que a contém, de forma uniforme ao longo de toda a grade. Isso evita que o próximo módulo seja obrigado a dimensionar a rede de distribuição até a exata localização do usuário que, nos casos contendo centros de fios com grande capacidade (20.000 a 100.000), exigiria um tempo excessivamente longo de processamento.

Além disso, nesses casos, a aplicação da grade proporciona um número de células povoadas bem menor do que o número de localizações de usuários, devido às densidades envolvidas, simplificando o processo de dimensionamento dos segmentos de rede.

Em função do tamanho de célula selecionado, o submódulo a divide. Os números de linhas (n_{lin}) e colunas (n_{col}) da grade utilizada para isso, são dados por

$$n_{col} = \text{arredondar}(x_g / \text{microgrid_size} + 0,5) \quad (6.3)$$

$$n_{lin} = \text{arredondar}(y_g / \text{microgrid_size} + 0,5), \quad (6.4)$$

onde o parâmetro *microgrid_size* é o tamanho de célula⁶¹. Como a grade aplicada é definida como sendo uma área quadrada, o número de linhas e colunas é dado por

$$\max(n_{col}, n_{lin}). \quad (6.5)$$

Caso os usuários encontrem-se distribuídos mais numa direção do que na outra, a fronteira da grade tende a ficar “mais retangular”, como mostra a Figura 6.7.

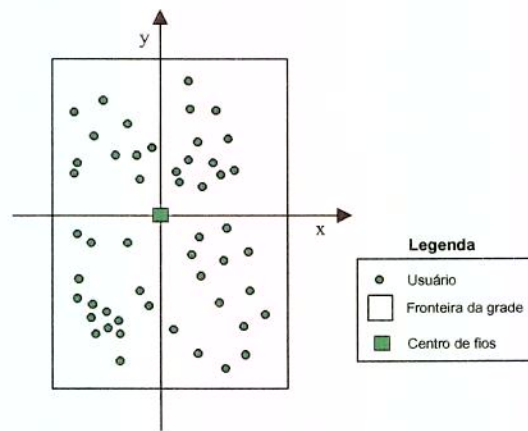


Figura 6.7 – Distribuição dos usuários

Para que a grade seja quadrada, no exemplo Figura 6.8 acrescenta-se o número de colunas à direita necessário para igualar o número de linhas e colunas.

Como as células são geradas automaticamente, cada grade apresenta um número diferente de células, visto que as dimensões da grade são determinadas pelas dimensões de cada *cluster*.

⁶¹ O tamanho de célula recomendado é de 360x360 pés e é obtido a partir das dimensões máximas de grade de 18.000x18.000 pés (distância máxima entre localização de usuário e SAI) e do número máximo de 50x50 (2.500) células por cluster que o módulo de Rede de Acesso admite para o cálculo dos segmentos de distribuição e alimentação da rede.

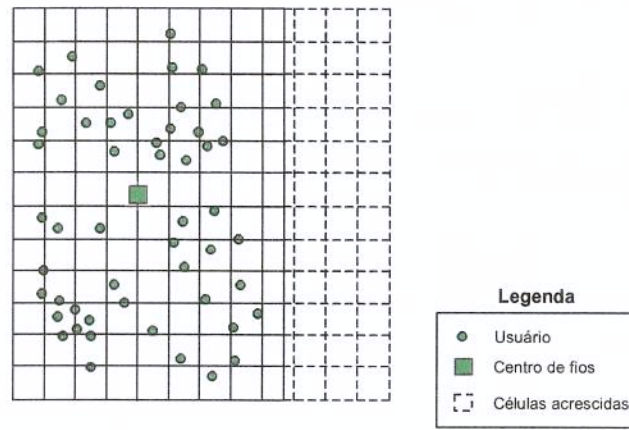


Figura 6.8 – Colunas incluídas na grade

Se $n_{col} \geq 50$ ou $n_{lin} \geq 50$, adota-se $n_{col} = n_{lin} = 50$, gerando uma grade 50 x 50. O tamanho da célula, é recalculado por meio da expressão

$$microgrid_size = \max(x_g/50, y_g/50). \quad (6.6)$$

No caso de o usuário não definir o tamanho de célula, o submódulo cria uma grade com $n_{col}=n_{lin}=50$ totalizando 2500 células.

Os usuários de um *cluster* são, então, designados a uma determinada célula da grade segundo sua localização. O modelo passa a considerar que os usuários estão uniformemente distribuídos dentro dessa célula.

Para satisfazer o compromisso entre tempo de computação e precisão, é desejável que o projeto de rede seja realizado somente para as células que contenham usuários.

Para isso, o submódulo de Interface converte as saídas do módulo de Clusterização em arquivos binários, que indicam a distribuição de células ocupadas e não ocupadas para o próximo módulo.

6.2.3 Módulo de Rede de Acesso

O módulo de Rede de Acesso tem por objetivo o dimensionamento dos segmentos de distribuição e de alimentação da rede de acesso.

O segmento de distribuição da rede consiste no conjunto de cabos metálicos, infra-estruturas de dutos e outras facilidades que servem para interligar cada uma das localizações de usuário com a SAI mais próxima. O seu dimensionamento é feito de duas formas: a primeira delas (*default*) considera o padrão americano de bairros e a segunda o padrão europeu.

Por sua vez, o segmento de alimentação consiste no conjunto utilizado para interligar cada SAI ao centro de fios, composto de cabos metálicos (ou ópticos) para transmissão digital de sinais (T1/E1)⁶² ou cabos metálicos analógicos, além de suas infra-estruturas de dutos.

O HCPM incorpora várias rotinas de otimização, tanto no segmento de distribuição como no segmento de alimentação, e seleciona a tecnologia mais adequada para o *loop* eletrônico examinando os custos de

⁶² Apesar do modelo ter sido concebido para o padrão de hierarquia digital da ANSI (*American National Standards Institute*), para fins de dimensionamento é possível adequá-lo ao padrão de hierarquia digital do ITU-T.

equipamentos T1/E1 e DLCs para diferentes capacidades, respeitando os limites informados para a distância entre o centro de fios e a localização de usuário mais distante de cada *cluster*.

O modelo permite especificar as seguintes distâncias máximas⁶³ para diferentes elementos da rede:

- *Copper gauge crossover*: Corresponde à distância máxima para o uso de cabo metálico analógico de 26 gauge ($\varnothing = 0,4\text{mm}$);
- *Copper distance threshold*: Corresponde à distância máxima para o uso de cabo metálico analógico de 24 gauge ($\varnothing = 0,63\text{mm}$);
- *Copper-T1 crossover*: Corresponde à distância máxima para o segmento de alimentação da rede, quando servida por cabo metálico para transmissão digital de sinais (T1/E1);
- *T1-fiber crossover*: Corresponde à distância máxima para o segmento de alimentação da rede, quando servida por cabo óptico para transmissão digital de sinais (T1/E1).⁶⁴

Segundo a recomendação dos autores do HCPM, à medida que a distância aumenta deve-se adotar a seguinte seqüência das diferentes alternativas tecnológicas: cabo metálico analógico de 26 gauge, cabo metálico analógico de 24 gauge, cabo metálico para transmissão digital de sinais e cabo óptico para transmissão digital de sinais.

Ainda no segmento de alimentação, o modelo compara a solução de derivação dos cabos ópticos – por meio de emenda das fibras – com a solução de instalação de múltiplos cabos para cada ponto de junção.

Todas as escolhas tecnológicas são feitas considerando-se os custos de ciclo de vida de cada tecnologia, ou seja, valores expressos em termos de depreciação anual.

6.2.3.1 Dimensionamento do segmento de distribuição

Para o dimensionamento do segmento de distribuição da rede, o HCPM emprega diferentes algoritmos.

Um desses algoritmos é destinado à distribuição de cabos dentro de cada célula e, para isso, aplica uma topologia de cabeamento a partir da SAI, na qual a rede de distribuição é formada por cabos de maior capacidade (*backbones*), distribuídos na direção horizontal, e por cabos de derivação, distribuídos na direção vertical, que passam ao longo de todas as células povoadas, sendo que, aquelas que possuem mais de uma localização de usuário são subdivididas em lotes de tamanho igual.

Os cabos *backbones* são conectados aos cabos de derivação vertical em vários pontos de junção e, dentro de cada célula os cabos *drop* são estendidos das terminações de *drop* até as localizações de usuário, no máximo de quatro, conforme Figura 6.9.

⁶³ Os dois primeiros parâmetros referem-se à distância entre o centro de fios e a localização de usuário mais distante pertencentes a um determinado *cluster*. Os dois últimos parâmetros referem-se às distâncias entre centro de fios e cada uma das SAIs.

⁶⁴ Quando são utilizados repetidores para a transmissão T1/E1 não existem restrições de distância, sendo que a decisão pela sua adoção é puramente econômica. Nos casos em que são utilizados modems HDSL é necessário considerar ambas restrições: máxima distância e custos. Ao ajustar os parâmetros T1-fiber crossover e copper-T1 crossover com valores iguais, o modelo ignora o uso de tecnologias T1 no segmento de alimentação da rede.

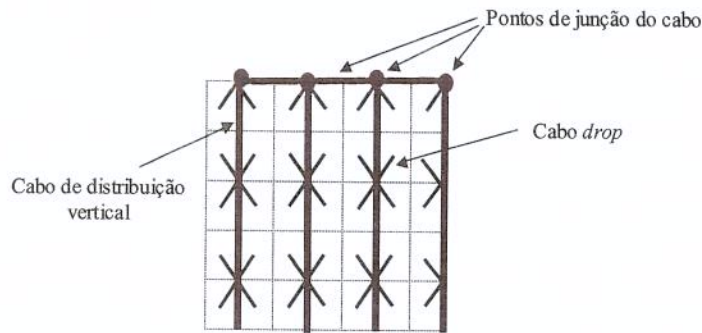


Figura 6.9 – Rede de distribuição ao longo das células

O modelo considera que o comprimento do cabo *drop* varia entre o seu valor máximo dado pela metade da diagonal da célula – quando a localização de usuário encontra-se no centro da célula – e o seu valor mínimo dado pela metade da lateral da célula – quando a localização de usuário encontra-se na fronteira da célula. A ponderação entre esses dois extremos é regulada pela variação entre 0 e 1 do parâmetro de entrada do modelo λ .

Além desse algoritmo, dois outros são utilizados para o dimensionamento do segmento de distribuição, propriamente dito, de forma a conectar todas terminações de *drop* à SAI mais próxima.

O primeiro deles é indicado para o dimensionamento de *clusters* com alta densidade de ocupação, nos quais a proporção de células povoadas em relação ao total de células é alta e o segundo é mais indicado para a otimização de segmentos de distribuição da rede em *clusters* com baixa densidade de ocupação, nos quais a proporção de células povoadas é baixa. A escolha fica a critério do usuário e consiste em ativar ou desativar o modo de otimização.⁶⁵

No primeiro algoritmo⁶⁶, o cabo *backbone* é “lançado” na horizontal, a partir do seu ponto situado mais a sudeste e entre a primeira e segunda seqüência horizontal de células, ao longo de todo o *cluster*. Em seguida, outro cabo *backbone* é “lançado” na vertical interligando a SAI. Por fim, outros cabos *backbones* são dispostos de forma a conectar todas as células povoadas, conforme Figura 6.10.

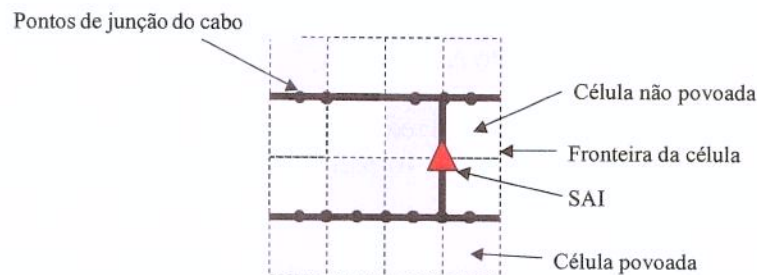


Figura 6.10 – Conexão das células até a SAI mais próxima

O segundo algoritmo é baseado no método de Prim (1957), que calcula a menor distância de cabos utilizados na interligação da SAI às terminações de *drop*.

⁶⁵ Esse modo do módulo de Rede de Acesso (*feeddist.exe*) é denominado *Optimize distribution routing* e pode ser aplicado apenas para as células com ocupação menor do que uma determinada densidade máxima.

⁶⁶ Esse algoritmo permite a distinção entre dois diferentes padrões de arruamento dos lotes: o americano e o europeu. A opção por um padrão ou outro é determinada pelo parâmetro de entrada “European indicator”. Quando este parâmetro apresenta valor “0” é considerado o padrão americano de quarteirões e quando o seu valor for “1” é adotado o padrão europeu. Existe ainda um parâmetro auxiliar – “European cutoff density” – que define a máxima densidade de usuários para utilização do padrão europeu. Caso a densidade do cluster avaliado supere este valor é adotado automaticamente o padrão americano.

Esse algoritmo é baseado em princípios da teoria de grafos aplicada aos nós da rede a ser otimizada para o qual é necessário definir um nó como “fornecedor”, sendo os demais considerados nós “clientes”, e aplicar funções de custo e de demanda por número de linhas para cada combinação de dois nós.

Visto que esse último algoritmo pode apresentar tempos de processamento muito longos para os casos de grandes *clusters*, é recomendável utilizá-lo somente nos *clusters* de baixa densidade de ocupação, desativando o modo de otimização, o que determina a aplicação exclusiva do primeiro algoritmo.

Caso a opção seja selecionada, ambos algoritmos são aplicados e o módulo seleciona o resultado de menor custo. Uma breve descrição do algoritmo de Prim é apresentada na seção 6.2.3.2.

Depois de concluído o dimensionamento do segmento de distribuição, o módulo Rede de Acesso (*feeddist.exe*) analisa todas as configurações possíveis, levando em conta as SAIs potenciais criadas pelo módulo de clusterização, para definir a SAI primária de cada *cluster*.

Para cada configuração de 1 ou 2 SAIs, o modelo calcula o custo total dentro do *cluster* da rede de distribuição que conecta cada usuário à SAI primária ou secundária mais próxima, as conexões T1 que ligam todas as SAIs primárias e secundárias e os custos de todos os equipamentos associados a T1/E1 ou DLCs.

Esses custos são determinados em função das capacidades, expressas em quantidade de linhas. A hierarquia digital utilizada é baseada nas padronizações DS-*n* (*n* = 1, 2 ou 3) e OC-*n* (*n* = 3) da ANSI com as seguintes capacidades:

- DS-1 ou T1: 24 linhas;
- DS-3 ou T3: 672 linhas (equivalente a 28 DS-1);⁶⁷
- OC-3 (3 DS-3): 2016 linhas (equivalente a 84 DS-1).⁶⁸

Para o dimensionamento são consideradas cinco capacidades diferentes de equipamentos DLCs (2016, 1344, 672, 96 e 24 linhas) e duas capacidades diferentes de equipamentos T1 (96 e 24 linhas). Os equipamentos DLCs exigem quatro fibras por equipamento e os equipamentos T1 exigem dois pares de cobre por DS-1, visto que transmitem no modo *half-duplex*.⁶⁹

O modelo também permite ajustar o nível de redundância (1:4) para os equipamentos T1, o que representa, por exemplo, um aprovisionamento de 10 pares metálicos para um equipamento de 96 linhas (8 pares para 4 DS-1s e 1 par para redundância).

Um cálculo similar é aplicado para a definição dos equipamentos envolvidos na conexão da SAI primária com as SAIs secundárias. O custo para um dado equipamento é o custo dos cabos que as interligam, sendo necessárias quatro fibras ópticas por equipamento DLC ou dois pares metálicos por equipamento T1 (além dos pares necessários para a redundância).

⁶⁷ O formato de quadro DS-*n* refere-se ao feixe de transmissão T_n, e vice-versa. Já o padrão OC-*n* corresponde à versão óptica do padrão elétrico STS-*n*, que juntos formam a hierarquia da Synchronous Optical NETwork (SONET). O HCPM considera para fins de cálculo de capacidade, o resultado bruto da concatenação dos feixes T_n. Entretanto, a multiplexação de feixes T_n exige a utilização de bits dos quadros DS-*n* para o transporte de overhead (informações necessárias para a demultiplexação dos feixes). Em termos líquidos, um feixe T3 transporta 24 feixes T1.

⁶⁸ Da mesma forma, o HCPM considera para fins de cálculo de capacidade, o resultado bruto da concatenação dos feixes OC-*n*. Em termos líquidos, um feixe OC-3 transporta 72 feixes DS-1.

⁶⁹ Nesse modo, a transmissão em cada sentido dá-se em pares separados: Centro de fios – SAI e SAI – Centro de fios.

Todos esses parâmetros são facilmente ajustados para a padronização En ($n = 1, 2$ ou 3) e $STM-n$ ($n = 1$) do ITU-T⁷⁰, com as seguintes capacidades:

- E1: 30 linhas;
- E2 (4 E1): 120 linhas;
- E3 (16 E1): 480 linhas;
- STM-1 (63 E1): 1890 linhas.

6.2.3.2 Dimensionamento do segmento de alimentação

Para o dimensionamento do segmento de alimentação da rede, o módulo Rede de Acesso (*feeddist.exe*) emprega uma variante do algoritmo de Prim, adotado no dimensionamento da rede de distribuição para solucionar o problema conhecido como *Minimum Cost Spanning Tree*.

Tanto no segmento de distribuição como no segmento de alimentação da rede, o objetivo é minimizar o custo de conectar cada nó cliente ao nó fornecedor.

No segmento de distribuição da rede, o nó “fornecedor” é representado pela SAI e os nós “clientes” são as localizações de usuários atendidos pela mesma SAI. Pode-se também aplicá-lo ao segmento de alimentação da rede de acesso que é interno ao *cluster* sendo que, nesse caso, a SAI primária é tomada como nó “fornecedor” e as demais como “clientes”.⁷¹

Da mesma maneira, no segmento de alimentação, que é externo ao *cluster*, o centro de fios é considerado o nó “fornecedor” e as SAIs primárias de cada *cluster* são os nós “clientes”.

O algoritmo de Prim original permite construir uma configuração de rede entre o nó “fornecedor” e os nós “clientes” de mínima distância (*minimum distance spanning tree network*).

A partir da identificação do nó “fornecedor”, o algoritmo busca o nó “cliente” mais próximo que ainda não tenha sido anexado à rede e o anexa à “árvore”. De forma iterativa, os nós que ainda não foram anexados à rede são considerados.

Prim (1957) demonstra que esse método simples de encadeamento é suficiente para que o resultado final apresente a mínima distância de rede, não sendo possível obter outra configuração com distâncias agregadas menores. De fato, independente do nó que é tomado como inicial o resultado é o mesmo.

Entretanto, segundo Bush (2001) o resultado final somente corresponderá ao de mínimo custo se a distância for a componente de custo mais relevante, pois, como o algoritmo minimiza a distância total entre todos os nós “clientes” e seus nós “fornecedores”, a distância entre um determinado “cliente” e seu “fornecedor” não é a menor, necessariamente, o que pode levar a custos mais altos caso ocorra, por exemplo, uma maior demanda por número de linhas entre esses dois nós ou se sua infra-estrutura de dutos se apresenta mais cara.

⁷⁰ Por sua vez, o padrão E- n refere-se ao formato de quadro e ao feixe de transmissão. Já o padrão STM- n corresponde à hierarquia da *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH).

⁷¹ Embora, nesses dois casos (segmento de distribuição e segmento de alimentação interno ao *cluster*) o HCPM adota o algoritmo Prim original que busca otimizar apenas a distância.

Por isso, o HCPM adota duas principais modificações no algoritmo de Prim. Na primeira, o modelo cria um conjunto de potenciais pontos de junção ao longo das rotas Norte-Sul e Leste-Oeste do segmento de alimentação da rede, criadas a partir do centro de fios. Esses pontos de junção criam oportunidades para compartilhar os custos da infra-estrutura de dutos e, em algumas circunstâncias, podem reduzir a distância entre dois nós específicos, conforme Figura 6.11.

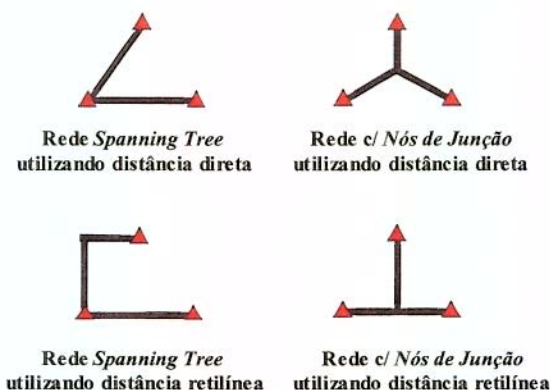


Figura 6.11 – Distâncias mínimas em redes com e sem nós de junção

A segunda modificação no algoritmo de Prim refere-se à regra utilizada para anexar nós “clientes” novos à rede. Ao invés de minimizar a distância de um nó “cliente” ainda não anexado, o algoritmo minimiza o custo total de anexar esse nó, considerando todos os custos decorrentes dessa conexão como, por exemplo, a quantidade de linhas demandada por esse nó.

O fluxograma do algoritmo modificado pode ser resumido da seguinte forma:

- Passo 1: Considerar o centro de fios como o nó “fornecedor”;
- Passo 2: Do conjunto de nós “clientes” determinar o nó cujo custo médio por linha (incluídos os custos de infra-estruturas de dutos, cabos e equipamentos) seja o menor ao conectá-lo a qualquer nó da rede existente;
- Passo 3: Repetir o passo 2 para cada nó “cliente” sendo que, o custo de conexão depende do nó analisado bem como dos custos incrementais de anexá-lo à rede;
- O algoritmo finaliza quando todos os nós tiverem sido anexados.

Ao contrário do que ocorre com o algoritmo original, é possível que outras configurações apresentem custos menores do que a obtida ao término do processamento. Entretanto, sua escolha deve-se ao fato de ser altamente eficiente, segundo Bush (1999).

6.2.4 Módulo de Rede *InterOffice*

O submódulo *Interoffice Clustering* (*ioclust.exe*) é responsável pelo dimensionamento da rede de transporte e se baseia na localização dos centros de fios, onde se encontram as centrais locais de

comutação dos tipos *host* e remoto. Além disso, o submódulo reconhece a função de central *tandem* para aquelas identificadas como tal⁷², conforme Kennet (2002).

As informações relevantes para o submódulo dizem respeito à localização exata das centrais, o seu número de linhas (residenciais e comerciais), o tráfego de pico total de cada central e entre centrais (medido em termos de CCS - *Centum Call Second*)⁷³ e o total de minutos de uso anual (medido durante os períodos de pico e fora do pico).

Outras informações são necessárias quando não se executa o módulo Rede de Acesso: os números de linhas DS-0 e DS-1 (residenciais e comerciais), de DLCs e de linhas especiais (*Leased Lines*).

Após a identificação das centrais tandem, o submódulo cria as configurações com centrais dos tipos *host* e remoto, baseadas em critérios de entrada informados como, por exemplo, o número máximo de linhas em uma central do tipo remoto e o número máximo de linhas em um anel óptico que interliga centrais *host*.

Segundo Kennet (2002), o submódulo *Interoffice Design* baseia-se nas metodologias utilizadas nos modelos BCPM (*INDETEC International, Inc.*) e HAI (*HAI, Inc.*), e não foi adotado na versão utilizada pela FCC.

Essencialmente, o submódulo estabelece anéis ópticos em três diferentes níveis para interligar as centrais remotas (R), as centrais *host* (H) e as centrais *tandem* (T) entre si para uma determinada área, conforme Figura 6.12.

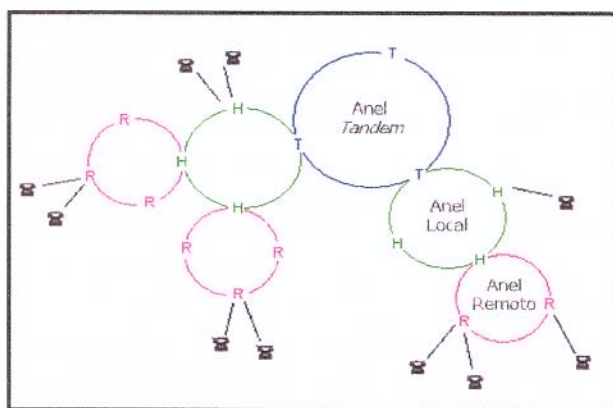


Figura 6.12 – Anéis SDH

Ainda segundo Kennet (2002), a capacidade dos anéis ópticos é determinada com base no tráfego total de pico de cada anel e a capacidade de cada enlace entre os centros de fios é determinada segundo as distribuições de probabilidade de Poisson ou Erlang-B, de acordo com a opção definida pelo usuário.

Para o cálculo dos custos de cada anel óptico, o submódulo *Interoffice Design* deve considerar custos de infra-estrutura de dutos e de cabos, à semelhança do que é feito pelo módulo Rede de Acesso.

⁷² Se nenhuma central *tandem* é definida, o submódulo define em quais centros de fios tais centrais devem ser previstas, analisando a melhor forma de aglomerar as centrais locais segundo critérios de engenharia como, por exemplo, o número máximo de centrais locais (*host*) em cada anel óptico e/ou o número mínimo de zonas de centrais *tandem* que se deseja criar.

⁷³ Unidade norte americana expressa em centenas de segundos de chamada.

Nesse caso, para otimização desses anéis o HCPM 2.6 utiliza o algoritmo *Simulated annealing*, descrito por Van Laarhoven (1987) e que se baseia em uma analogia com a termodinâmica, ao simular uma operação conhecida como recozimento (*annealing*).

Adicionalmente, o submódulo utiliza um fator anual para cada tipo de investimento, com o objetivo de representar despesas anuais tais como, custo de capital, custos operacionais, de manutenção e de depreciação dos anéis ópticos. Esse fator é ajustado pelos parâmetros de entrada do HCPM.

Para o cálculo dos custos de comutação, o submódulo *Interoffice Design* baseia-se na plataforma DMS-100 de centrais dos tipos *host* e remoto da NORTEL.

Os custos de comutação são calculados pelo número de linhas DS-0 / DS-1 e pelo tráfego de pico total de cada central e entre centrais, sendo que o tráfego de pico entre centrais deve ser menor ou igual ao tráfego total de cada central.

Inicialmente, o submódulo considera a necessidade de instalar centrais locais em um mesmo centro de fios, a partir do número de linhas (residenciais e comerciais) de cada centro de fios e da capacidade máxima de cada central *host*.

Em seguida, calcula o custo de placas de assinante na central *host*, considerando o número de portas de cada placa informado como parâmetro de entrada do HCPM. São considerados os seguintes tipos de placas:

- Placas Tipo A: Para acesso individual;
- Placas Tipo B⁷⁴: Para Telefones de Uso Público.

Cada placa é acondicionada em um concentrador, que por sua vez é acondicionado em módulos e estes em quadros. Todas as modularidades são parâmetros de entrada do HCPM.

A matriz de comutação é considerada com capacidade ilimitada (*enet*) e o cálculo da transmissão entre módulos concentradores e portas de central é baseado no nível de bloqueio desejado, utilizando distribuição *Poisson* ou *Erlang-B*. Da mesma forma, se obtém o dimensionamento da transmissão entre centrais dos tipos *host* e remoto.

O custo do Distribuidor Geral é considerado como um custo, predominantemente fixo, sobre o qual são adicionados os custos por linha de acesso.

Por fim, como nos outros módulos, o submódulo utiliza um fator anual com o objetivo de representar despesas anuais tais como, custo de capital, custos operacionais, de manutenção e de depreciação das centrais. As despesas operacionais relativas à planta são obtidas a partir de um percentual do CAPEX de cada categoria de plataforma e representadas em bases anuais.

A forma simplificada como esse fator representa tais despesas é uma das razões de crítica ao HCPM, conforme Weingarten (2003).

Considerando que tais despesas representam uma componente significativa do custo TELRIC obtido, seria recomendável que o HCPM calculasse tais despesas utilizando metodologia ABC e em bases prospectivas (FL), à semelhança do que é feito para o CAPEX.

⁷⁴ Placas Tipo B são usadas para Party Lines, *Ground Start PBX* (*Private Branch eXchange* que usa o plano terra em vez de segundo fio para conectar-se à central *host*) e TUPs.

Da mesma forma, a taxa de depreciação utilizada deveria ser considerada em bases prospectivas. Ao contrário, o HCPM utiliza séries históricas de quando os mercados de telefonia local operavam sob monopólio e as empresas se permitiam depreciar suas plataformas tecnológicas de forma lenta.

Nesse aspecto, a forma como a metodologia TITAN/OPTIMUM obtém essas despesas, descrita por Olsen (1999), é mais adequada ao cálculo prospectivo que se espera de uma metodologia *Bottom-Up*, à medida que se baseia em informações da própria tecnologia como, por exemplo, MTBF (*Mean Time Between Failures*) e MTTR (*Mean Time To Repair*).

6.3 Análise dos algoritmos voltados para a rede de acesso do HCPM

Apesar de Bush (1998) considerar os algoritmos utilizados para clusterização da demanda e para dimensionamento da rede de acesso muito eficientes na otimização de seus processos, é recomendável realizar alguns testes sobre estruturas de redes bem comportadas, no intuito de obter um conhecimento mais detalhado do funcionamento desses algoritmos.

A estrutura de dados do HCPM é aberta, de forma que:

- A ferramenta pode utilizar informações de recenseamento público (modo *Census Block*) ou de localização real dos usuários (modo *Household*);
- As informações de preços podem ser ajustadas para considerar diferenças de custos regionais;
- Os algoritmos do modelo são abertos para consulta pública e todo o código fonte é livremente disponível.

No caso dos algoritmos de clusterização, os autores recomendam a utilização do *Divisive* por apresentar melhor desempenho que os demais. E, no caso dos algoritmos de dimensionamento da rede de acesso, alegam que a modificação do algoritmo Prim representa melhor o processo de como as redes são continuamente expandidas na vida real, a partir dos centros de fios e com a adição de novos nós à medida que novas comunidades são incluídas.

6.3.1 Algoritmos de Clusterização

A estrutura de rede utilizada para analisar os algoritmos de clusterização é representada por uma área de centro de fios com aproximadamente 9,92 km² e atendendo a 100 localizações de usuários (~ 10 linhas/km²), conforme Figura 6.13.

Essa área equivale à região atendida pelo maior centro de fios do estudo de caso do Capítulo 8, porém a demanda é limitada a um terminal de acesso por localização de usuário, e distribuída de forma uniforme e equidistante.

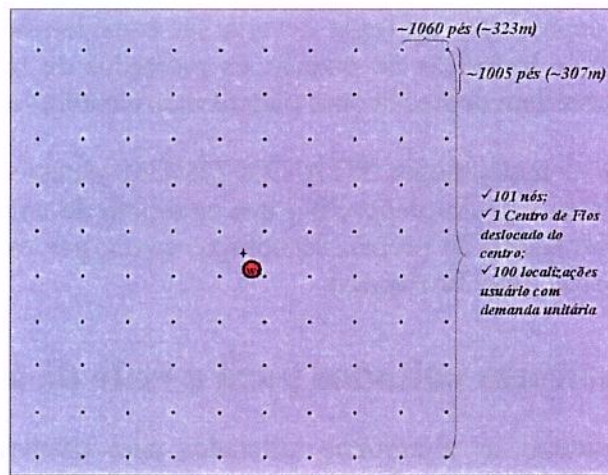


Figura 6.13 – Centro de fios analisado com os algoritmos de clusterização

Para verificar as características de cada um dos três algoritmos utilizados para a clusterização (*Divisive*, *Agglomerative* e *Nearest-neighbor*) são apresentadas diferentes simulações variando a distância máxima que separa as localizações de usuário e a SAI, para cada *cluster*, resultando em diferentes áreas de atendimento.

A análise limita-se à faixa de distâncias máximas entre 1005 pés (~306 m) e 8782 pés (~2677m) na qual o algoritmo *Agglomerative* mostra-se operacional. Embora o algoritmo devesse operar além dessa faixa, à semelhança dos outros dois algoritmos, ele não é capaz de processar limites de distância menores do que 1005 pés que separa as localizações de usuário

Com a distância máxima entre a localização de usuário e a potencial localização da SAI configurada para 8782 pés, o algoritmo *Agglomerative* apresenta um número menor de *clusters*, conforme Figura 6.14, o que equivale a uma área bastante extensa, de aproximadamente **22,51 km²**.

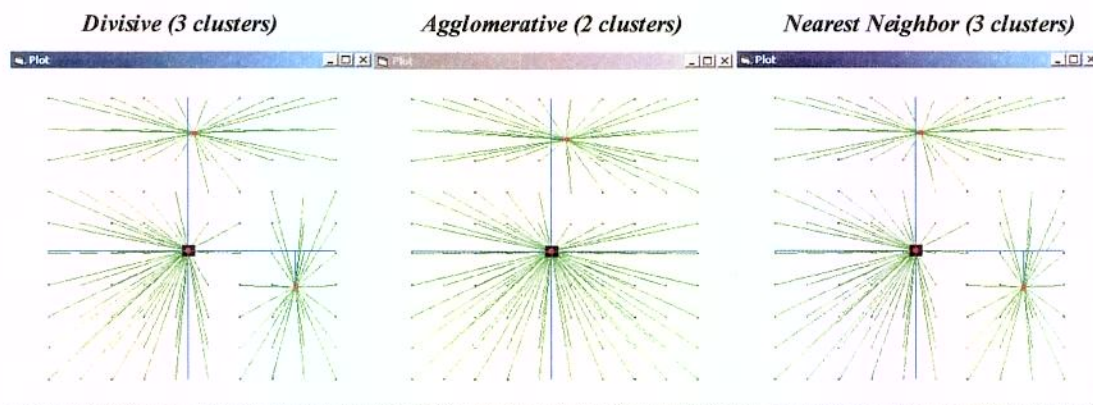


Figura 6.14 – *Distance limit* = 8782 feet (~r = 2677m)

Com a distância máxima reduzida para 8000 pés, e área de atendimento de ~ **18,67 km²**, o algoritmo *Agglomerative* obtém o maior número de *clusters* entre os três algoritmos, conforme Figura 6.15.

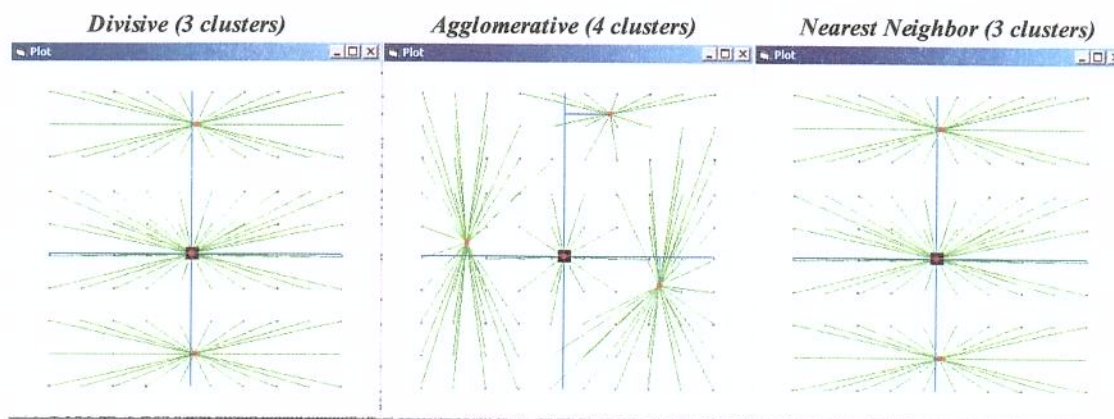


Figura 6.15 – *Distance limit* = 8000 feet ($\sim r = 2438\text{m}$)

Com a distância máxima de 6000 pés, em uma área de $\sim 10,50 \text{ km}^2$, o algoritmo *Agglomerative* apresenta número maior de *clusters* e sobreposições anômalas entre os *clusters*, conforme Figura 6.16.

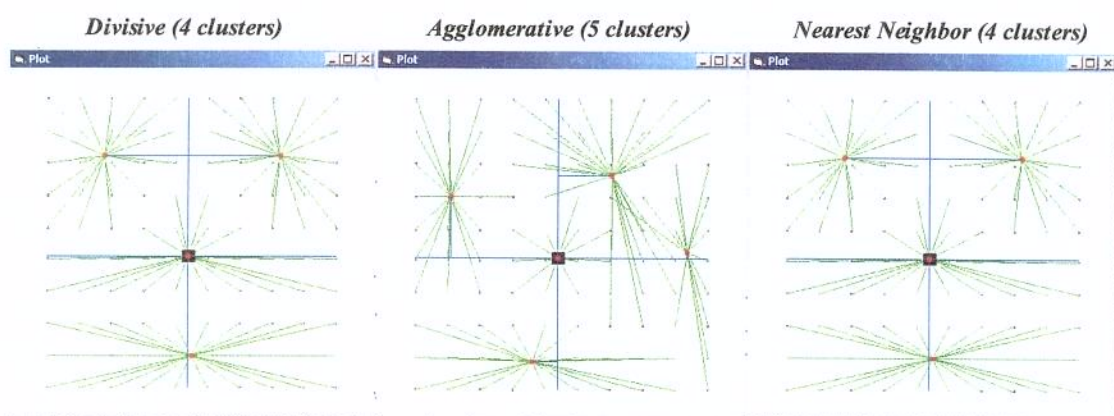


Figura 6.16 – *Distance limit* = 6000 feet ($\sim r = 1829\text{m}$)

Com a distância máxima de 5000 pés, em uma área de $\sim 7,29 \text{ km}^2$, as sobreposições produzidas pelo algoritmo *Agglomerative* tornam-se menos acentuadas. Por sua vez, o algoritmo *Nearest Neighbor* apresenta um número maior de *clusters* em relação ao algoritmo *Divisive*, conforme Figura 6.17.

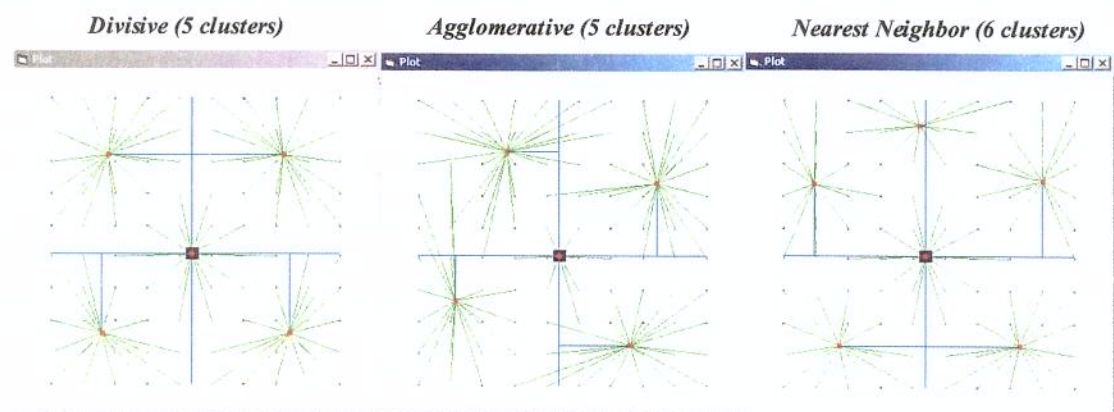


Figura 6.17 – *Distance limit* = 5000 feet ($\sim r = 1524\text{m}$)

Ao diminuir a distância máxima para 4000 pés, e área de $\sim 4,66 \text{ km}^2$, o algoritmo *Nearest Neighbor* continua com número maior de *clusters* em relação ao algoritmo *Divisive*, conforme Figura 6.18.

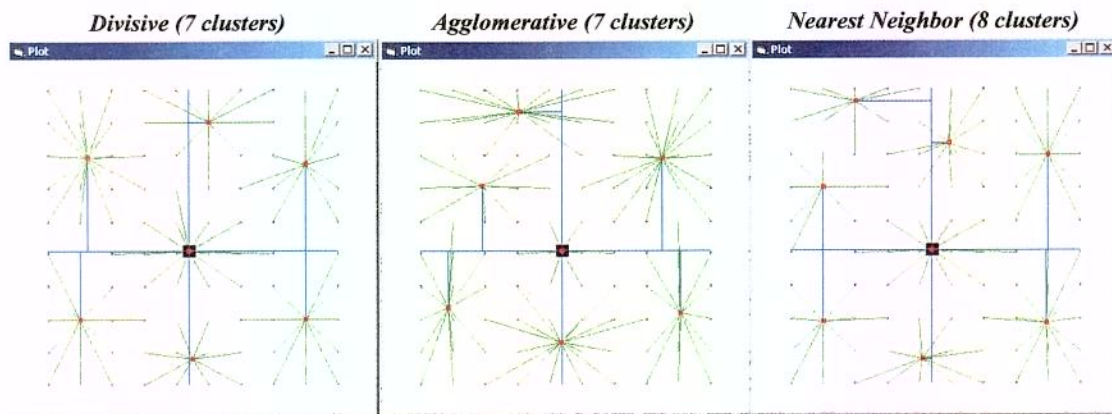


Figura 6.18 – *Distance limit* = 4000 feet ($\sim r = 1219\text{m}$)

Esse comportamento se mantém até a distância máxima de 2000 pés, com área de atendimento de $\sim 1,17 \text{ km}^2$, e o algoritmo *Divisive* apresenta maior número de *clusters*, conforme Figura 6.19.

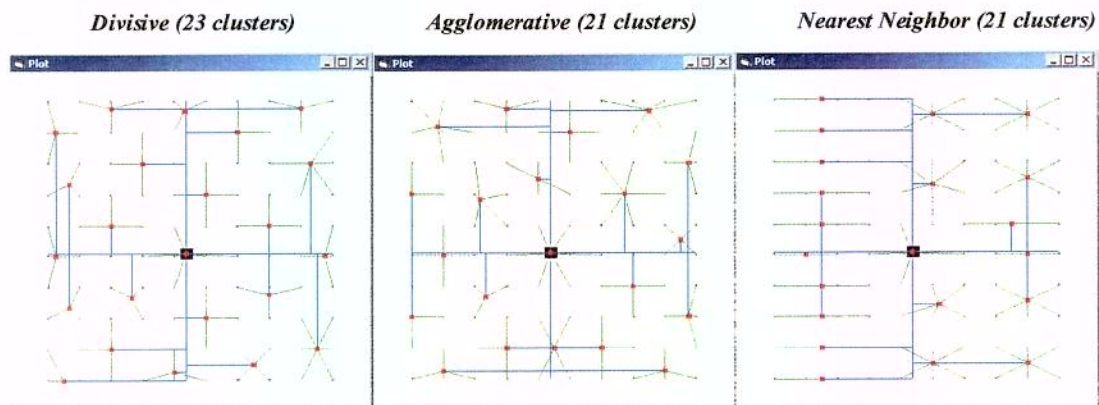


Figura 6.19 – *Distance limit* = 2000 feet ($\sim r = 610\text{m}$)

Continuando a análise para áreas menores, o algoritmo *Agglomerative* obtém número menor de *clusters* até uma área equivalente a $\sim 0,29 \text{ km}^2$. A partir desse ponto, a distância máxima de 1005 pés se iguala à menor distância entre as localizações de usuários, situação na qual o método não é inicializado. Ou seja, o algoritmo *Agglomerative* apresenta melhor funcionamento em uma faixa muito limitada de áreas de atendimento, entre $\sim 0,29 \text{ km}^2$ e $\sim 1,17 \text{ km}^2$ e acima de $\sim 22,51 \text{ km}^2$.

Por sua vez, o algoritmo *Nearest Neighbor* mostra-se operacional para todas as áreas testadas. Entretanto, apresenta desempenho semelhante ou inferior ao do algoritmo *Divisive*, no que tange a obtenção de um número menor de *clusters* gerados e com melhor distribuição. Por isso, esse último mostra-se como sendo o mais robusto para as diversas situações de distribuição da demanda de uma operadora genérica analisadas, em termos de distâncias máximas.

Tal constatação reforça a recomendação dos autores do HCPM para a utilização do algoritmo *Divisive* em detrimento aos demais.

6.3.2 Algoritmos de dimensionamento de rede de acesso

Em Bush (1999), o desempenho dos algoritmos modificados é comparado com o do algoritmo Prim original, para uma rede com 15 nós (1 centro de fios e 14 nós “clientes”), conforme Figura 6.20.

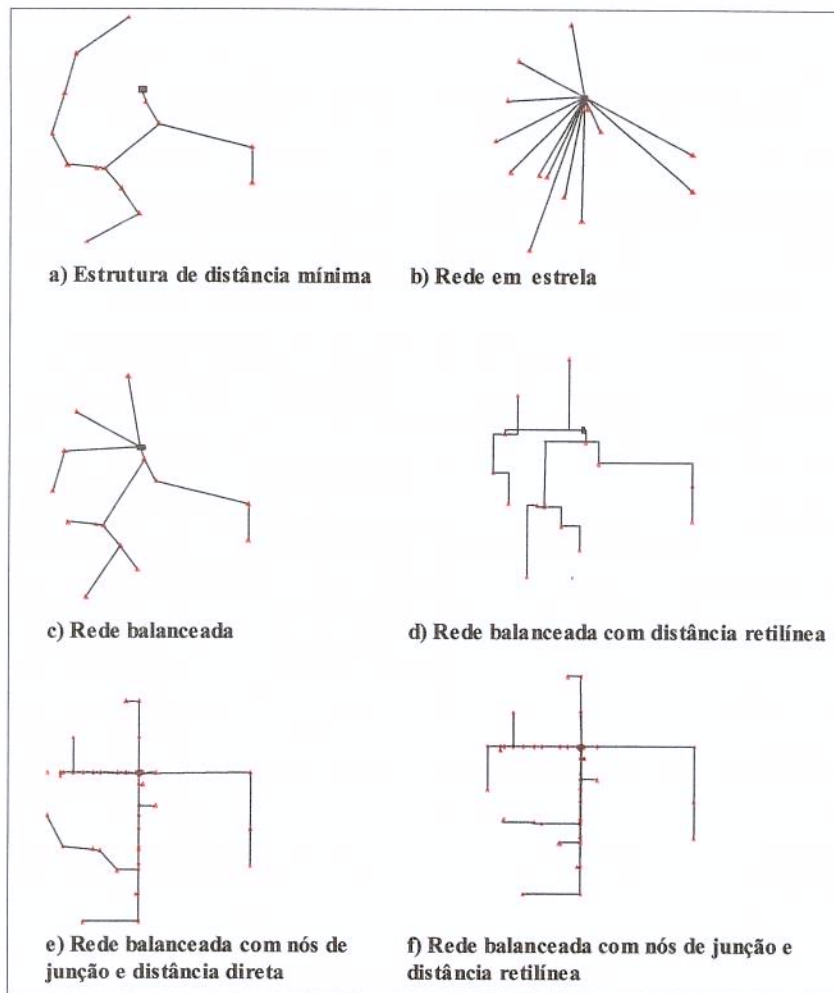


Figura 6.20 – Comparação dos algoritmos *Prim* original e com modificações

Cada nó cliente é definido com demanda de uma unidade, sendo a função custo por enlace expressa por:

$$\text{Custo por enlace} = (PS + T.PC).distância, \quad (6.7)$$

onde,

- PS é o preço das infra-estruturas de dutos por unidade de distância (em pés);
- PC é o preço de cabo por unidade de distância (em pés);
- T é o tráfego encaminhado no enlace.

Inicialmente adota-se $PS = 1$ e $PC = 0$, fazendo com que a estrutura de custo mínimo também seja a de distância mínima, semelhante ao resultado obtido pelo algoritmo Prim original, conforme Figura 6.20a).

Em seguida, adota-se os valores $PS = 0$ e $PC = 1$, o que torna a demanda relevante de forma a inviabilizar o “cascadeamento” dos enlaces, devido à soma das demandas, exigindo a minimização das distâncias de cada enlace, por meio da topologia de rede em estrela, conforme Figura 6.20b).

Quando ambas componentes tornam-se relevantes do ponto de vista de custos, com $PS = 1$ e $PC = 1$, e se adota distância aérea, a rede se torna balanceada na tentativa de minimizar a distância total dos enlaces e

a distância de cada enlace, conforme Figura 6.20c). Essa mesma situação apresenta enlaces mais longos ao se estabelecer a condição de distância retilínea, conforme Figura 6.20d).

Por fim, os efeitos obtidos pela criação de nós de junção ao longo dos eixos Norte-Sul e Leste-Oeste, a partir do centro de fios, podem ser observados na Figura 6.20e) e na Figura 6.20d).

A Tabela 6.1 mostra a comparação dos resultados obtidos. Dentre as funções que consideram as infra-estruturas de dutos e de cabos igualmente relevantes, do ponto de vista de custos, a rede balanceada apresenta o melhor resultado. Entretanto, tal função não representa de forma adequada os contornos de uma rede cabeada em uma zona urbana.

	<i>Distância dos enlaces</i>
<i>Estrutura de distância mínima (Prim original)</i>	303,80
<i>Rede em estrela</i>	179,80
<i>Rede balanceada</i>	199,20
<i>Rede balanceada com distância retilínea</i>	255,30
<i>Rede balanceada com nós de junção e distância direta</i>	254,80
<i>Rede balanceada com nós de junção e distância retilínea</i>	230,60

Tabela 6.1 – Distância média entre o Centro de Fios e os nós clientes

Além de permitir o cálculo das distâncias diretas e retilíneas entre os nós, o modelo também aplica um fator⁷⁵ de arruamento para converter as distâncias calculadas em distâncias reais, devido o traçado das ruas e às características do terreno.

⁷⁵ Esse fator, em princípio, deveria ser determinado empiricamente para cada área analisada, comparando dados reais de cabeamento e dados calculados.

Capítulo 7

Cálculo da Parcela Não Recuperável para o uso do FUST

A imputação de obrigações para a universalização de serviços é um mecanismo que busca garantir a disponibilidade dos mesmos, de forma dissociada dos interesses econômicos das empresas que os exploram. Contudo, a universalização impõe custos adicionais às empresas responsáveis pelo provimento dos serviços e que não ocorreriam na ausência da obrigação de atendê-la.

Em alguns casos, a própria concessão de exploração dos serviços pressupõe esse encargo, o qual deve ser compensado por meio da exploração eficiente do objeto da concessão. Em outros, contudo, dadas as particularidades de algumas regiões, grupos de usuários, ou mesmo de projetos específicos, tais encargos quando suportados pelas empresas prestadoras, constituir-se-iam numa distorção de mercado que poderia comprometer até mesmo o desempenho econômico da empresa.

No intuito de eliminar eventuais efeitos negativos que a universalização de serviços de telecomunicações possa ter sobre o setor, muitos países criaram formas de compensar as empresas pelos custos que se mostrarem incompatíveis com a exploração do negócio.

Os recursos para esse ressarcimento podem ser oriundos, dentre outras fontes, de fundos específicos para a universalização. Desse ponto em diante a questão então passa a ser: o quê será ressarcido, em que momento e de que forma, sem perder de perspectiva o estímulo à eficiência econômica e a qualidade dos serviços prestados.

Nesse sentido, a legislação brasileira mostra-se semelhante à de alguns países que adotam o conceito de ressarcir apenas a parcela de custos que não possa ser recuperada com a exploração eficiente dos serviços.

7.1 A legislação brasileira

No Brasil, os recursos previstos para o financiamento da universalização são provenientes do Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (FUST), criado pela Lei Nº 9.998, de 17 de agosto de 2000.

Esse fundo tem por finalidade proporcionar os recursos destinados a cobrir a parcela de custo exclusivamente atribuível ao cumprimento das obrigações de universalização de serviços de telecomunicações, que não possa ser recuperada com a exploração eficiente do serviço, nos termos do disposto no inciso II do art. 81 da Lei no 9.472, de 16 de julho de 1997.

Além disso, a regulamentação⁷⁶ voltada para a aplicação do fundo exige a demonstração do nível de eficiência na prestação pelo uso otimizado das redes de telecomunicações, pelo aproveitamento de recursos materiais e humanos compartilháveis e pelos ganhos de escala e de produtividade associados.

Todas essas exigências podem ser atendidas por uma metodologia capaz de identificar os custos evitáveis e as receitas renunciáveis, ou seja, cuja ocorrência não se verificaria caso a imposição das obrigações de universalização fosse removida. Tal cálculo se baseia na contraposição de custos e receitas incrementados

⁷⁶ Resolução N.º 269, de 9 de julho de 2001, que aprova o Regulamento de Operacionalização da Aplicação de Recursos do Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações – Fust, em Anatel (2001).

devido às obrigações com os custos e as receitas decrementados devido à remoção de tais obrigações, conforme descrito no Capítulo 5.

Além disso, muitos países estimam os custos evitáveis a partir de modelos de custos incrementais de longo prazo (LRIC) que, ao representar os custos de um serviço completo (Serviço Universal), configuram um modelo TSLRIC, conforme descrito no Capítulo 3.

Segundo De Bragança (2005), as metodologias TELRIC/TSLRIC se difundiram devido aos aspectos identificados por Vogelsang (2002):

- A rede local tem propriedades de engenharia bem definidas que a torna própria para modelagem quantitativa;
- Os consumidores do acesso desagregado na rede local são empresas especialistas que podem e têm interesse em avaliar a validade dos modelos, facilitando o monitoramento de seus resultados;
- Os preços advindos da metodologia LRIC parecem, a princípio, vantajosos para as firmas entrantes e para o usuário final, que possuem significativa influência perante os reguladores;
- Os modelos TELRIC/TSLRIC têm a interessante propriedade de apreçar itens específicos da infra-estrutura de rede em localidades também específicas;
- O método fornece os incentivos corretos para que não haja duplicação ineficiente do insumo essencial (rede local) por parte das entrantes; e
- Os modelos LRIC (sobretudo os modelos *bottom-up*) possuem características de regulação de incentivos, dado que desconsideram os custos potencialmente ineficientes da *incumbent*.

Todos esses aspectos e, principalmente, a capacidade de evitar que ocorra duplicação dos recursos da rede local e de desconsiderar os custos ineficientes da *incumbent* permitem concluir que um modelo de engenharia (*proxy*) mostra-se indicado para a identificação da Parcela de Custos Não Recuperável (PCNR), em decorrência de obrigações de universalização.

Outro ponto relevante destacado por De Bragança (2005) diz respeito à nova regulação por custos introduzida no Brasil, com a promulgação do Decreto 4.733/03. Nitidamente voltado para a remuneração pelo uso de redes, o decreto promove a mudança do regime de tetos tarifários (atual) para um regime baseado em custos incrementais de longo prazo (LRIC).

O objetivo do governo é ter, a partir de 2008, um modelo LRIC com base em informações prestadas pelas empresas (*top-down*) e um outro modelo LRIC, baseado na otimização financeira e operacional de uma rede hipotética criada pela própria ANATEL (*bottom-up*). Ao final, o valor da tarifa de uso deve ser estabelecido por meio da conciliação dessas duas formas de cálculo do LRIC.

Além disso, a implementação dessa política resulta na estruturação de uma extensa base de dados⁷⁷, relativa a custos e receitas, que permite a obtenção de outros custos incrementais que não sejam exclusivamente decorrentes de interconexão, como é o caso dos custos considerados no cálculo da PCNR.

⁷⁷ Resolução N.º 396, de 31 de março de 2005, que aprova o Regulamento de Separação e Alocação de Contas – RSAC, que estabelece as diretrizes do Documento de Separação e Alocação de Contas (DSAC).

A construção dessa base de dados deve ser executada em três etapas:

1. Estabelecimento das diretrizes de alocação de custos e de receitas: Envolve a construção de base HCA e a alocação desses custos, tanto aos elementos da rede quanto aos serviços ofertados pela operadora, a partir da metodologia ABC e através do cálculo do FAC. Os custos extraídos das informações contábeis incluem os custos fixos (não-sensíveis ao tráfego), os custos variáveis (sensíveis ao tráfego) e os custos comuns. Os ativos também são alocados nesse processo, garantindo que o custo de capital seja considerado. Além disso, as receitas decorrentes de cada serviço ofertado também devem ser atribuídas.
2. Reavaliação dos ativos: Corresponde à definição de critérios para transformar a base HCA em base CCA. Os métodos utilizados são o de variação absoluta do valor para os ativos de tecnologia atual e o de ativo moderno equivalente para os ativos de tecnologia substituída.
3. Cálculo do custo incremental de longo prazo: Envolve o cálculo do custo LRIC, propriamente dito, a partir dos custos correntes alocados e do uso de seus direcionadores. Um aspecto bastante relevante desta etapa é o estabelecimento de um *mark-up* uniforme sobre o LRIC para acomodar os custos comuns.

Dessa forma, o arcabouço regulatório brasileiro se prepara para uma regulação por custos, que permite a análise de projetos de universalização por meio de um modelo que identifique os custos evitáveis e as receitas renunciáveis, dentre aqueles custos e receitas demonstrados pela empresa em seu Documento de Separação e Alocação de Contas (DSAC).

7.2 Adequação do modelo HCPM

Dentre aqueles países identificados no Capítulo 5 – que adotam a metodologia de custos LRIC para o cálculo dos custos líquidos da universalização – o caso da Nova Zelândia mostra-se relevante por demonstrar a possibilidade de uso do modelo HCPM no cálculo dos custos líquidos (evitáveis).

Pelo fato de ser um modelo de engenharia, o HCPM permite simular diferentes condições de demanda e obter a variação nos custos ainda que, em sua concepção original, o modelo tenha sido construído para o cálculo dos custos médios totais de uma rede com perspectiva *Forward-Looking*. Entretanto, alguns cuidados devem ser observados, visto que o modelo não calcula custos incrementais durante um mesmo processamento.

Como o cálculo de custos evitáveis se baseia na variação dos custos que a empresa enfrenta, em função da remoção das obrigações de universalização sob análise, é necessário garantir que o cálculo se dê sobre a mesma topologia de rede.

Nesse sentido, a sequência de processamento dos diferentes módulos deve ser adaptada após a conclusão do processo de clusterização.

A forma de garantir o “congelamento” da topologia é introduzir a variação de demanda no arquivo gerado após o processo de clusterização (“*clu*”). Esse artifício permite variar a quantidade de linhas (residenciais e comerciais) sem modificar a disposição geográfica das localizações de usuários.

Outra alteração necessária nesse arquivo é a substituição das coordenadas das SAIs potenciais, identificadas pelo módulo de Clusterização, pelas coordenadas das SAIs primárias. Como descrito no Capítulo 6, a posição das SAIs se modifica em função da quantidade de acessos e, por isso, uma alteração na demanda pode interferir na decisão do algoritmo pela posição de SAI mais favorável, alterando a

topologia de rede nas duas situações de demanda. Assim, deve-se substituir as coordenadas das SAIs potenciais pelas coordenadas daquelas identificadas inicialmente pelo módulo de Clusterização e presentes no mesmo arquivo de saída (“*.clu*”).

Após a adequação dos arquivos “*.clu*” deve-se prosseguir no processamento do HCPM de forma a obter o novo custo médio por terminal de acesso. A diferença de custos médios observada representa os custos líquidos decorrentes da alteração da demanda, ou seja, os custos evitáveis.

No caso da Nova Zelândia, conforme descrito em *Commerce Commission* (2005), o HCPM calcula a localização e a abrangência de cada *cluster* associado à demanda dos usuários, gerando o arquivo “*.clu*”. Em seguida, devem ser obtidos os custos e as receitas para toda a área do centro de fios utilizando:

- Custos de rede de acesso calculados pelo HCPM;
- Custos de comutação e transmissão calculados pelo CostPro⁷⁸;
- Receitas previstas.

Os *clusters* que representam a(s) área(s) sob análise são removidos um-a-um do arquivo o que permite identificar o custo incremental associado a cada *cluster*, a partir da diferença de custos observada. Como o processo descrito também considera as receitas geradas em cada um dos *clusters*, ao se subtrair a receita auferida nos *clusters* removidos é possível verificar a viabilidade econômica do conjunto formado pelos *clusters* remanescentes.

Os *clusters* não viáveis economicamente são descartados e o processo é repetido até que todos os *clusters* remanescentes se mostrem economicamente viáveis ou até que todo o centro de fios se mostre inviável, conforme ilustrado na Figura 7.1.

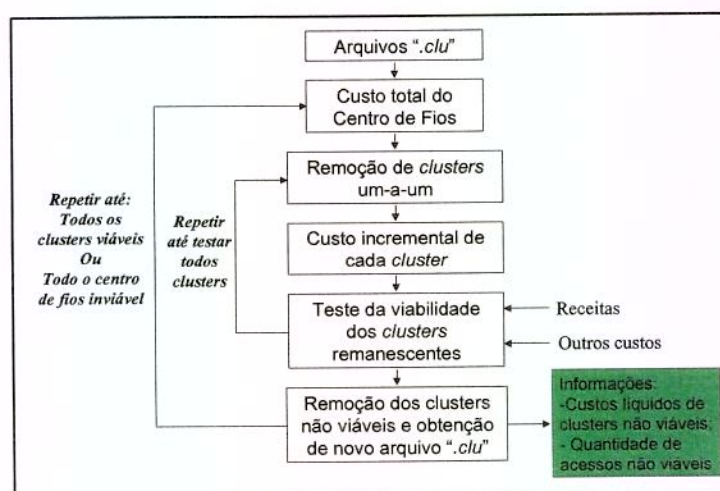


Figura 7.1 – Processo para cálculo do custo incremental dos *clusters*

Na Figura 7.2 é mostrado um exemplo de área de centro de fios com *clusters* não viáveis economicamente (demarcados em vermelho) que devem ser identificados e ter seus custos líquidos calculados.

⁷⁸ O modelo neozelandês utiliza o módulo de rede de acesso do HCPM para otimização e custeio destes componentes e um modelo próprio, o *CostPro*, para modelagem e custeio de elementos de comutação e transmissão. A opção pelo modelo *CostPro* em detrimento ao módulo equivalente do HCPM é justificada pelas dificuldades de adaptação e de verificação deste módulo para as condições da rede neozelandesa, motivando o desenvolvimento de uma nova ferramenta.

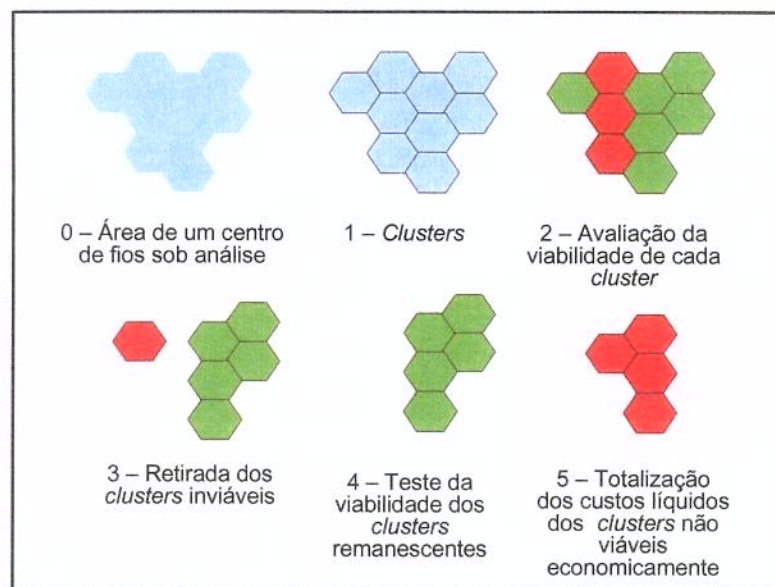


Figura 7.2 – Exemplo de centro de fios em áreas não viáveis

Inicialmente, a área a ser considerada é dividida em clusters que, em princípio, são viáveis economicamente (etapas 0 e 1), pois se conhece somente o resultado financeiro consolidado.

A partir da etapa de avaliação de cada *cluster* (etapa 2), é possível que a viabilidade de um *cluster* seja comprometida pela remoção dos *clusters* não viáveis economicamente (etapa 3). Isso se dá em função dos custos comuns que, originalmente, são compartilhados por uma quantidade maior de *clusters* e que, após a remoção de alguns desses, tornam-se custos atribuíveis aos poucos *clusters* remanescentes, inviabilizando sua exploração.

No caso brasileiro, um procedimento análogo deve ser adotado para o cálculo da PCNR sendo que, para fins deste estudo, avalia-se somente a capacidade do HCPM para calcular os custos incrementais de áreas, e também de grupos, não viáveis economicamente, desconsiderando as respectivas receitas geradas.

As respectivas distâncias, em relação ao distrito sede, e suas populações são mostradas na Tabela 8.1.

MUNICÍPIO DE LONDRINA	DISTÂNCIA	POPULAÇÃO		
		Urbana	Rural	TOTAL
<i>Distritos</i>				
Sede	-	424196	4112	428808
Guaravera	40 km	2382	2002	4384
Leroville	49 km	1686	3018	4704
Irerê	25 km	1425	765	2190
Paiquerê	35 km	1162	1317	2479
Warta	23 km	932	565	1497
São Luiz	32 km	622	1168	1790
Maravilha	26 km	464	749	1213
Espírito Santo	15 km	500	-	-
Total Distritos Fora Sede		9173	9584	18257
População total		433369	13696	447065
Domicílios		124136	3556	127692

Tabela 8.1 – Distribuição da população de Londrina⁸¹

8.2 Levantamento das informações

A ocupação urbana da cidade de Londrina obedece ao zoneamento elaborado pela Câmara Municipal de Londrina e previsto na Lei nº 7485 (1998), conforme mostrado na Figura 8.2.

A região demarcada compreende os distritos sede de Londrina e Espírito Santo (com as localidades de Espírito Santo e Regina) e a localidade de Selva.

Cada área da cidade foi classificada segundo a sua destinação (atual ou planejada), de acordo com as categorias⁸², descritas na Tabela 8.2, e aplicadas segundo o Código de Posturas do Município (Lei nº 4.607/90) e suas alterações, que prevê:

- Residencial (R): Locais de moradia permanente;
- Apoio residencial (AR): Locais como creches, postos de saúde e congêneres;
- Uso comercial e de serviço (CS): Locais predominantemente destinados aos estabelecimentos comerciais e de serviços;
- Pólo Gerador de Tráfego (PGT): Locais que centralizam, por sua natureza, a utilização rotineira de veículos;
- Gerador de Ruído Noturno (GRN): Comércio, serviços ou instituição que, pela sua atividade, gerem sons ou ruídos no horário compreendido das 22 horas e às 6 horas do dia seguinte;
- Gerador de Ruído Diurno (GRD): Comércio, serviços ou instituição, com atividade que gerem sons ou ruídos no horário das 6 horas às 22 horas;
- Pólo Gerador de Risco (PGR): Locais com atividades que podem representar risco para a vizinhança por explosão, incêndio, envenenamento e congêneres;
- Uso industrial (IND): Locais onde predominam as atividades de produção e transformação, classificados conforme os efeitos que produzem no ambiente:
 - IND 1.1 - Indústrias Virtualmente sem Risco Ambiental;
 - IND 1.2 - Indústrias de Risco Ambiental Leve;
 - IND 1.3 - Indústrias de Risco Ambiental Moderado;
 - IND 1.4 - Indústrias de Risco Ambiental Alto;
 - IND 1.5 - Indústrias Perigosas ou de Grande Impacto Ambiental.

⁸¹ FONTE: IBGE - Censo Demográfico 2000.

⁸² A categoria C₆ foi desconsiderada por ser restrita a algumas vias de grande fluxo, as quais representam uma área muito pequena para a finalidade deste estudo.

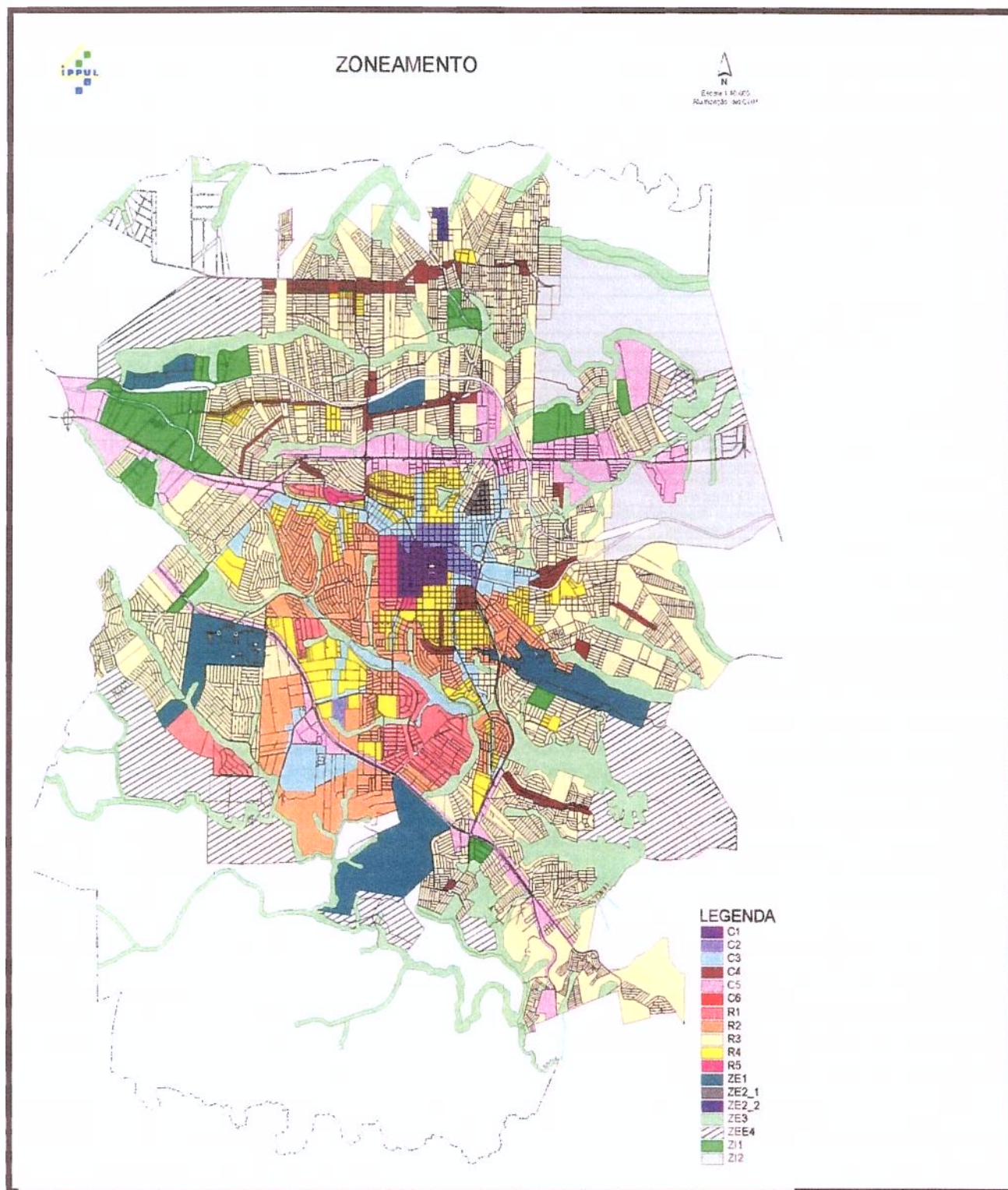


Figura 8.2 – Zoneamento urbano da cidade de Londrina

Em razão da inexistência de informações sobre a localização exata (georreferenciada) de domicílios e de estabelecimentos comerciais e industriais, recomenda-se utilizar o HCPM no modo *BLOCK*, conforme descrito no Capítulo 6. Nesse modo, a informação sobre demanda é inserida de forma consolidada para grupos de quarteirões, denominados de *Census Block*, de modo que o módulo *Cluster* da ferramenta realize a distribuição dessa demanda de maneira aleatória, a partir do ponto central de cada bloco.

Assim, é necessário estabelecer um critério de distribuição dos terminais de acesso, entre os diversos grupos de quarteirões, para dar início ao processamento do HCPM.

O critério escolhido baseia-se na densidade telefônica relativa das diferentes áreas, ou seja, um fator de 1 a 10 que resulte na zona central C_1 apresentando o dobro da densidade telefônica de regiões residenciais de alta densidade (R_4 e R_5) e dez vezes maior do que nas áreas de preservação ambiental (ZE_3), conforme Tabela 8.2.

	<i>Destinação</i>	<i>Observação</i>	<i>Densidade Relativa</i>
C1	R, AR, CS, GRD e GRN.	Zona central	10
C2	R, AR, CS, GRD e GRN.	Zona de expansão da zona central	9
C3	R, AR, CS, GRD, GRN, IND-1.1 e PGT.	Zona de apoio da zona central	8
C4	R, AR, CS, GRD, GRN, IND-1.1 e PGT.	Zona ao longo do sistema viário	7
C5	R, AR, CS, GRD, PGT e IND-1.1.	Zona ao longo das rodovias regionais	6
C6	-	Zona localizada nos bairros	-
R1	R e AR.	Estritamente Res.	3
R2	R e AR.	Estritamente Res.	3
R3	R, AR, CS e IND-1.1.	Em vias arteriais são permitidos até 4 pavimentos	4
R4	R, AR, CS e IND-1.1		5
R5	R, AR, GRD, CS e IND-1.1.		5
ZE1	Aeroporto, Campus Universitário, Zona Especial de Combustíveis, Autódromo Internacional Ayrton Senna, Estádio do Café e Iapar.	Zona Especial de Equipamentos Institucionais	5
ZE2_1	Destina-se à manutenção das qualidades espaciais tradicionais do bairro pioneiro de Londrina e à ocupação "não planejada" consagrada.	Zona Especial de Ocupação Controlada Casoni	3
ZE2_2	Destina-se à manutenção das características do núcleo Pré- Londrina, englobando a avenida principal e a praça circular.	Zona Especial de Ocupação Controlada Heimtal	4
ZE3	Destina-se prioritariamente à formação de parques contínuos, visando à preservação ambiental e à recreação.	Zona Especial de Fundo de vale e de Preservação Ambiental	1
ZEE4	Destina-se à implantação de projetos específicos, os quais terão normas próprias à vista de seu uso ou ocupação especial.	Zona Especial de Estudo	2
ZI1	Destinada à implantação de indústrias classificadas como IND 1.1	Zona Industrial	3
ZI2	Destinada à implantação de indústrias classificadas como IND 1.1 e IND 1.2.	Zona Industrial	3

Tabela 8.2 – Legenda do zoneamento urbano de Londrina

Além disso, o HCPM é um modelo *Bottom-Up*, com perspectiva *Scorched Node*, que exige quatro etapas:

- Obtenção da localização dos centros de fios existentes na região, em termos de latitude e longitude na forma métrica, ou seja, em coordenadas cartesianas (X,Y) do *Universal Transverse Mercator* (UTM);
- Obtenção da localização de cada bloco de quarteirões;
- Filiação dos blocos entre os diversos centros de fios, e;
- Distribuição da demanda por telefonia fixa entre os diversos blocos.

Na primeira etapa, são obtidas as localizações georreferenciadas de 70 centros de fios, na área de concessão da Sercomtel da Figura 8.1, disponíveis em Anatel (2007a).

Na segunda etapa, a região de zoneamento da Figura 8.2 é dividida em 400 células cuja área individual, de aproximadamente $1,2 \text{ km}^2$, representa cada um dos blocos de quarteirões identificados por meio de código semelhante ao Código de Endereçamento Postal (CEP) de Londrina com 8 dígitos (86010-000), conforme Figura 8.3.

Na área delimitada é possível localizar somente 61 centros de fios, dos 70 constantes deste estudo, estando os demais fora da área de zoneamento⁸³.

⁸³ Nove localidades não são visualizadas na área delimitada: Guaravera, Lerroville, Irerê, Paiquerê, Warta, São Luiz, Maravilha, Guairacá e Taquaruna. Essas duas últimas localizadas nos distritos de Paiquerê e Irerê, respectivamente.

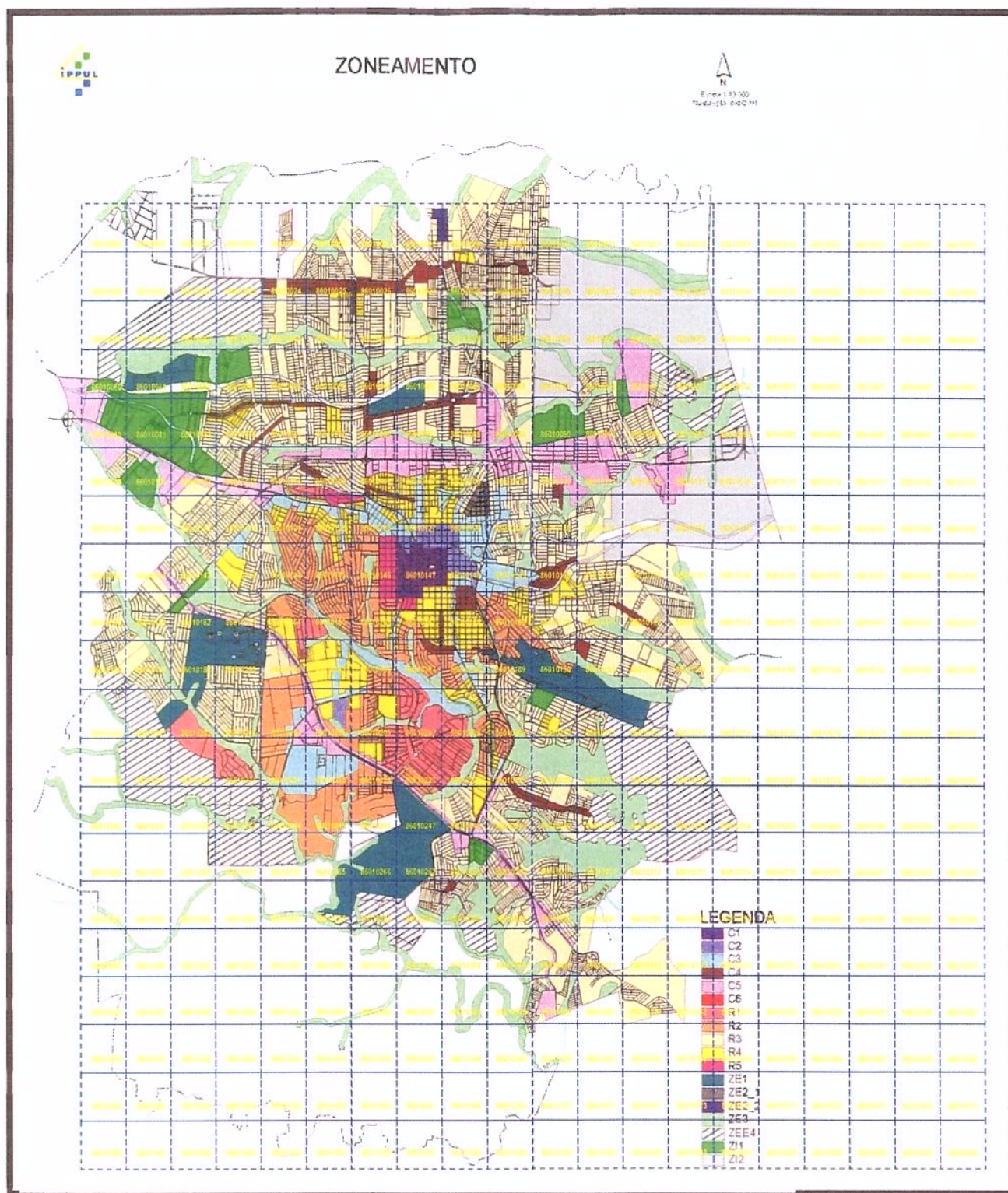


Figura 8.3 – Aplicação de grade com 400 células numeradas

Com a ajuda da ferramenta de busca e de georreferenciamento Google Earth (versão 4.0) obtém-se uma melhor identificação da ocupação urbana da região, permitindo a eliminação de células que não apresentam edificações. Em função do fato de algumas das células apresentarem ocupação parcial, cada

célula é subdividida em quatro novas células⁸⁴, com área em torno de 0,3 km², de forma a permitir a eliminação das áreas sem ocupação, conforme Figura 8.4.

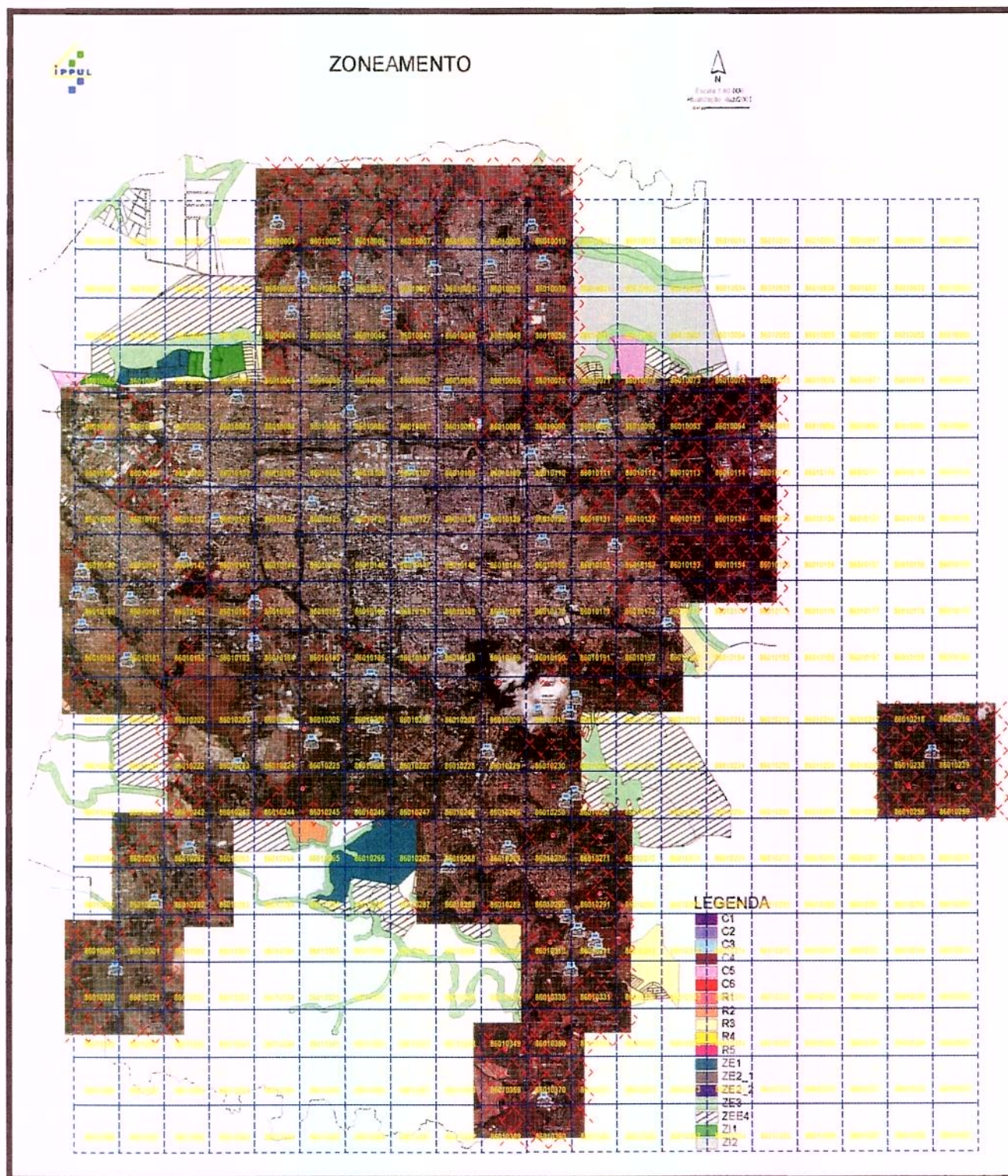


Figura 8.4 – Mapeamento georreferenciado da região

⁸⁴ Essa divisão é feita após a marcação das áreas desocupadas (indicadas por cruzes vermelhas) e tem por finalidade melhorar a descrição da região analisada. Para identificar as novas células, o código identificador de cada célula original é acrescido de um dígito (1 a 4).

Na terceira etapa, as células identificadas devem ser filiadas aos diferentes centros de fios. Assim, a região é dividida por círculos com raios de 1,9 km, aproximadamente, a partir de cada centro de fios, de forma a cobrir toda a área e minimizar a sobreposição dos círculos, permitindo associar cada célula a um centro de fios predominante, conforme Figura 8.5.

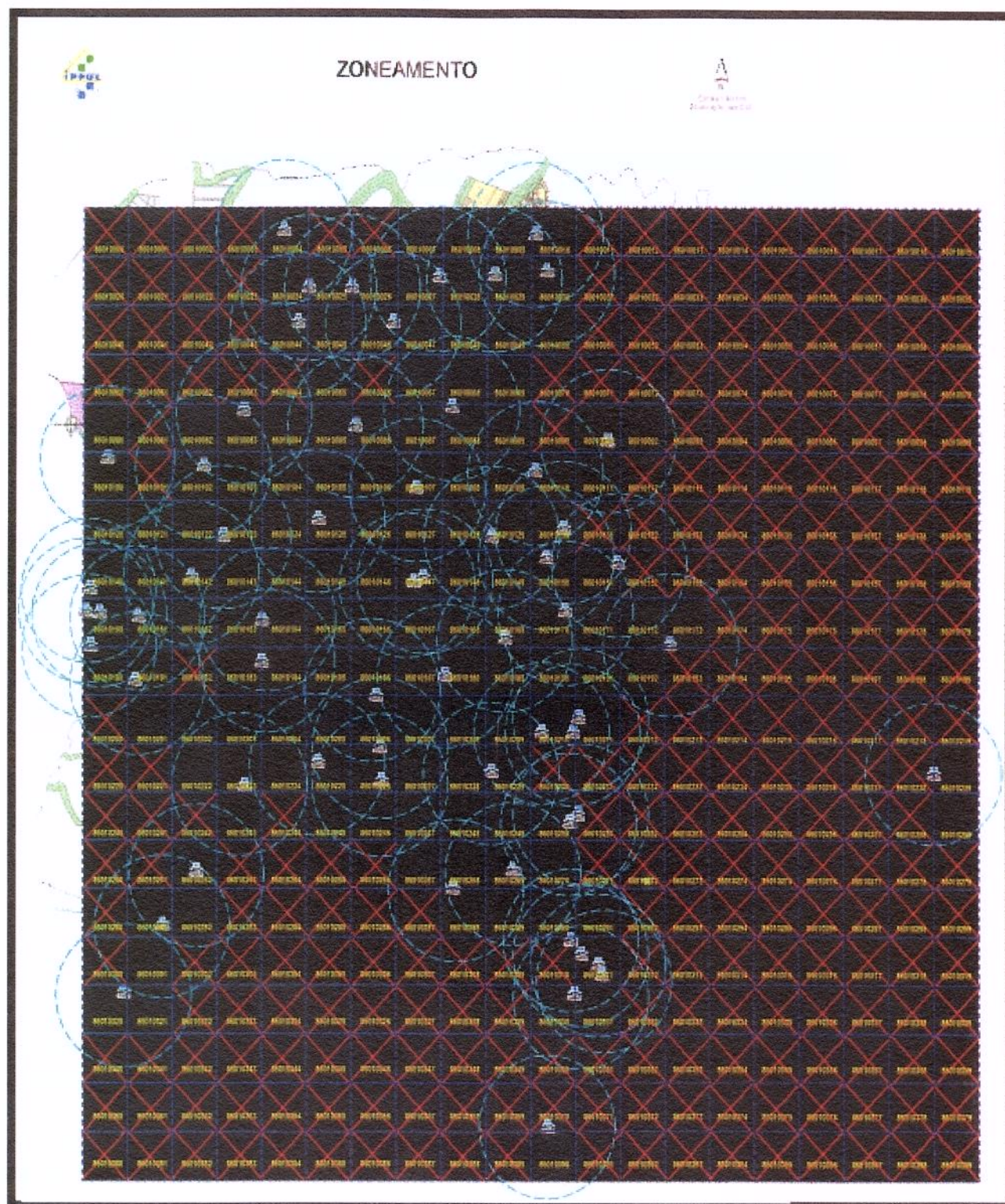


Figura 8.5 – Raio de cobertura de cada centro de fios

Na quarta etapa, a quantidade de terminais de acesso em serviço é distribuída entre os diversos centros de fios. Como os sistemas de informação da ANATEL não apresentam o número de terminais de acesso por

centro de fios, a separação é feita por estimativa, a partir de informações referentes à implementação da conversão pulso-minuto⁸⁵.

Em outubro de 2006, segundo Anatel (2007b), a Sercomtel possuía em sua área de concessão 140.099 terminais de acesso individual em serviço⁸⁶ e 163.105 terminais de acesso individual instalados.

Por sua vez, o plano de amostragem referente à área de concessão da Sercomtel, disponível em Anatel (2007c), relaciona a quantidade de cada classe de terminal de acesso individual (residencial, não residencial e tronco) entre os diferentes prefixos ativados na rede, para um espaço amostral bastante representativo de 98.037 terminais de acesso, conforme Tabela 8.3.

Amostra	PREFIXO	RES	NRES	TR	Total	Participação no prefixo			Participação no total		
						RES %	NRES %	TR %	RES %	NRES %	TR %
54	3305	0	0	60	60	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,06%
199	3315	0	2	315	317	0,00%	0,60%	99,40%	0,00%	0,00%	0,32%
836	3321	3.136	1.294	0	4.430	70,80%	29,20%	0,00%	3,20%	1,32%	0,00%
851	3322	3.907	1.318	0	5.225	74,80%	25,20%	0,00%	3,99%	1,34%	0,00%
851	3323	4.401	1.241	0	5.642	78,00%	22,00%	0,00%	4,49%	1,27%	0,00%
870	3324	2.706	2.017	0	4.723	57,30%	42,70%	0,00%	2,76%	2,06%	0,00%
814	3325	4.097	934	0	5.031	81,40%	18,60%	0,00%	4,18%	0,95%	0,00%
761	3326	3.159	702	0	3.861	81,80%	18,20%	0,00%	3,22%	0,72%	0,00%
784	3327	5.059	684	0	5.743	88,10%	11,90%	0,00%	5,16%	0,70%	0,00%
799	3328	4.186	822	0	5.008	83,60%	16,40%	0,00%	4,27%	0,84%	0,00%
807	3329	3.597	938	0	4.535	79,30%	20,70%	0,00%	3,67%	0,96%	0,00%
651	3334	1.825	424	0	2.249	81,10%	18,90%	0,00%	1,86%	0,43%	0,00%
764	3336	3.615	670	0	4.285	84,40%	15,60%	0,00%	3,69%	0,68%	0,00%
803	3337	4.291	841	0	5.132	83,60%	16,40%	0,00%	4,38%	0,86%	0,00%
816	3338	4.641	905	0	5.546	83,70%	16,30%	0,00%	4,73%	0,92%	0,00%
780	3339	3.193	804	0	3.997	79,90%	20,10%	0,00%	3,26%	0,82%	0,00%
778	3341	4.618	676	0	5.294	87,20%	12,80%	0,00%	4,71%	0,69%	0,00%
789	3342	3.879	789	0	4.668	83,10%	16,90%	0,00%	3,96%	0,80%	0,00%
516	3343	1.226	196	0	1.422	86,20%	13,80%	0,00%	1,25%	0,20%	0,00%
715	3344	1.584	766	0	2.350	67,40%	32,60%	0,00%	1,62%	0,78%	0,00%
415	3345	570	187	0	757	75,30%	24,70%	0,00%	0,58%	0,19%	0,00%
737	3347	2.863	616	0	3.479	82,30%	17,70%	0,00%	2,92%	0,63%	0,00%
812	3348	4.525	882	0	5.407	83,70%	16,30%	0,00%	4,62%	0,90%	0,00%
645	3356	1.871	398	0	2.269	82,50%	17,50%	0,00%	1,91%	0,41%	0,00%
514	3357	1.262	185	0	1.447	87,20%	12,80%	0,00%	1,29%	0,19%	0,00%
294	3371	0	0	650	650	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,66%
200	3372	0	0	320	320	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,33%
234	3373	0	0	415	415	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,42%
210	3374	0	0	345	345	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,35%
222	3375	0	9	370	379	0,00%	2,40%	97,60%	0,00%	0,01%	0,38%
180	3376	0	0	270	270	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,28%
281	3377	0	0	590	590	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,60%
148	3378	0	0	205	205	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,21%
196	3379	0	0	310	310	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,32%
546	3398	981	319	0	1.300	75,50%	24,50%	0,00%	1,00%	0,33%	0,00%
265	3399	282	94	0	376	75,00%	25,00%	0,00%	0,29%	0,10%	0,00%
Total		75.474	18.713	3.850	98.037				77,0%	19,1%	3,9%

Tabela 8.3 – Plano de amostragem para conversão Pulso-Minuto (Sercomtel)

A distribuição dos 140.099 terminais de acesso individual em serviço é obtida a partir da aplicação dos mesmos percentuais de participação no total, apresentados à direita da tabela para as diferentes classes de terminal (Res, Nres e Tronco).

Primeiramente, a distribuição dos terminais de acesso é feita entre os 36 prefixos constantes do plano de amostragem. Em seguida, os terminais são reagrupados nos 70 centros de fios, segundo a ativação dos

⁸⁵ Dentre as disposições aprovadas para a prorrogação dos Contratos de Concessão do STFC Modalidade Local, ocorrida em 31/12/2005 destaca-se a mudança da forma de tarifação nas ligações telefônicas locais, quando serão adotados os métodos de medição por tempo de utilização (a unidade de tarifação de décimo de minuto) ou por chamada atendida, em substituição aos métodos Karlsson Acrescido 240 (KA-240) e Medição Simples, estes últimos baseados na unidade de tarifação pulso.

⁸⁶ Desses, 139.216 encontram-se no município de Londrina.

prefixos em cada centro de fios. Por fim, os terminais de acesso são distribuídos pelas células (blocos), de acordo com a densidade relativa da Tabela 8.2.

Em função da eliminação dos terminais localizados no município de Tamarana e dos sucessivos arredondamentos aplicados, o total de terminais de acesso obtido é de 140.089 sendo que, 32.361 são comerciais⁸⁷ e 107.728 residenciais, conforme Tabela 8.4.

Centro de Fios	Total de Linhas	Linhas Comerciais	Linhas Residenciais	Centro de Fios	Total de Linhas	Linhas Comerciais	Linhas Residenciais
1 SCTL_A1	21098	8233	12865	36 SCTL_B34	1936	346	1590
2 SCTL_A2	14063	2891	11172	37 SCTL_B35	1934	346	1588
3 SCTL_A3	5433	1205	4228	38 SCTL_B36	1873	281	1592
4 SCTL_B2	64	16	48	39 SCTL_B37	1876	286	1590
5 SCTL_B3	52	13	39	40 SCTL_B38	1932	344	1588
6 SCTL_B4	340	83	257	41 SCTL_B39	1874	284	1590
7 SCTL_B5	237	58	179	42 SCTL_B40	1943	350	1593
8 SCTL_B6	226	55	171	43 SCTL_B41	1877	284	1593
9 SCTL_B7	92	23	69	44 SCTL_B42	1944	348	1596
10 SCTL_B8	213	52	161	45 SCTL_B43	1868	280	1588
11 SCTL_B9	102	25	77	46 SCTL_B44	1882	287	1595
12 SCTL_B10	310	76	234	47 SCTL_B45	1160	170	990
13 SCTL_B11	75	26	49	48 SCTL_B46	1191	190	1001
14 SCTL_B12	67	14	53	49 SCTL_B47	1174	184	990
15 SCTL_B13	54	9	45	50 SCTL_B48	1160	170	990
16 SCTL_B14	2357	456	1901	51 SCTL_B49	1189	188	1001
17 SCTL_B15	2360	457	1903	52 SCTL_B50	1196	199	997
18 SCTL_B16	2362	460	1902	53 SCTL_B51	1164	172	992
19 SCTL_B17	2353	452	1901	54 SCTL_B52	1160	170	990
20 SCTL_B18	2350	450	1900	55 SCTL_B53	1165	172	993
21 SCTL_B19	347	76	271	56 SCTL_C1	82	18	64
22 SCTL_B20	2326	451	1875	57 SCTL_C2	55	10	45
23 SCTL_B21	2350	451	1899	58 SCTL_C3	80	15	65
24 SCTL_B22	2355	455	1900	59 SCTL_C4	348	76	272
25 SCTL_B23	19951	5671	14280	60 SCTL_C5	349	79	270
26 SCTL_B24	2350	452	1898	61 SCTL_C6	360	73	287
27 SCTL_B25	2305	433	1872	62 SCTL_C7	362	72	290
28 SCTL_B26	2305	435	1870	63 SCTL_C8	331	42	289
29 SCTL_B27	2364	456	1908	64 SCTL_C9	328	40	288
30 SCTL_B28	2349	450	1899	65 SCTL_C10	337	45	292
31 SCTL_B29	2357	458	1899	66 SCTL_C11	360	72	288
32 SCTL_B30	2355	454	1901	67 SCTL_C12	358	70	288
33 SCTL_B31	2310	436	1874	68 SCTL_C13	252	60	192
34 SCTL_B32	2304	432	1872	69 SCTL_C14	250	60	190
35 SCTL_B33	1948	352	1596	70 SCTL_C15	255	62	193
Total de Linhas					140089	32361	107728

Tabela 8.4 – Distribuição dos terminais de acesso

8.3 Cenários de universalização analisados

Apesar dos avanços obtidos na oferta do STFC no Brasil, por meio da introdução do Plano Geral de Metas para Universalização nos contratos de concessão do serviço, alguns progressos ainda devem ser

⁸⁷ Terminais comerciais representam a soma das classes de terminais Não Residencial e Tronco.

buscados como, por exemplo, a implantação da telefonia fixa em comunidades da zona rural ou o ressarcimento de custos decorrentes de projetos sociais para comunidades de baixa renda.

Nesta seção, esses exemplos são descritos por meio de dois diferentes cenários de expansão do STFC.

O Cenário I refere-se ao projeto de expansão de telefonia rural. Em 2004, segundo Sercomtel (2004a), a telefonia rural é implantada nas seguintes localidades: Guairacá, Taquaruna, Limoeiro (I, II e III), Fazenda Nata, Estrada do Rezende, Coroados, Cambezinho e Estrada Água da Cegonha.

O Cenário II refere-se ao projeto social de telefonia fixa voltado para comunidades de baixa renda. Segundo o IBGE (2000), o município de Londrina possui 124.136 domicílios na zona urbana e 3.556 domicílios na zona rural, totalizando 127.692 domicílios que apresentam a distribuição de renda descrita na Figura 8.6.

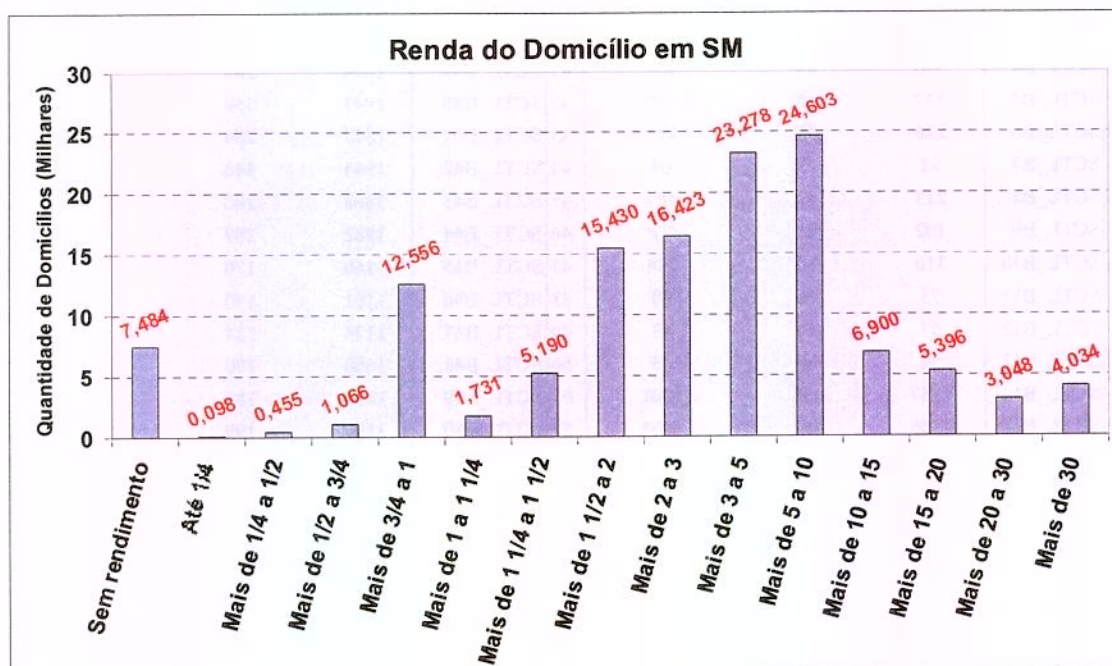


Figura 8.6 – Distribuição de renda no município de Londrina

O total de domicílios cuja renda familiar declarada é menor, ou igual, a um salário mínimo é de 14.175, excluídos aqueles sem rendimento. Para essa análise, considera-se que tais domicílios encontram-se desprovidos de telefonia fixa, motivando sua inclusão em programas de universalização que os isente, por exemplo, de pagamentos de habilitação e de assinatura.

Esse tipo de isenção impede que os investimentos e os custos operacionais sejam recuperados totalmente, restando descoberta uma parcela dos custos atribuíveis, única e exclusivamente, à expansão de rede necessária para o atendimento a esse projeto (custos evitáveis).

8.4 Resultados obtidos

Inicialmente, são realizados alguns cálculos com a rede descrita pelo HCPM para obter alguns custos de expansão geográfica, de forma progressiva, com o objetivo de verificar efeitos de economias de escala e de escopo na rede. Para tanto, os 61 centros de fios visíveis na Figura 8.4 são separados em oito anéis concêntricos – a partir do ponto central (destacado em vermelho) localizado na célula 86010126, situada na sétima linha e sétima coluna – e adicionados a cada etapa de cálculo, resultando em uma distribuição de centros de fios e quantidade de terminais de acesso, conforme Tabela 8.5.

	1ªanel	2ªanel	3ªanel	4ªanel	5ªanel	6ªanel	7ªanel	8ªanel	Total
Quantidade de Centros de Fios	4	2	7	11	19	9	3	6	61
Quantidade de Terminais	57.471	4.289	13.937	15.480	29.280	14.329	1.470	2.185	138.451

Tabela 8.5 – Distribuição geográfica dos centros de fios

A introdução de cada anel no modelo mostra que os investimentos necessários aumentam à medida que a rede é expandida geograficamente, de forma relativamente linear com valores de R^2 – quadrado do coeficiente de correlação⁸⁸ – variando de 0,9982 a 0,9995, conforme Figura 8.7.

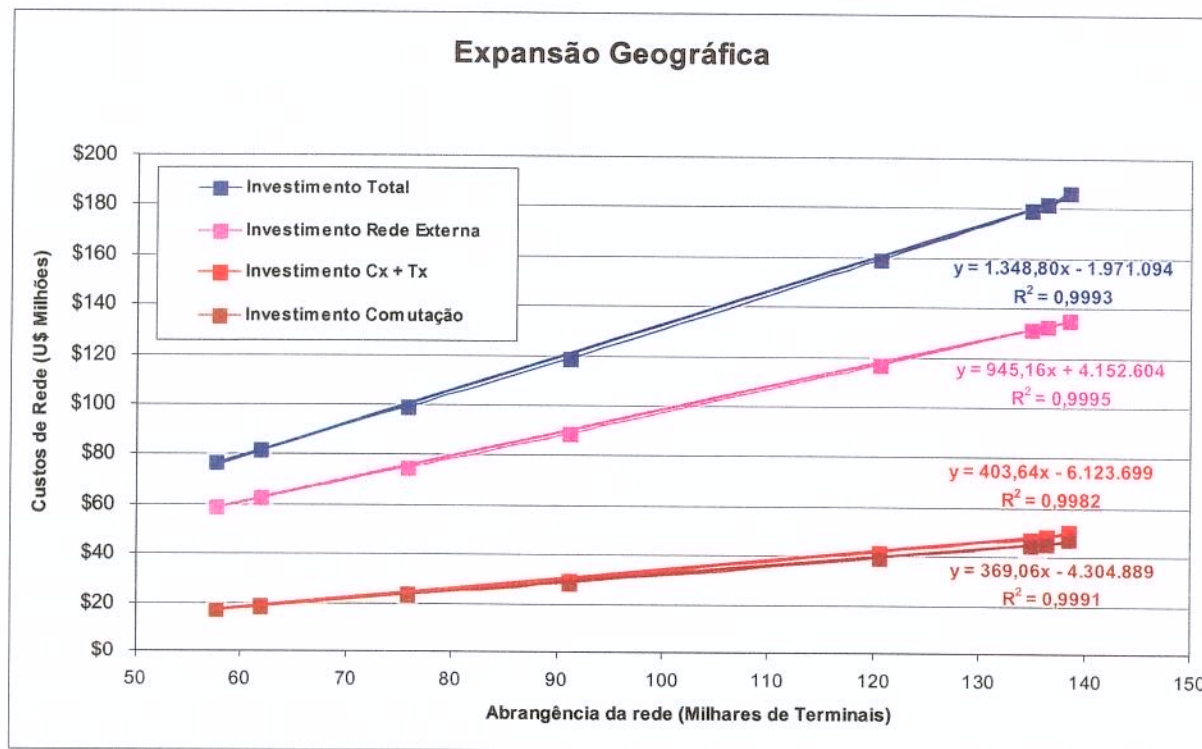


Figura 8.7 – Custos de Rede vs. Abrangência da Rede

A rede externa (*Loop*), por exemplo, apresenta custo por terminal de acesso adicional de US\$ 945,15 e a rede transporte (*Core*), de forma análoga, apresenta custo por terminal de acesso adicional de US\$ 403,64. A maior linearidade obtida na função de custos da rede externa, ou seja, R^2 bem próximo de 1, se deve ao fato das modularidades dos equipamentos utilizados, de maneira geral, serem menores do que as modularidades de comutação e transmissão, fazendo com que os custos sejam mais aderentes às quantidades de terminais.

De qualquer maneira, se as redes pudessem ser expandidas de forma progressiva, a partir do centro e em direção às áreas periféricas, as economias de escala e de escopo obtidas se distribuiriam uniformemente por toda a área. Ou seja, os projetos que envolvessem a cobertura de áreas geográficas localizadas no entorno das redes existentes, tenderiam a apresentar as mesmas economias identificadas nas áreas cobertas, a depender somente de suas densidades.

Em alguns projetos, entretanto, as áreas analisadas podem se localizar entre áreas cobertas, apresentando diferentes economias de escala e de escopo. No caso extremo, se a área analisada representa uma área completamente atendida por um determinado centro de fios, nenhuma economia de escala e escopo é

⁸⁸ O valor R^2 pode ser interpretado como a proporção da variância em y que pode ser atribuída à variância em x.

observada no segmento de rede externa. Nesses casos, somente no segmento de rede transporte tais economias se observam, como é mostrado no exemplo a seguir.

Considere uma comunidade pertencente ao 2ºanel – com seus 4.289 terminais – representante de um grupo de baixa renda, sem condições de contratar o serviço telefônico.

Ao contrário do que ocorre em uma expansão progressiva, como vista na Figura 8.7, a construção da rede para essa comunidade apresenta novas economias de escala e de escopo, pois como as demais áreas já se encontram atendidas, o investimento necessário para o projeto de expansão deve ser menor do que aquele necessário se a comunidade fosse atendida isoladamente, como mostra a Tabela 8.6.

	Quantidade de Terminais	Investimento por Terminal	Investimento Total	Investimento Rede Externa	Investimento Cx +Tx	Investimento Comutação
Custo total da rede com Anéis: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	138.451	\$1.347,82	\$186.607.284,47	\$135.713.841,05	\$50.893.443,42	\$47.499.082,47
Custo total da rede com Anéis: 1, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	134.162	\$1.353,38	\$181.572.152,58	\$132.164.200,76	\$49.407.951,82	\$46.066.123,84
Comunidade 2º Anel (<i>INCREMENTAL COSTS</i>)	4.289	\$1.173,96	\$5.035.131,89	\$3.549.640,29	\$1.485.491,60	\$1.432.958,63
Comunidade 2º Anel (<i>STAND ALONE COSTS</i>)	4.289	\$1.249,55	\$5.359.330,24	\$3.371.668,72	\$1.987.661,52	\$1.807.369,55

Tabela 8.6 – Custos IC e SAC do 2º anel

Comparando a variação no custo total com o custo total de variação na quantidade produzida tem-se

$$D[TC] = \text{US\$}186.607.287,47 - \text{US\$}181.572.152,58 = \text{US\$} 5.035.131,89;$$

$$AVC.\Delta Q = \text{US\$}1.249,55 \times 4.289 = \text{US\$} 5.359.330,24;$$

$$\therefore \{D[TC] - AVC.\Delta Q\} < 0.$$

Essa condição, de acordo com a equação (2.32), identifica a presença de economias de escala.

Da Tabela 8.6, observa-se que as economias de escalas decorrentes da rede existente – voltada para o atendimento dos anéis 1, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 – ocorrem devido aos segmentos de comutação e de transmissão e, principalmente, pelo fato de que na condição *Stand Alone*, a função trânsito recai sobre os centros de fios restantes, elevando os custos de comutação e de transmissão, de US\$1.432.958,63 e US\$52.532,97 para US\$1.807.369,55 e US\$180.291,97, respectivamente.

Ao contrário, o segmento de rede externa (*Loop*) não apresenta nenhuma dessas economias, tendo custos incrementais maiores do que os custos *Stand Alone*, ou seja,

$$D[TC] = \text{US\$}135.713.841,05 - \text{US\$}132.164.200,76 = \text{US\$} 3.549.640,29;$$

$$AVC.\Delta Q = \text{US\$}786,12 \times 4.289 = \text{US\$} 3.371.668,72;$$

$$\therefore \{D[TC] - AVC.\Delta Q\} > 0.$$

Assim, as economias de escala e de escopo são observadas sempre que os custos *Stand Alone* superam os custos incrementais.

Para o cálculo dos custos evitáveis do Cenário I são identificadas áreas referentes⁸⁹ às localidades de Guairacá, Taquaruna, Limoeiro (I, II e III) e Fazenda Nata totalizando 464 terminais.

Na Tabela 8.7 é possível identificar os custos incrementais (evitáveis) de rede externa, após a supressão dessas áreas, totalizando investimentos de US\$ 474.834,88, ou seja, US\$ 1.023,35 por terminal de acesso. Tais valores coincidem com os custos *Stand Alone*, indicando que não existe nenhuma economia de escala e de escopo neste segmento.

⁸⁹ As localidades de Guairacá e Taquaruna são tratadas de forma consolidada por não se encontrarem na área delimitada da Figura 8.4. A localidade Fazenda Nata é identificada na extremidade direita da Figura 8.4, fora do zoneamento urbano.

	Segmento	Situação Atual	%	Situação s/ Telefonia Rural	%	Incremental Costs	%	Stand Alone Costs	%
Quantidade de Linhas	Residencial	107728	77%	107369	77%	359	77%	359	77%
	Business	32360	23%	32255	23%	105	23%	105	23%
	Total	140088	100%	139624	100%	464	100%	464	100%
Custo Total do Loop	Distribution	\$112.611.795,18	82%	\$112.274.466,75	82%	\$337.328,43	71%	\$337.328,43	71%
	DLC fiber terminal	\$0,00	0%	\$0,00	0%	\$0,00	0%	\$0,00	0%
	SAI interface	\$1.448.673,00	1%	\$1.439.906,00	1%	\$8.767,00	2%	\$8.767,00	2%
	Drop	\$3.606.339,22	3%	\$3.581.811,50	3%	\$24.527,72	5%	\$24.527,72	5%
	Drop terminal	\$5.267.221,40	4%	\$5.247.275,54	4%	\$19.945,86	4%	\$19.945,86	4%
	NID	\$5.747.487,00	4%	\$5.727.776,50	4%	\$19.710,50	4%	\$19.710,50	4%
	Feeder	\$8.506.222,92	6%	\$8.441.667,55	6%	\$64.555,37	14%	\$64.555,37	14%
	Total Loop	\$137.187.738,72	100%	\$136.712.903,84	100%	\$474.834,88	100%	\$474.834,88	100%
Custo Total do Core	Total Comutação	\$49.133.726,92	90%	\$48.552.168,14	91%	\$581.558,78	57%	\$808.205,55	47%
	Total Transmissão Tandem	\$232.142,48	0%	\$232.142,48	0%	\$0,00	0%	\$21.930,00	1%
	Total Transmissão Hosts	\$1.232.861,49	2%	\$1.182.615,75	2%	\$50.245,74	5%	\$43.860,00	3%
	Total Transmissão Remotes	\$3.786.785,06	7%	\$3.395.967,15	6%	\$390.817,91	38%	\$837.141,87	49%
Total Core		\$54.385.515,95	100%	\$53.362.893,52	100%	\$1.022.622,43	100%	\$1.711.137,42	100%
Custo Total		\$191.573.254,67		\$190.075.797,36		\$1.497.457,31		\$2.185.972,30	
Custo do Loop por Terminal	Distribution	\$803,86	82%	\$804,12	82%	\$727,00	71%	\$727,00	71%
	DLC fiber terminal	\$0,00	0%	\$0,00	0%	\$0,00	0%	\$0,00	0%
	SAI interface	\$10,34	1%	\$10,31	1%	\$18,89	2%	\$18,89	2%
	Drop	\$25,74	3%	\$25,65	3%	\$52,86	5%	\$52,86	5%
	Drop terminal	\$37,60	4%	\$37,58	4%	\$42,99	4%	\$42,99	4%
	NID	\$41,03	4%	\$41,02	4%	\$42,48	4%	\$42,48	4%
	Feeder	\$60,72	6%	\$60,46	6%	\$139,13	14%	\$139,13	14%
	Total Loop	\$979,30	100%	\$979,15	100%	\$1.023,35	100%	\$1.023,35	100%
Custo do Core por Terminal	Total Comutação	\$350,73	90%	\$347,74	91%	\$1.253,36	57%	\$1.741,82	47%
	Total Transmissão Tandem	\$1,66	0%	\$1,66	0%	\$0,00	0%	\$47,26	1%
	Total Transmissão Hosts	\$8,80	2%	\$8,47	2%	\$108,29	5%	\$94,53	3%
	Total Transmissão Remotes	\$27,03	7%	\$24,32	6%	\$842,28	38%	\$1.804,19	49%
Total Core		\$388,22	100%	\$382,19	100%	\$2.203,93	100%	\$3.687,80	100%
Custo Total por Terminal		\$1.367,52		\$1.361,34		\$3.227,28		\$4.711,15	

Tabela 8.7 – Cenário I

O investimento necessário na rede externa (*Loop*) é fortemente impactado pelo segmento de rede primária (*Feeder*) da rede, que tem sua participação elevada de 6% para 14%, e cujo impacto no resultado final é atenuado pelo menor investimento exigido na rede de distribuição, devido à maior concentração da demanda.

Ao contrário, no segmento de rede transporte (*Core*) observa-se um aumento considerável de custos *Stand Alone* de comutação e de transmissão, em relação aos custos incrementais, elevando o custo por terminal de acesso de U\$3.227,28 para U\$4.711,15. Esse aumento se deve ao mesmo efeito do exemplo anterior, em que os centros de fios considerados devem suportar a função trânsito, elevando os custos de comutação e de transmissão, de U\$1.022.622,43 para U\$1.711.137,42.

A eliminação dos custos da função trânsito, nos elementos utilizados para atender as localidades do Cenário I, pode ser caracterizada como economia de escala e de escopo. Porém, não são suficientes para reduzir os custos evitáveis por terminal de acesso, em relação aos seus custos totalmente alocados, U\$3.227,28 e U\$1.367,52 respectivamente.

Para o Cenário II, como não existem informações sobre a distribuição geográfica dos 14.175 domicílios de baixa renda, considera-se para fins de cálculo que eles se concentram nas áreas residenciais da região norte de Londrina (R-3)⁹⁰. Essa escolha deve-se ao fato de que, segundo a Lei nº 7485 (1998), os lotes nessa região apresentam a menor área (250 m²).

Para o cálculo dos custos evitáveis introduz-se uma nova demanda por telefonia fixa residencial nas áreas classificadas como R-3, aumentando o número de terminais residenciais em 36,83%, totalizando 14.175 novos terminais de acesso residenciais⁹¹, para domicílios cuja renda familiar é menor, ou igual, a um salário mínimo.

⁹⁰ Nessa área encontram-se 47.116 de 140.089 terminais de acesso, ou seja, mais de 1/3 dos terminais em serviço.

⁹¹ Em razão da utilização do modo *Census Block*, que distribui aleatoriamente a demanda por toda a área considerada, o número de linhas (residenciais e comerciais) pode sofrer pequenas variações de célula para célula, em relação à quantidade informada.

Em seguida, com a supressão da mesma demanda, é possível identificar os custos incrementais (evitáveis) de US\$11.636.836,49 no segmento de rede externa (*Loop*), ou seja, US\$821,23 por terminal de acesso, e US\$4.206.338,65 no segmento de rede transporte (*Core*), o que equivale a US\$296,85 por terminal de acesso, conforme Tabela 8.8.

	Segmento	Situação c/ Projeto Social	%	Situação Atual	%	Incremental Costs	%	Stand Alone Costs	%
Quantidade de Linhas	Residential	121900	79%	107728	77%	14172	100%	14175	100%
	Business	32358	21%	32360	23%	-2	0%	0	0%
	Total	154258	100%	140088	100%	14170	100%	14175	100%
Custo Total do Loop	Distribution	\$122.431.495,85	82%	\$112.611.795,18	82%	\$9.819.700,67	84%	\$10.614.669,92	73%
	DLC fiber terminal	\$0,00	0%	\$0,00	0%	\$0,00	0%	\$0,00	0%
	SAI interface	\$1.592.772,00	1%	\$1.448.673,00	1%	\$144.099,00	1%	\$214.119,00	1%
	Drop	\$3.807.349,64	3%	\$3.606.339,22	3%	\$201.010,42	2%	\$831.458,58	6%
	Drop terminal	\$5.765.751,25	4%	\$5.267.221,40	4%	\$498.529,85	4%	\$680.194,21	5%
	NID	\$6.315.694,50	4%	\$5.747.487,00	4%	\$568.207,50	5%	\$610.907,00	4%
	Feeder	\$8.911.511,97	6%	\$8.506.222,92	6%	\$405.289,05	3%	\$1.500.776,46	10%
	Total Loop	\$148.824.575,21	100%	\$137.187.738,72	100%	\$11.636.836,49	100%	\$14.452.125,17	100%
Custo Total do Core	Total Comutação	\$53.340.065,57	91%	\$49.133.726,92	90%	\$4.206.338,65	100%	\$11.609.319,99	80%
	Total Transmissão Tandem	\$232.142,48	0%	\$232.142,48	0%	\$0,00	0%	\$206.011,56	1%
	Total Transmissão Hosts	\$1.232.861,49	2%	\$1.232.861,49	2%	\$0,00	0%	\$814.592,36	6%
	Total Transmissão Remotes	\$3.786.785,06	6%	\$3.786.785,06	7%	\$0,00	0%	\$1.972.330,27	14%
	Total Core	\$58.591.854,60	100%	\$54.385.515,95	100%	\$4.206.338,65	100%	\$14.602.254,18	100%
Custo Total		\$207.416.429,81		\$191.573.254,67		\$15.843.175,14		\$29.054.379,35	
Custo do Loop por Terminal	Distribution	\$793,68	82%	\$803,86	82%	\$692,99	84%	\$748,83	73%
	DLC fiber terminal	\$0,00	0%	\$0,00	0%	\$0,00	0%	\$0,00	0%
	SAI interface	\$10,33	1%	\$10,34	1%	\$10,17	1%	\$15,11	1%
	Drop	\$24,68	3%	\$25,74	3%	\$14,19	2%	\$58,66	6%
	Drop terminal	\$37,38	4%	\$37,60	4%	\$35,18	4%	\$47,99	5%
	NID	\$40,94	4%	\$41,03	4%	\$40,10	5%	\$43,10	4%
	Feeder	\$57,77	6%	\$60,72	6%	\$28,60	3%	\$105,87	10%
	Total Loop	\$964,78	100%	\$979,30	100%	\$821,23	100%	\$1.019,55	100%
Custo do Core por Terminal	Total Comutação	\$345,78	91%	\$350,73	90%	\$296,85	100%	\$819,00	80%
	Total Transmissão Tandem	\$1,50	0%	\$1,66	0%	\$0,00	0%	\$14,53	1%
	Total Transmissão Hosts	\$7,99	2%	\$8,80	2%	\$0,00	0%	\$57,47	6%
	Total Transmissão Remotes	\$24,55	6%	\$27,03	7%	\$0,00	0%	\$139,14	14%
	Total Core	\$379,83	100%	\$388,22	100%	\$296,85	100%	\$1.030,14	100%
Custo Total por Terminal		\$1.344,61		\$1.367,52		\$1.118,08		\$2.049,69	

Tabela 8.8 – Cenário II com demanda em áreas R-3

Dessa forma, é possível constatar economias de escala e de escopo em todos os segmentos, visto que os custos *Stand Alone* se mostram maiores que os incrementais, seja no segmento de rede externa (*Loop*) bem como no segmento de rede transporte (*Core*), possibilitando a uma redução de 18,25% no custo por terminal de acesso. Tais economias de escala e de escopo podem se mostrar ainda maiores, caso a demanda se apresente distribuída em áreas já atendidas, ou seja, nos casos em que os grupos beneficiados não se encontram concentrados geograficamente.

Para representar essa situação, os 14.175 novos terminais de acesso residenciais do Cenário II são distribuídos por toda a área atendida, aumentando o número de terminais de acesso residenciais em 12,93% nessas áreas.

Em seguida, com a supressão da demanda, é possível identificar os custos incrementais (evitáveis) ainda menores, de US\$8.910.397,75 no no segmento de rede externa (*Loop*), ou seja, US\$628,64 por terminal de acesso, e US\$4.049.208,72 no segmento de rede transporte (*Core*), o que equivale a US\$285,68 por terminal de acesso, conforme Tabela 8.9.

Assim, é possível constatar que as economias de escala e de escopo aumentam, em relação ao exemplo anterior, representando redução de 33,14% no custo por terminal de acesso.

	Segmento	Situação c/ Projeto Social	%	Situação Atual	%	Incremental Costs	%	Stand Alone Costs	%
Quantidade de Linhas	Residential	121900	79%	107728	77%	14172	100%	14173	100%
	Business	32362	21%	32360	23%	2	0%	0	0%
	Total	154262	100%	140088	100%	14174	100%	14173	100%
Custo Total do Loop	Distribution	\$119.196.593,80	82%	\$112.611.795,18	82%	\$6.584.798,62	74%	\$12.334.973,69	75%
	DLC fiber terminal	\$0,00	0%	\$0,00	0%	\$0,00	0%	\$0,00	0%
	SAI interface	\$1.606.935,00	1%	\$1.448.673,00	1%	\$158.262,00	2%	\$249.648,00	2%
	Drop	\$3.784.922,23	3%	\$3.606.339,22	3%	\$178.583,01	2%	\$1.031.000,43	6%
	Drop terminal	\$5.746.016,10	4%	\$5.267.221,40	4%	\$478.794,70	5%	\$808.260,04	5%
	NID	\$6.311.547,00	4%	\$5.747.487,00	4%	\$564.060,00	6%	\$601.861,50	4%
	Feeder	\$9.452.122,34	6%	\$8.506.222,92	6%	\$945.899,42	11%	\$1.527.555,01	9%
	Total Loop	\$146.098.136,47	100%	\$137.187.738,72	100%	\$8.910.397,75	100%	\$16.553.298,67	100%
Custo Total do Core	Total Comutação	\$53.182.935,64	91%	\$49.133.726,92	90%	\$4.049.208,72	100%	\$14.170.579,66	72%
	Total Transmissão Tandem	\$232.142,48	0%	\$232.142,48	0%	\$0,00	0%	\$232.142,48	1%
	Total Transmissão Hosts	\$1.232.861,49	2%	\$1.232.861,49	2%	\$0,00	0%	\$1.589.225,20	8%
	Total Transmissão Remotes	\$3.786.785,06	6%	\$3.786.785,06	7%	\$0,00	0%	\$3.691.485,09	19%
	Total Core	\$58.434.724,67	100%	\$54.385.515,95	100%	\$4.049.208,72	100%	\$19.683.432,43	100%
Custo Total		\$204.532.861,14		\$191.573.254,67		\$12.959.606,47		\$36.236.731,10	
Custo do Loop por Terminal	Distribution	\$772,69	82%	\$803,86	82%	\$464,57	74%	\$870,31	75%
	DLC fiber terminal	\$0,00	0%	\$0,00	0%	\$0,00	0%	\$0,00	0%
	SAI interface	\$10,42	1%	\$10,34	1%	\$11,17	2%	\$17,61	2%
	Drop	\$24,54	3%	\$25,74	3%	\$12,60	2%	\$72,74	6%
	Drop terminal	\$37,25	4%	\$37,60	4%	\$33,78	5%	\$57,03	5%
	NID	\$40,91	4%	\$41,03	4%	\$39,80	6%	\$42,47	4%
	Feeder	\$61,27	6%	\$60,72	6%	\$66,73	11%	\$107,78	9%
	Total Loop	\$947,08	100%	\$979,30	100%	\$628,64	100%	\$1.167,95	100%
Custo do Core por Terminal	Total Comutação	\$344,76	91%	\$350,73	90%	\$285,68	100%	\$999,83	72%
	Total Transmissão Tandem	\$1,50	0%	\$1,66	0%	\$0,00	0%	\$16,38	1%
	Total Transmissão Hosts	\$7,99	2%	\$8,80	2%	\$0,00	0%	\$112,13	8%
	Total Transmissão Remotes	\$24,55	6%	\$27,03	7%	\$0,00	0%	\$260,46	19%
	Total Core	\$378,80	100%	\$388,22	100%	\$285,68	100%	\$1.388,80	100%
Custo Total por Terminal		\$1.325,88		\$1.367,52		\$914,32		\$2.556,74	

Tabela 8.9 – Cenário II com demanda distribuída em toda área de concessão

Portanto, ao contrário do que ocorre em projetos de expansão da rede – descritos no Cenário I – projetos sociais podem apresentar economias de escala e de escopo bem distintas, a depender da distribuição dos grupos de beneficiários elegíveis, ou seja, se eles formam concentração geográfica em áreas não atendidas ou se estão dispersos em uma região vasta e já atendida.

8.5 Comparação com informações contábeis

Segundo a Sercomtel⁹², o projeto de expansão rural descrito na seção 8.4 abrange 800 terminais de acesso na comunidade da zona rural de Londrina e, levando-se em conta custos de rede, de transmissão, de comutação, de dados e de infra-estrutura, o investimento total⁹³ é da ordem de US\$ 546.837.

Tal investimento representa um custo por terminal de acesso de US\$ 683,55 que, em princípio, deveria representar o custo incremental de se adicionar 800 terminais a uma planta de quase 140.000 terminais.

Por outro lado, é possível também se obter o custo totalmente alocado por terminal de acesso a partir do valor de imobilizado, reportado em Sercomtel (2004b) e reproduzido na Tabela 8.10. A soma dos ativos atribuíveis à prestação do serviço de telefonia fixa, por meio de terminal de acesso individual, totaliza US\$ 105.891.862.

⁹² <http://www.londrix.com.br/noticias.php?id=4353>, acessado em fevereiro de 2007.

⁹³ R\$ 1,6 milhão (R\$ 2.000,00/terminal) convertido utilizando a Taxa de Câmbio Comercial p/ venda (R\$/US\$ média de 2004) de R\$2,9259.

IMOBILIZADO			
Taxa de Depreciação	Custo de Aquisição ou Construção	2004 (R\$)	2004 (US\$)
	Terrenos	R\$ 8.989.000,00	\$3.072.217,10
4%	Construções prediais e instalações	R\$ 26.175.000,00	\$8.945.965,34
7,69%	Equipamentos de comutação	R\$ 124.968.000,00	\$42.710.960,73
5 - 10%	Equipamentos de transmissão	R\$ 93.424.000,00	\$31.930.004,44
4 - 12,5%	Bens de infra-estrutura	R\$ 30.943.000,00	\$10.575.549,40
20%	Equipamentos de informática	R\$ 10.352.000,00	\$3.538.056,67
20%	Software e outros	R\$ 23.787.000,00	\$8.129.806,21
	Equipamento de tele-supervisão	R\$ 180.000,00	\$61.519,53
10 - 12,5%	Equipamentos de terminais (TUPs)	R\$ 25.855.000,00	\$8.836.597,29
20%	Veículos	R\$ 1.855.000,00	\$633.992,96
10%	Bens de uso comum	R\$ 4.841.000,00	\$1.654.533,65
	Bens e instalações em andamento	R\$ 13.482.000,00	\$4.607.812,98
6,67%	Concessão para exploração de TVpor assinatura	R\$ 1.647.000,00	\$562.903,72
Sub-total do Imobilizado para Telefonia Fixa (Acessos Individuais)		R\$ 309.829.000,00	\$105.891.862,33
Total do Imobilizado		R\$ 366.498.000,00	\$125.259.920,02

Tabela 8.10 – Imobilizado da Sercomtel⁹⁴

Considerando a quantidade acumulada de terminais instalados no mesmo ano, segundo Anatel (2007c), tem-se o custo totalmente alocado de US\$ 651,53 por terminal de acesso, conforme Tabela 8.11.

PGMU		
Quantidade de Terminais	2004 (R\$)	2004 (US\$)
Quantidade de TUPs Instalados	4042	4042
Quantidade de Terminais Fixos Instalados	162527	162527
Custo por TUP Instalado	R\$ 6.396,59	\$2.186,19
Custo por Terminal Instalado	R\$ 1.906	\$651,53

Tabela 8.11 – Quantidade e custo unitário de terminais de acesso

A comparação⁹⁵ entre os modelos contábil e de engenharia dá-se a partir dos valores obtidos para custos totalmente alocados (FAC) e custos incrementais (IC), conforme Tabela 8.12.

MODELO CONTÁBIL			MODELO DE ENGENHARIA		
Base Histórica de Custos (HCA)			Base Atualizada de Custos (CCA)		
Custo Totalmente Alocado (FAC)	Custo Incremental (IC)	IC/FAC (%)	Custo Totalmente Alocado (FAC)	Custo Incremental (IC)	IC/FAC (%)
US\$ 651,53	US\$ 683,55	~ 5%	US\$ 1.367,52	US\$ 3.227,28	~136%

Tabela 8.12 – Comparação dos modelos

A análise indica que a estimativa da empresa, sobre investimentos no projeto de telefonia rural, subestima os custos de expansão da rede, pois o modelo contábil revela custos médios (FAC) bem próximos dos custos incrementais (IC) divulgados. Não obstante os investimentos significativos exigidos por uma rede rural, os custos divulgados apresentam-se somente 5% superiores. Tal limitação do modelo contábil se deve à forma como os valores são contabilizados, impedindo qualquer atribuição dos investimentos realizados em função da localização ou destinação dos ativos de rede.

Por sua vez, o modelo de engenharia permite evidenciar custos de rede rural 136% superiores. Isso se deve à sua capacidade de representar a estrutura de custos da rede de forma adequada, permitindo identificar o impacto real dos custos decorrentes da expansão rural nos custos da empresa.

Além disso, a utilização de modelos de engenharia permite realizar análises de sensibilidade capazes de avaliar as diferentes estruturas de custos dos projetos, segundo suas economias de escala e de escopo, obtendo uma melhor identificação dos custos evitáveis de cada tipo de projeto.

⁹⁴ Valores convertidos utilizando a taxa de câmbio - R\$ / US\$ - comercial - venda – média de 2004 de R\$2,9259.

⁹⁵ A comparação direta dos resultados obtidos na análise contábil e no modelo HCPM fica em parte prejudicada devido à conversão monetária de valores com defasagem de três anos. Mas ainda assim é relevante do ponto de vista relativo.

Em particular, o HCPM se mostra muito adequado por considerar a posição real dos usuários na rede, o que permite a identificação das diferentes economias em situações como, por exemplo, do Cenário II, cuja comprovação contábil é de difícil verificação⁹⁶.

Também se mostra flexível na adoção de critérios para o dimensionamento de rede, de forma a atender diferentes características regionais como, por exemplo, modularidades de rede óptica típicas da hierarquia SONET (padrão ANSI) que são facilmente adaptadas às modularidades da hierarquia SDH (padrão ITU-T). Da mesma maneira, tal flexibilidade é presente nos critérios de arruamento de lotes americano e europeu para representar a distribuição dos usuários.

⁹⁶ Segundo Benitez (2000), a análise contábil não permite separar os custos de serviços subsidiados daqueles não subsidiados.

Capítulo 9

Conclusões e estudos futuros

Com este trabalho demonstra-se a aplicação de uma ferramenta computacional de domínio público (HCPM), na modelagem da estrutura eficiente de custos de uma RTPC para o mercado brasileiro.

A modelagem obtida se destina ao cálculo da parcela de custos não recuperável, decorrente do cumprimento de obrigações de universalização do STFC, e atende os requisitos da regulamentação do FUST – voltados para a identificação dos subsídios mínimos necessários – no que diz respeito à demonstração do nível de eficiência na exploração do serviço, do uso otimizado das redes e, principalmente, dos ganhos de escala e de produtividade associados.

Para essa modelagem é descrita uma metodologia de apuração dos custos evitáveis, cuja ocorrência seja exclusivamente devida à execução das obrigações sob análise, a partir de modelos de engenharia que reproduzem a estrutura de *CAPEX* e *OPEX* de uma RTPC.

Da experiência internacional observa-se que tais metodologias são indicadas para a gestão de custos dos serviços suportados por uma RTPC e que a ferramenta HCPM descreve adequadamente a estrutura de custos das redes de acesso.

9.1 Considerações sobre o HCPM

O HCPM pode ser utilizado em diversas aplicações no ambiente regulatório, de forma não intrusiva, a partir de fontes independentes de informação sobre os custos prospectivos (*Forward-Looking*) da prestação do STFC.

Pode ser utilizado, por exemplo, no planejamento de expansão da infra-estrutura que dá suporte ao STFC para áreas rurais ou, como no caso do programa do Serviço Universal nos E.U.A., para determinar o nível de subsídio adequado para equiparar os custos enfrentados pelas empresas em regiões de alto custo, em relação àquelas que operam em regiões de menor custo.

Em particular, para o cálculo da PCNR, o HCPM se mostra muito adequado por utilizar um modelo que considera a posição real dos usuários na rede, permitindo a identificação de economias de escala e de escopo em diferentes situações como, por exemplo, de projetos sociais de telefonia fixa voltados para comunidades de baixa renda (Cenário II), cuja comprovação contábil é de difícil verificação.

Por fazer uso da localização georreferenciada dos usuários, o HCPM se mostra mais versátil que outros modelos utilizados para o financiamento de obrigações de universalização. Essa característica permite a identificação da PCNR decorrentes de programas que visam atendimentos em regiões já atendidas, cujos custos evitáveis são bem menores do que os custos médios apurados por outros métodos.

Outros modelos⁹⁷ podem ser avaliados em sua capacidade de distinguir diferentes estruturas de custos. Porém, muito provavelmente, os modelos que tratam a informação de demanda somente em termos de diferentes níveis de densidade não permitem analisar situações cujas economias são observadas somente ao se distinguir as posições reais dos usuários como, por exemplo, a descrita pelo Cenário II no Capítulo 8.

⁹⁷ Modelos *Shynthesys* e *TITAN/OPTIMUM*, descritos por Olsen (1999).

O modelo é flexível e apresenta resultados igualmente adequados a partir de níveis de informação mais agregados, quando utilizado no modo *BLOCK*. Além disso, permite ajustar as informações de preços de forma a representar diferentes custos regionais.

A metodologia empregada no dimensionamento da rede de acesso – que se divide em duas fases (clusterização e dimensionamento) – mostra-se eficiente, sendo possível representar os elementos de rede utilizados no Brasil por meio dos elementos da rede de acesso utilizados pelo HCPM.

A utilização do HCPM, para o cálculo dos custos relacionados à infra-estrutura de rede, mostra que sua estrutura de cálculo permite total controle sobre as diferentes fases de cálculo, e dos diferentes segmentos da rede, propiciando um profundo entendimento sobre a estrutura de custos de uma RTPC.

Entretanto, para a avaliação completa de seu desempenho no dimensionamento dos segmentos de rede de comutação e transmissão seriam recomendáveis estudos adicionais, levando em conta amostras de tráfego, não disponíveis para este trabalho.

Por outro lado, o modelo mostra-se limitado ao aplicar um único fator anual para representar despesas anuais, tais como: custo de capital, custos operacionais, de manutenção e de depreciação.

Visto que tais despesas representam uma componente significativa do custo TELRIC, a forma estática com que esse fator as representa, ao longo de todo o período de estudo, é uma das maiores razões de críticas ao HCPM, pois compromete a visão prospectiva do modelo. Uma crítica análoga é feita para a taxa de depreciação utilizada, em Weingarten (2003).

Como o cálculo de tais despesas deve se basear em metodologia ABC e em custos prospectivos (*Forward-Looking*) – à semelhança do que é feito para o CAPEX – é recomendável o aperfeiçoamento do modelo no sentido de basear as despesas operacionais em informações da própria tecnologia como, por exemplo, MTBF (*Mean Time Between Failures*) e MTTR (*Mean Time To Repair*), como é feito na metodologia TITAN/OPTIMUM, descrita em Olsen (1999).

Outra dificuldade observada é na obtenção de informação georreferenciada ao se aplicar o modelo às operadoras regionais brasileiras, que possuem áreas de outorgas com grandes extensões geográficas, com diferentes características de densidade populacional e de relevo topográfico.

O mapeamento em nível nacional da demanda por serviços de telefonia mostra-se proibitivo sendo recomendável, à semelhança do que ocorre em outros países, que essa ação seja conduzida de forma integrada a outras atividades de geoprocessamento que visem ao planejamento sócio-econômico.

Por exemplo, segundo ICT (2000), a aplicação do HCPM em Portugal envolve coleta exaustiva e tratamento sistemático de informação de caráter demográfico, geográfico, geológico, altimétrico e cartográfico sendo que, para isso, são utilizadas diversas fontes de informação como, por exemplo, Instituto Geográfico do Exército (IGE), Instituto Nacional de Estatística (INE), Instituto Geológico e Mineiro (IGM) e Direção Geral do Ambiente (DGA).

Uma dessas iniciativas no Brasil é o projeto Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em co-operação com a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA). Segundo Câmara (1996), SPRING é um sistema de domínio público⁹⁸ voltado para operar como um banco de dados geográfico que suporte um grande volume de dados, mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo o banco. Seu

⁹⁸ A ferramenta pode ser obtida gratuitamente em <http://www.dpi.inpe.br/spring>.

principal objetivo é fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, para aplicações em agricultura, floresta, gestão ambiental, geografia, geologia, planejamento urbano e regional, amplamente acessível à comunidade brasileira.

9.2 Sugestões para trabalhos futuros

Para a obtenção de uma metodologia completa, voltada para a identificação da PCNR, mostra-se necessário o desenvolvimento de um modelo para a apuração das receitas renunciáveis, identificadas mediante a eliminação das obrigações de universalização que geraram tais receitas.

Porém, ao se tentar identificar essas receitas esbarra-se em uma dificuldade prática: algumas delas como, por exemplo, a receita das chamadas terminadas, não são passíveis de mensuração direta, devendo ser estimadas indiretamente por meio de informações de tráfego e de técnicas estatísticas.

Apenas como contribuição para estudo futuro, o tratamento das receitas pode basear-se na análise descrita pela *Commerce Commission* (2005), na qual as informações de receitas são fornecidas em bases trimestrais pela empresa responsável pelo cumprimento das obrigações. Essas receitas podem ser categorizadas em:⁹⁹

- Receitas do serviço telefônico e de serviços suplementares para usuários residenciais com um acesso telefônico apenas (*Res1*);
- Receitas do serviço telefônico e de serviços suplementares para usuários residenciais com mais de um acesso telefônico (*Res2*);
- Receitas do serviço telefônico e de serviços suplementares para usuários residenciais com planos de pagamento sem assinatura (*ResPay*)¹⁰⁰;
- Receitas de usuários não residenciais (*Bus*).

De qualquer forma, um possível modelo para a análise de receitas no cálculo da PCNR deve considerar o fornecimento do serviço a áreas geográficas potencialmente não rentáveis, a usuários potencialmente não rentáveis que se localizam em áreas geográficas rentáveis e também o provimento de telefones de uso público (TUPs) não rentáveis. Dos custos incorridos nesses atendimentos devem ser deduzidas as receitas que contribuem para a recuperação parcial dos recursos aplicados.

Adicionalmente, a modelagem das receitas deve ser capaz de eliminar a dupla contagem de receitas e de estimar o percentual de receitas de chamadas substituídas, ao analisar a geração de receitas adicionais para cada uma das categorias, nas situações em que essas ocorrências são previstas.

Já com relação à análise de benefícios indiretos, é necessário desenvolver uma metodologia que se volte para a estimativa de valor de bens intangíveis, conceito bem difundido nos mercados competitivos e, em alguns casos, já reconhecido contabilmente.

⁹⁹ No Brasil, a metodologia deve refletir as classes de assinante previstas pela Resolução N.º 424, de 06 de dezembro de 2005, que aprovou o Regulamento de tarifação do STFC prestado no regime público (Especial, Residencial, Não Residencial e Tronco).

¹⁰⁰ No Brasil, essa categoria é representada pelos planos pré-pagos.

Outra metodologia igualmente complexa, porém necessária para a regulação de subsídios, abrange programas de universalização que envolvam projetos de serviços em banda-larga, utilizando novas tecnologias.

O desenvolvimento e a disseminação dessas novas tecnologias costumam produzir impactos nos custos e/ou nas receitas das prestadoras de serviço, podendo afetar também outros participantes da cadeia de valor. Estimar custos na universalização de serviços suportados por plataformas, ditas de nova geração, não é tarefa simples. Aliás, dependendo dos métodos e processos adotados, pode ser inclusive uma tarefa razoavelmente complexa.

Os métodos de cálculo (ou de estimativa) necessários são bem mais complexos do que aqueles adotados atualmente. Isso se deve, principalmente, ao fato de haver maior participação de custos compartilhados, entre os diferentes serviços, e à necessidade de dotar a metodologia com uma visão prospectiva de longo-prazo, período durante o qual a evolução tecnológica em curso pode mudar sua trajetória e cuja demanda pelos serviços é de difícil previsão.

Pode ser necessário, por exemplo, adotar técnicas de depreciação mais acelerada, ou utilizar uma abordagem *Scorched Earth*, estabelecendo topologias sem nenhum vínculo com a da rede existente. Essas questões sugerem que uma modelagem, à semelhança do que é feito para a rede legada, exige um tempo de maturação para a sua comprovação sem, contudo, conseguir traduzir os princípios de eficiência econômica na rapidez exigida.

Referências bibliográficas

Anatel (2001)

ANATEL. “Regulamento de Operacionalização da Aplicação de Recursos do Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações – Fust”, jul. 2001.

Anatel (2003)

ANATEL. “Contrato de Concessão para a prestação do Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC) na modalidade local”, aprovado pela resolução nº 341 de 20 de junho de 2003.

Anatel (2007a)

ANATEL. “Sistema Área-Área”:

<http://sistemas.anatel.gov.br/areaarea/N_Download/Tela.asp?varMod=Publico&SISQSmdu=7179>, acessado em 30 jun. 2007.

Anatel (2007b)

ANATEL. “Sistema de Gestão das Obrigações de Universalização”:

<<http://sistemas.anatel.gov.br/sgou/>>, acessado em 30 jun. 2007.

Anatel (2007c)

ANATEL. “Plano de amostragem para Sercomtel”:

<http://www.anatel.gov.br/Tools/frame.asp?link=/telefonia_fixa/contratos_concessao/documentos/plano_sercomtel.pdf>, acessado em 30 jun. 2007.

Andersen (2002)

ANDERSEN. “Study on the implementation of cost accounting methodologies and accounting separation by telecommunication operators with significant market power”, jul. 2002.

AMI (2001)

ANDERSEN MANAGEMENT INTERNATIONAL A/S. “Cost Oriented Access and Interconnection in Sweden”, nov. 2001.

Atkinson (1997a)

ATKINSON, A. A. et al. “Management Accounting”. Prentice Hall, 2. ed., 1997.

Atkinson (1997b)

ATKINSON, J et al. “The use of computer models for estimating forward-looking economic costs - A staff analysis”, FCC, jan. 1997.

Benitez (2000)

BENITEZ, D. A. et al. “Are cost models useful for telecoms regulators in developing countries?”. Policy Research Working Paper 2384. The World Bank Institute, jun. 2000.

Benitez (2002)

BENITEZ, D. A. et al. The potential role of economic cost models in the regulation of telecommunications in developing countries. “Information Economics and Policy”, v. 14, p. 21-38, 2002.

Bush (1998)

BUSH, C. A. et al. "The Hybrid Cost Proxy Model Customer Location and Loop Design Modules", dez. 1998.

Bush (1999)

BUSH, C. A. et al. "Computer Modeling of the Local Telephone Network", out. 1999.

Bush (2001)

BUSH, C.A. et al. Computer Modeling of the Forward-Looking Economic Cost of Local Exchange Telephone Networks: An Optimization Approach, "Telecommunication Systems" v. 18, n. 4, p. 359-383, 2001.

Câmara (1996)

CÂMARA, G. et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. "Computers & Graphics", v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

Casier (2006)

CASIER, K. et al. A fair cost allocation scheme for CapEx and OpEx for a network service provider. In: CONFERENCE ON TELECOMMUNICATION TECHNO-ECONOMICS, 5., Atenas, 2006. "Proceedings of CTTE". Atenas, 2006.

Cazora (2005)

CAZORA, G. "Universal Service Obligations". Berlim, jun. 2005.

CCE (1996)

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. "Assessment Criteria for National Schemes for the Costing and Financing of Universal Service in Telecommunications and Guidelines for the Member States on Operation of such Schemes", 1996.

CCE (1997)

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. "Directive 97/33/CE", jul. 1997.

CCE (1998a)

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. "Part 1 - Interconnection pricing. Directive 98/195/EC", jan. 1998.

CCE (1998b)

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. "Part 2 - Accounting separation and cost accounting. Directive 98/322/EC", abr. 1998.

CCE (2000a)

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. "Part 1 - Interconnection pricing. Directive 00/263/EC", mar. 2000.

CCE (2000b)

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. "Unbundled access to the local loop. Regulation 2887/2000", dez. 2000.

CCE (2002a)

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. "Part 1 - Interconnection pricing. Directive 02/175/EC", fev. 2002.

CCE (2002b)

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. "Directive 2002/19/EC", 2002.

CCE (2002c)

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. "Directive 2002/21/EC", 2002.

CCE (2002d)

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. "Directive 2002/22/EC", 2002.

CCE (2006)

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. "Relatório sobre o resultado da revisão do âmbito do serviço universal". Bruxelas, abr. 2006.

Commerce Commission (2003)

COMMERCE COMMISSION. "Determination for TSO Instrument for Local Residential Service for period between 20 December 2001 and 30 June 2002". Nova Zelândia, dez. 2003.

Commerce Commission (2005)

COMMERCE COMMISSION. "Determination for TSO Instrument for Local Residential Service for period between 1 July 2002 and 30 June 2003". Nova Zelândia, mar. 2005.

Cullen (2001)

CULLEN INTERNATIONAL S.A. e WISSENSCHAFTLICHES INSTITUT FÜR KOMMUNIKATIONSDIENSTE GmbH. "Study on Universal Service in the Accession Countries". Namur, jun. 2001.

DCITA (2004)

DEPARTMENT OF COMMUNICATIONS, INFORMATION TECHNOLOGY AND THE ARTS. "Review of the operation of the universal service obligation and customer service guarantee - Parts 2 and 5 of the Telecommunications (Consumer Protection and Service Standards) Act 1999". Austrália, abr. 2004.

DE BRAGANÇA (2005)

DE BRAGANÇA, G. F. "A remuneração de redes nas telecomunicações e a nova orientação a custos: avaliação e perspectivas para a telefonia fixa brasileira". Texto para discussão 1104. IPEA, Rio de Janeiro, jul. 2005.

EURESCOM (2000)

P901 PROJECT, "Investment, operation, administration and maintenance cost modelling". EU P-901, Deliverable 2 Volume 2 of 4: Annex A, ago. 2000.

FCC (1996a)

FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION. "Implementation of the Local Competition Provisions in the Telecommunications Act of 1996". "Interconnection between Local Exchange Carriers and Commercial Mobile Radio Service Providers". 96-325, ago. 1996.

FCC (1996b)

FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION. "Joint Board Recommended Decision at paras. p. 268-269", 1996.

FCC (1996c)

FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION. "CC Docket No. 96-262, Section VI". p. 96-488, 1996.

FCC (1997)

FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION. "Federal-State Joint Board on Universal Service". 97-157, mai. 1997.

Feil (2006)

FEIL, A. V.; NODA, C. S. "As metodologias e os novos desafios da regulação das tarifas de energia elétrica". Revista de Engenharia, v. 578, nov. 2006.

Ferguson (2003)

FERGUSON, C. E.. "Microeconomia". Editora Forense Universitária Ltda, 20ª edição, Rio de Janeiro, 2003.

Fiúza (1998)

FIÚZA, E. P. S.; NÉRI, M. C. "Reflexões sobre os mecanismos de universalização do acesso disponíveis para o setor de telecomunicações no Brasil". Texto para discussão 573. IPEA, Rio de Janeiro, jul. de 1998.

Gasmi (2001)

GASMI, F. et al. "Cost Proxy Models and Telecommunications: A New Empirical Approach to Regulation". MIT Press, 2001. 272p.

Hardin (1999)

HARDIN, A.; ERGAS, H.; SMALL, J. "Economic Depreciation in Telecommunications Cost Models". Industry Economics Conference, Melbourne, jul. 1999.

IBGE (2000)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. "Censo Demográfico", 2000.

IBRACON (1994)

INSTITUTO BRASILEIRO DE CONTADORES. "Princípios contábeis: normas e procedimentos de auditoria". 2. ed. Atlas, 1994.

ICP (2000)

INSTITUTO DAS COMUNICAÇÕES DE PORTUGAL. "Modelo de custeio da rede fixa de telecomunicações - Hybrid Cost Proxy Model". Portugal, nov. 2000.

Intven (2000)

INTVEN, H.; OLIVER, J.; SEPÚLVEDA, E. "Telecommunications Regulation Handbook". McCarthy Tétrault. InfoDev, World Bank Group, Washington, 2000.

IRG (2000)

INDEPENDENT REGULATORS GROUP. "Principles of implementation and best practice regarding FL-LRIC cost modelling", nov. 2000.

Kennet (2002)

KENNET, D. M.; PEREZ-REYES, R. Beyond the Rhetoric: An Introduction to Implementing TELRIC. "Review of Network Economics", v. 1, n. 2, set. 2002.

Lei nº 7485 (1998)

BRASIL. Lei n. 7485, de julho de 1998. Sobre o Uso e a Ocupação do Solo na Zona Urbana e de Expansão Urbana de Londrina. Londrina, Legislação Municipal.

McGuigan (2005)

MCGUIGAN, J. R.; MOYER, R. C.; HARRIS, F. H. de B. "Managerial Economics. Applications, Strategy, and Tactics". Thomson South-Western, 2005.

OECD (2004)

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. "Access Pricing in Telecommunications", 2004.

Oftel (1997a)

OFFICE OF TELECOMMUNICATIONS. "The Pricing of Telecommunications Services". Reino Unido, 1997.

Oftel (1997b)

OFFICE OF TELECOMMUNICATIONS. "Network Charges". Reino Unido, 1997.

Oftel (1997c)

OFFICE OF TELECOMMUNICATIONS. "Universal Telecommunications Services, Consultative Document". Reino Unido, jul. 1997.

Ofcom (2005)

OFFICE OF TELECOMMUNICATIONS (ex-Oftel). "Review of the Universal Service Obligation", jun. 2005.

Olsen (1999)

OLSEN, B. T. OPTIMUM – a Techno-economic Toll, "Teletronikk (in English)", n. 2/3, pp. 239-250, Noruega, set. 1999.

Prim (1957)

PRIM, R.C. Shortest Connection Networks and Some Generalizations. "Bell System Technical Journal", 36, p. 1389-1401, EUA, 1957.

Ralph (2003)

RALPH, E. K. Review of "Cost Proxy Models and Telecommunications Policy. "Review of Network Economics", v.2, n. 1, p. 41-50, EUA, mar. 2003.

Sarafidis (2002)

SARAFIDIS, V. An Assessment of Comparative Efficiency Measurement Techniques. "Europe Economics", Reino Unido, out. 2002.

Sercomtel (2004a)

SERCOMTEL. Relatório da Administração. Sercomtel, 2004.

Sercomtel (2004b)

SERCOMTEL. Informações Financeiras do Balanço Patrimonial. Sercomtel, 2004.

Tessitore (2001)

TESSITORE, R. V. et al. "Universal Service Obligation (USO) avoidable net cost evaluation: the Italian experience". Exp - Volume 1 - n°1. Itália, dez. 2001.

Van Laarhoven (1987)

VAN LAARHOVEN, P. J. M.; AARTS, E. H. L. "Simulated annealing: theory and applications". Kluwer Academic Publishings, 1987.

Vogelsang (2002)

VOGELSANG, I. Incentive regulation and competition in public utility markets: a 20-year perspective. "Journal of Regulatory Economics", v. 22, n. 1, p. 5-27, 2002.

Weingarten (2003)

WEINGARTEN, M.; STUCK, B. Why ILECs Won't Invest. "Business Communications Review", jul. 2003.

WIK (1997)

WISSENSCHAFTLICHES INSTITUT FÜR KOMMUNIKATIONSDIENSTE GmbH. "Costing and Financing Universal Service Obligations in a Competitive Telecommunications Environment in the European Union". Bad Honnef, out. 1997.

Yamakami (2004)

YAMAKAMI, A. "Teoria de Grafos". Notas de aula. Universidade Estadual de Campinas, out. 2004.