



**Carlos Alberto Garofalo**

**Novas Soluções de Redes e Serviços de  
Entretenimento de Última Geração**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Marbey Manhães Mosso

Rio de Janeiro  
Agosto de 2005



**Carlos Alberto Garofalo**

**Novas Soluções de Redes e Serviços  
de Entretenimento de Última Geração**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Marbey Manhães Mosso**

Orientador

Centro de Estudos em Telecomunicações – PUC-Rio

**Prof. Abelardo Podcameni**

Centro de Estudos em Telecomunicações – PUC-Rio

**Prof. Ricardo Guerra Pereira**

UERJ

**Prof. Antônio Dias Macedo Filho**

Marinha do Brasil

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 26 de agosto de 2005

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Carlos Alberto Garofalo**

Graduado em Engenharia Elétrica, ênfase em Eletrônica e Telecomunicações, em 1992/1994, pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca do Rio de Janeiro - CEFET. Foi membro do corpo de Engenheiros da Empresa Brasileira de Telecomunicações - EMBRATEL, permanecendo até 04/09/2000. A partir desta data ingressou ao corpo de Engenheiros da Empresa Globalcrossing, onde permanece até os dias atuais. Atua ,também, como professor do curso tecnólogo da Universidade Estácio de Sá

#### Ficha catalográfica

Garofalo, Carlos Alberto

Novas soluções de redes e serviços de entretenimento de última geração / Carlos Alberto Garofalo ; orientador: Marbey Manhães Mosso. – Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Engenharia Elétrica, 2005.

72 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica.

Inclui referências bibliográficas

1. Engenharia elétrica – Teses. 2. Redes ópticas. 3. Gigabit Ethernet. 4. IP. 5. Armazenamento distribuído. 6. Inteligência de rede. 7. Entretenimento. 8. Redes multimídia. 9. Capex. 10. Opex. I. Mosso, Marbey Manhães. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

Aos meus pais Vittorio Garofalo e Adelina Fisciletti Garofalo

Meu irmão José Ricardo Fisciletti Garofalo

A minha esposa Maria de Lourdes de Castro Garofalo

## Agradecimentos

Ao meu orientador Marbey M. Mosso pela oportunidade, incentivo e suporte contínuo na elaboração deste trabalho.

Aos meus companheiros de trabalho Alexandre Castro, Jorge Monteiro e Maurício Marques pela disponibilidade sempre demonstrada em todos os momentos que foram solicitados.

Em especial ao meu chefe Emanuel Xavier pela atenção, incentivo, aprendizado e suporte técnico. Fatores de grande importância para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais Adelina F. Garofalo e Vittorio Garofalo pelo incentivo contínuo dos meus estudos.

A minha querida esposa Maria de Lourdes C. Garofalo pela compreensão, paciência e incentivos diários durante a realização deste trabalho. Principalmente pelo equilíbrio emocional proporcionado em momentos de extremo cansaço.

## Resumo

Garofalo, Carlos Alberto; Mosso, Marbey Manhães (Orientador). **Novas Soluções de Redes e Serviços de Entretenimento de Última Geração**. Rio de Janeiro, 2005. 72p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O principal objetivo desta dissertação consiste na proposta de implementação de uma rede de telecomunicações utilizando novas tecnologias, enfatizando as aplicações de entretenimento. As soluções adotadas foram orientadas pelas características econômicas verificadas nas áreas nobres das regiões metropolitanas brasileiras e também pelas novas tecnologias de roteamento, chaveamento, armazenamento e distribuição local. A avaliação do custo de investimento e operacional da rede, bem como a formulação de um modelo de negócios associado a uma estrutura de serviços oferecidos foram apresentadas e desenvolvidas. A construção de um plano de negócio hipotético para avaliar a relação custo-benefício resultante da utilização da infra-estrutura da rede proposta associado ao modelo e estrutura dos serviços elaborados foi implementado e executado. Quatro alternativas de implementação de rede foram avaliadas.

## Palavras-chave

Redes ópticas; Gigabit Ethernet; IP; armazenamento distribuído; inteligência de rede, entretenimento, redes multimídia, Capex, Opex.

## Abstract

Garofalo, Carlos Alberto; Mosso, Marbey Manhães (Advisor). **New Network Solutions and Next Generation Entertainment Services**. Rio de Janeiro, 2005. 72p MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The present dissertation is aiming at proposing a telecommunications network implementation using some new technologies where the emphasis is put on entertainment applications. The adopted solutions try to offer a selection grid that qualitatively cope with the economic level of some selected noble metropolitan areas in Brazil and rely in new routing, switching storage and local distribution technologies. The investment evaluation, the operational network costs and the formulation of a business model associated with the respective used service structure is subsequently introduced and described. Next, a hypothetic business plan service model is launched in order to evaluate the cost-benefit ratio between the network infrastructure proposed working together with its new service model and its new structure. Four possible alternatives of network implementation were evaluated and commented.

## Keywords

Optical networks, Gigabit Ethernet; IP, distributed storage, intelligent networks, entertainment, multimedia networks, Capex, Opex.

# Sumário

1	Introdução	14
2	Concepção de uma nova Rede de Entretenimento	17
2.1.	Introdução	17
2.2.	Mercado Alvo	17
2.3.	Arquitetura de Rede	20
2.4.	Detalhamento do Sistema	22
2.4.1.	Rede	22
2.4.2.	Ponto de Presença Central	23
2.4.3.	Ponto de Presença Secundário	24
2.4.4.	Dispositivo de Armazenamento de Vídeo	24
2.5.	Premissas do Usuário	25
2.6.	Método de Operação da Rede	26
2.7.	Comentários Finais	28
3	Custo de Investimento, Operacional e <i>Real Estate</i>	29
3.1.	Introdução	29
3.2.	Custo de Investimento do Núcleo da Rede	29
3.2.1.	Equipamentos de Rede	29
3.2.2.	Construção do Anel Óptico	32
3.3.	Custo de Investimento do Acesso – Última Milha	35
3.4.	Total de Custo de Investimento – CAPEX	36
3.4.1.	Alternativa 1	36
3.4.2.	Alternativa 2	36
3.4.3.	Alternativa 3	37
3.4.4.	Alternativa 4	38
3.5.	Custo com Compra e/ou Aluguel – <i>Real Estate</i>	38
3.5.1.	Custo do Aluguel do Poste	39
3.5.2.	Custo do Aluguel do Espaço Físico	39
3.5.3.	Total de Custos com Aluguel – <i>Real Estate</i>	39
3.6.	Custo com Operação e Manutenção da Rede – OPEX	40
3.6.1.	Custo com Contrato de Manutenção da Planta Externa	40
3.6.2.	Custo com Contrato de Manutenção de Hardware Cisco/IBM	41
3.6.3.	Custo com Mão-de-Obra para Operação	41
3.6.4.	Custo de Materiais de Informática e Consumo	41
3.7.	Total de Custos de Operação e Manutenção – OPEX	41
3.8.	Comentários Finais	42
4	Modelo de Negócio para a Rede Multimídia proposta	43
4.1.	Introdução	43
4.2.	Redes Tradicionais e Redes NGN	43
4.3.	Modelo de Negócios para Redes NGN	44
4.4.	Modelo de Negócios para a Rede proposta	46
4.5.	Comentários Finais	49
5	Construção do Plano de Negócio para a Rede Multimídia proposta	51
5.1.	Introdução	51

5.2. Fundamentos para Construção do Plano de Negócios	51
5.3. Cenário do Negócio Avaliado	52
5.3.1. Distribuição de Usuários	52
5.3.2. Distribuição de Usuários por Classe de Serviço	53
5.3.3. Crescimento de Usuários por Trimestre	53
5.3.4. Premissas Macroeconômicas	54
5.3.5. Receitas	55
5.3.6. Custos Operacionais – OPEX	56
5.3.7. Custos de Investimentos – CAPEX	59
5.3.8. Taxa de Juros Considerada no Estudo	59
5.4. Resultados Obtidos:	60
5.5. Comentários Finais	66
6 Comentários e Conclusões	67
6.1. Introdução	67
6.2. Destaques Relevantes	67
6.3. Relação Custo-Benefício	68
6.4. Conclus Finais	69
7 Referências Bibliográficas	71

## Lista de figuras

Figura 1: Topologia Física da rede	19
Figura 2: Arquitetura da Rede – Fase Inicial e Final	21
Figura 3: Arquitetura interna de rede residencial	25
Figura 4: Método de Operação da Rede	26
Figura 5: Conectividade entre o Usuário e o “Retailer”	45
Figura 6: Relacionamento funcional Usuário/ “Retailer”	45
Figura 7: Configuração do modelo de negócios proposto	47
Figura 8: Rede de entretenimento em grande escala	69

## Lista de tabelas

Tabela 1: Características socio-econômicas por classe de rendimento	18
Tabela 2: Localização dos Pontos de Presença Secundários	19
Tabela 3: Distâncias entre os Pontos de Presença Secundários	23
Tabela 4: Custo de Equipamentos de Rede dos Pontos de Presença	31
Tabela 5: Custo de Equipamentos de Informática dos Pontos de Presença	32
Tabela 6: Custo de construção do anel óptico subterrâneo	33
Tabela 7: Custo de construção do anel óptico misto (subterrâneo + aéreo)	34
Tabela 8: Custo de acesso óptico – última milha	35
Tabela 9: Custo de acesso elétrico – última milha	35
Tabela 10: Custo total de investimento para uma rede óptica subterrânea e acesso óptico	36
Tabela 11: Custo total de investimento para uma rede óptica subterrânea e acesso elétrico	37
Tabela 12: Custo total de investimento para uma rede mista (subterrânea + aérea) e acesso óptico	37
Tabela 13: Custo total de investimento para uma rede óptica mista (subterrânea + aérea) e acesso elétrico	38
Tabela 14: Custo total anual com aluguel	40
Tabela 15: Custo total com operação e manutenção	42
Tabela 16: Crescimento da planta projetada	53
Tabela 17: Distribuição de usuários por classe de serviço por ano	53
Tabela 18: Crescimento de usuários no trimestre por classe de serviço	54
Tabela 19: Indicadores econômicos adotados no estudo	54
Tabela 20: Preço fixo unitário por classe de serviços	55
Tabela 21: Receita anual projetada	55
Tabela 22: Custo do núcleo e acesso da rede – US\$	59
Tabela 23: Custo OPEX projetado	61
Tabela 24: Cálculo do VPL para a alternativa 1	62
Tabela 25: Cálculo do VPL para a alternativa 2	63
Tabela 26: Cálculo do VPL para a alternativa 3	64
Tabela 27: Cálculo do VPL para a alternativa 4	65

## Lista de Acrônimos

ADSL – Asymmetric Digital Subscription Line

ANSI – American National Standards Institute

ARPU – Average Revenue

CAPEX – Capital Expenditure

CDI – Certificado de Depósito Interbancário

CDN – Content Distribution Network

CPE – Customer Premise Equipment

CoS – Class of Service

DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol

DVD – Digital Video Disk

DVR – Digital Video Record

FE – Fast Ethernet

GBE – Gigabit Ethernet

Gbps – Gigabits por segundo

HDTV – High Definition Television

ETSI – European Telecommunications Standard Institute

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

IP – Internet Protocol

ITU-T – International Telecommunications Union – Telecommunication

kbps – kilobits por segundo

km – quilômetro

Mb – Megabyte

Mbps – Megabits por segundo

m<sup>2</sup> – metro quadrado

MPEG – Moving Picture Expert Group

NGN – Next Generation Network

OIF – Optical Internetworking Forum

OPEX – Operation Expenditure

PoP – Point of Presence

QoS – Quality of Service

RTP – Real Time Protocol

RTSP – Real Time Stream Protocol

ROI - Return of Investment

Tb – Terabyte

TCP – Transmission Control Protocol

UDP – User Datagram Protocol

SLA – Service Level Agreement

VoIP – Voice over Internet Protocol

VPL – Valor Presente Líquido

VPN – Virtual Private Network

WDM – Wave Division Multiplexing