



Jorge Fernandes de Morais

**Impactos Ambientais Provenientes das Novas
Tecnologias de Telecomunicações**

Dissertação de Mestrado

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

Orientador: Prof. Gláucio Lima Siqueira

Rio de Janeiro
Junho de 2009



Jorge Fernandes de Morais

**Impactos Ambientais Provenientes das Novas
Tecnologias de Telecomunicações**

Dissertação de Mestrado 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. Gláucio Lima Siqueira

Orientador

Centro de Estudos de Telecomunicações – PUC-Rio

Prof. Hortencio Alves Borges

Departamento de Física – PUC-Rio

Profa. Leni Joaquim de Matos

UFF

Prof. Assed Naked Haddad

UFRJ

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro
Técnico Científico

Rio de Janeiro, 4 de junho de 2009

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

Jorge Fernandes de Moraes

Formado em Engenharia de Produção e mestrando em Métodos de Apoio à decisão com ênfase em estatística pela PUC-Rio. Suas áreas de interesse incluem a análise de séries temporais, métodos de regressão e estatística multivariada.

Ficha Catalográfica

Moraes, Jorge Fernandes de.

Impactos ambientais provenientes das novas tecnologias de telecomunicações / Jorge Fernandes de Moraes; orientador: Gláucio Lima Siqueira. – 2009.

167 f.: il. (color.); 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Inclui bibliografia

1. Engenharia elétrica – Teses. 2. Telecomunicações. 3. Impactos ambientais. 4. Irradiações eletromagnéticas. 5. Meio ambiente. 6. Radiação não-ionizante. I. Siqueira, Gláucio Lima. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

Dedico esse trabalho às minhas filhas Flavia e Adriana, pelo aconchego e carinho,
e por sempre ter me inspirado e me motivado em todos os momentos de minha
vida, mesmo ao custo de muita saudade.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, por ter me concedido a graça de desfrutar de saúde, disposição e perseverança para concluir esse curso.

Ao meu orientador, professor Gláucio Siqueira, pela sua disposição e interesse em colocar ao meu dispor todo o seu conhecimento e capacidade de orientação, para que pudesse levar a termo esse trabalho.

Ao Professor Abraham Alcaim, pela sua prestimosa e decisiva ajuda, para que eu pudesse ingressar no quadro de alunos do curso de mestrado dessa tão conceituada Universidade.

A todos os professores do CETUC, e em especial, aos Professores Gláucio, Weiler, Boisson, Silva Mello e José Mauro, pois, além de terem me acolhido durante todo o curso, souberam me transmitir os seus conhecimentos, com grande paciência e competência.

Aos colegas de turma que me acompanharam e sempre souberam proporcionar um ambiente de sinergia e entusiasmo.

Resumo

Morais, Jorge Fernandes de Moraes; Siqueira, Gláucio Lima (Orientador). **Impactos Ambientais Provenientes das Novas Tecnologias de Telecomunicações**. Rio de Janeiro, 2009. 167p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Muito tempo se passou até que o homem começasse a perceber que o desenvolvimento trazia consigo, além de uma vida mais confortável, prática e cômoda, também impactos predatórios à natureza. Nesse cenário, as telecomunicações, mesmo consistindo de um sistema de mecanismos de desenvolvimento limpo, também contribuem com elementos nocivos ao meio ambiente. Muitos dos impactos ainda estão sendo pesquisados e outros, já identificados, são objetos de normas e leis nacionais e internacionais. Tentando minimizar essas situações, através de políticas ambientais, fabricantes e empresas do setor procuram implantar paliativos, conseguindo, inclusive, melhorar o seu desempenho financeiro. Ao mesmo tempo, em regiões urbanas e remotas, os sistemas de telecomunicações são instrumentos importantes no controle e monitoramento de recursos ambientais, com diversos objetivos. Além do mais, é inquestionável o uso dessa tecnologia em prol da produtividade, conforto e bem estar do ser humano, imputando ao seu cotidiano uma dinâmica, que seria impossível sem ela. O objetivo desse trabalho de dissertação de mestrado é analisar as principais formas de impactos dos sistemas de telecomunicações sobre as formas de vida na Terra, como, por exemplo, efeitos da poluição do espaço, do solo e do ar, impactos visuais no panorama das cidades, bem como a utilização dessa tecnologia em projetos com fins ecológicos. Tem-se como objetivo principal apresentar os impactos positivos e negativos no meio ambiente causados pelas novas tecnologias de telecomunicações. O presente trabalho poderá servir de alerta às entidades envolvidas no processo e colaborar na tomada de decisões, nos âmbitos de engenharia e normativos, visando dar maior sustentabilidade, do ponto de vista ambiental, aos sistemas de telecomunicações existentes e futuros.

Palavras-chave

Telecomunicações; impactos ambientais; irradiações eletromagnéticas, meio ambiente, radiação não-ionizante.

Abstract

Morais, Jorge Fernandes de Moraes; Siqueira, Gláucio Lima (Advisor). **Environmental Impacts from the New Telecommunication Technologies**. Rio de Janeiro, 2009. 167p. MSc Dissertation – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

It is not difficult to understand that telecommunication technology can provide comfort as well as improve the quality of our everyday life. What isn't so evident is the environmental impact of such development. While telecommunication technologies are still seen as “clean technologies”, they can have some harmful impacts on the environment, many of them have been identified and protected in national and international laws and standards, and others are still under investigation. On the other hand, it's undoubtedly the importance of this technology for modern style of life. It's difficult to imagine life today without it. The aim of this Master's thesis is to present and analyze the impacts of the main forms of telecommunications systems on the people' life on Earth, such as effects of pollution of space, soil and air, impact on visual landscape of cities and the use of technology in projects with ecological purposes. The main objective is to present the positive and negative impacts on the environment caused by the new telecommunications technologies. This work could serve as a warning to entities involved in the process and assist in decision making in the fields of engineering and standards, to give greater environmental sustainability to the existing and future telecommunication systems.

Keywords

Telecommunication; environmental impacts; electromagnetic radiation.

Sumário

1. Introdução	12
2. Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável	15
2.1. Meio Ambiente	15
2.2. A Poluição e o Impacto Ambiental	17
2.3. Desenvolvimento Sustentável	19
2.4. Avaliação de Impacto Ambiental (AIA)	22
3. Impactos Negativos Causados pelas Tecnologias de Telecomunicações	27
3.1. Lixo Eletrônico	27
3.1.1. Impactos no Espaço	28
3.1.2. Impactos na Biosfera	41
3.1.2.1. Aspectos Regulatórios	42
3.1.2.2. Os Impactos das Tecnologias de Telecomunicações	45
3.2. Impacto Visual ou Estético	53
3.2.1. Pelas Redes Móveis de Telecomunicações	53
3.2.2. Pelas Redes Fixas ou Cabeadas	63
3.3. A Influência das Tecnologias Sem Fio na Saúde das Pessoas	70
3.3.1. Espectro de frequências e as radiações	73
3.3.1.1. Considerações sobre a irradiação das ERB`s	82
3.3.1.2. Considerações sobre a irradiação dos aparelhos celulares	93
3.3.2. Rumo das pesquisas sobre Efeitos Biológicos	96
3.3.3. Normas e Diretrizes Internacionais	106
3.3.4. Outros Efeitos da Tecnologia Sem Fio	111
4. Impactos Positivos Causados pelas Tecnologias de Telecomunicações	115
4.1. Controle, Monitoração e Preservação do Meio Ambiente	115
4.1.1. O uso de satélites no Monitoramento e Controle do Meio Ambiente	116
4.1.1.1. Satélites LANDSAT	117
4.1.1.2. Satélite SCD e a Missão Espacial Completa Brasileira	120
4.1.1.3. Satélites CBERS e o Acordo Brasil China	122
4.1.1.4. Satélites EOS	124
4.1.2. O Sistema de Vigilância e Proteção da Amazônia	128
4.1.3. Radar Meteorológico como instrumento de previsão de precipitação	135
4.2. Conforto, Bem Estar e Produtividade	138
4.2.1. Telefonia fixa	139
4.2.2. Telefonia móvel	141
4.2.3. Rádio e Televisão	142
4.2.4. Internet	144
4.2.5. Redes Corporativas	147
4.2.6. Tecnologias de Integração e Convergência	147
5. Conclusão e Considerações Finais	149
Referências bibliográficas	155
Anexo	164

Lista de figuras

Figura 1: Vista leo_ equatorial	29
Figura 2: Vista geo_ polar	29
Figura 3: Países poluidores do espaço	30
Figura 4: Distribuição dos detritos catalogados na região LEO em Janeiro de 2007(azul), Janeiro de 2008 (Vermelho), e os fragmentos do satélite Fengyn-1C	32
Figura 5: Dano causado no painel de radiação da espaçonave da missão STS-118, durante o vôo para a Estação Espacial Internacional.	33
Figura 6: Pedaco do Satélite Russo COSMOS 954 que caiu no Canadá.	34
Figura 7: Tanque do foguete Ariane, encontrado em Belém do Pará – Brasil, em 2006.	35
Figura 8: Objeto que caiu numa fazenda de Goiás - Brasil, em março de 2008.	36
Figura 9: Objetos encontrados na Guatemala e na Austrália	36
Figura 10: Visão do universo sem poluição	37
Figura 11: Visão do universo, nas grandes metrópoles.	37
Figura 12: Lixo eletrônico em aterro público.	42
Figura 13: Ciclo de vida de um produto	47
Figura 14: Perfil de um cabo submarino	49
Figura 15: Principais cabos submarinos com presença no Brasil.	50
Figura 16: Estação repetidora de UHF no morro do Itatiaia.	51
Figura 17: Sistema Celular Típico	54
Figura 18: Foto de uma ERB montada em torre.	55
Figura 19: Foto de ERB montada no topo de prédio	55
Figura 20: Panorama da Av. Paulista, em São Paulo	56
Figura 21: ERB's instaladas em São Conrado – RJ	57
Figura 22: Antena irregular no Estádio do Pacaembu-SP	57
Figura 23: Antena irregular no Palácio das Indústrias – SP	58
Figura 24: Antena interferindo na paisagem do Mirante de Jaguaré – SP	58
Figura 25: Antena localizada em condomínio residencial em Caraguatatuba – SP	61
Figura 26: Detalhe de radome em fachada de prédio, em Los Angeles – US, e outras pinturas para o radome	61
Figura 27: Antenas junto a rodovia, em Portugal	62
Figura 28: Antenas imitando palmeira, Sul da Califórnia – US	62
Figura 29: Antenas na torre do sino da igreja, em Pomona, Califórnia – US	62
Figura 30: Antena em forma de cacto, integrando a paisagem de Fountain Hills, Arizona – US	63
Figura 31: Foto armário externo	64
Figura 32: Armário fibra ótica instalado na Rua Duvivier	64
Figura 33: Armário fibra ótica instalado na Rua Rodolfo Dantas	65
Figura 34: Armário fibra ótica instalado na Rua Hilário de Gouvêa	65
Figura 35: Vista das redes elétrica e telefônica na Barra da Tijuca (Rua Olegário Maciel) – RJ	66

Figura 36: Vista das redes elétrica e telefônica na Barra da Tijuca (Praça Euvaldo Ludi) – RJ	66
Figura 37: Vista panorâmica da Cidade de Calgary – Canadá	69
Figura 38: Fonte: Dissertação de Mestrado de Betânia Bussinger – UFF, 2007	72
Figura 39: Espectro Eletromagnético	73
Figura 40: Simulação computacional FDTD, da exposição RF na cabeça humana	80
Figura 41: Ondas Eletromagnéticas emitidas pela ERB	83
Figura 42: Registro fotográfico da região onde foram realizadas as medições	86
Figura 43: Visão da torre no ponto 2	86
Figura 44: Visão da torre no ponto 3	86
Figura 45: Carga na Estação Carga Autorizada pela ANATEL	88
Figura 46: Distribuição dos resultados das 58 pesquisas do anexo 1	105
Figura 47: Operação do sistema celular do avião com a rede terrestre	114
Figura 48: Foto e características do Satélite LANDSAT 5. (Fonte: NASA, 2004)	117
Figura 49: LANDSAT-5, Rio Negro e Rio Amazonas, Estado do Amazonas	119
Figura 50: Estação de Recepção e Gravação de Dados de Cuiabá	119
Figura 51: Sistema de Coleta de Dados dos Satélites SCD	121
Figura 52: Características técnicas e foto do satélite CBERS-2B	123
Figura 53: Plataforma de Coleta de Dados Típica	124
Figura 54: Rede de satélites EOS	125
Figura 55: Configuração dos Centros de Controle do SIVAM	130
Figura 56: UV de Porto Velho	131
Figura 57: UV Transportável	131
Figura 58: Plataformas de Coleta de Dados do SIVAM	132
Figura 59: Rede de comunicações do SIVAM	134
Figura 60: Radar meteorológico com poço de chuva, em Norman, Oklahoma, USA	136
Figura 61: Diagrama esquemático de uma estação de radar típica	137
Figura 62: Sistema de Alerta a Inundações da Cidade de SP	138
Figura 63: Facilidades da Telefonia Fixa	140
Figura 64: Telefonia Celular	141

Lista de tabelas

Tabela 1: Lista de checagem para a análise de EIA/RIMA ou de outros documentos técnicos exigidos no licenciamento ambiental. (Cunha, 2004)	25
Tabela 2: Linha de suprimento para a prática de um modelo ambiental	46
Tabela 3: Efeitos das radiações não-ionizantes	76
Tabela 4: Valores da “SAR” na Resolução N° 303, da Anatel	79
Tabela 5: Limites para exposição ocupacional	81
Tabela 6: Limites para exposição populacional	82
Tabela 7: Distâncias da ERB, associadas ao limiar de segurança	84
Tabela 8: Medições realizadas na atividade de fiscalização	87
Tabela 9: Medições realizadas na ERB de Campo Grande – MS	87
Tabela 10: Medições em ERB’s feitas pela PUC, no RJ	88
Tabela 11: Campos elétricos medidos em residências, nas proximidades de antenas de celular	90
Tabela 12: Campos elétricos medidos em prédios onde estão instaladas antenas de celular	90
Tabela 13: Campos elétricos medidos nas proximidades de ERB’s	91
Tabela 14: Medições feitas na Bélgica, nas proximidades de ERB’s	92
Tabela 15: Aparelhos com menores e maiores níveis de SAR, nos EEUU	95
Tabela 16: Aparelhos com menores e maiores níveis de SAR, na EU	95
Tabela 17: Restrições Básicas para exposição a RF, na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 10 GHz	109
Tabela 18: Comparação de limites de SAR (W/kg) para a faixa de frequências de 100 kHz a 10 GHz, considerando público em Geral e ocupacional	110
Tabela 19: As sete bandas do sensor TM	118
Tabela 20: Uso da Internet no mundo	146