



*João Dallamuta
(Organizador)*

*Estudos
Transdisciplinares
nas Engenharias 3*

Atena
Editora

Ano 2019

João Dallamuta
(Organizador)

Estudos Transdisciplinares nas Engenharias

3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Rafael Sandrini Filho
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof^a Dr^a Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^a Dr^a Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	Estudos transdisciplinares nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizador João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Transdisciplinares nas Engenharias; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-682-9 DOI 10.22533/at.ed.829190710 1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Transdisciplinaridade. I. Dallamuta, João. II. Série. CDD 620
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Se o Senhor Leonardo di Ser Piero da Vinci, por uma hipótese, fosse realizar concurso público para lecionar em uma universidade brasileira, teria enorme dificuldade para se adequar às regras do certame. Ele era cientista, matemático, inventor, engenheiro, médico anatomista, escultor, desenhista, arquiteto, artista plástico pintor poeta e músico. Dificilmente iria conseguir comprovar títulos ou se adequar as exigências.

Em termos mais modernos da Vinci teria conhecimentos transdisciplinares, um conceito para conhecimento de forma plural. Disciplinas e carreiras são divisões artificiais para facilitar a organização de cursos, currículos, regulamentações profissionais e facilitar a prática do ensino. Em tempos onde isto não existia, como na Grécia antiga ou na renascença havia o conhecimento plural na qual Leonardo da Vinci talvez seja o maior expoente.

Não se sugere que todo conhecimento transdisciplinar prove de um gênio, tão pouco que a organização por áreas do conhecimento não tenha seu valor. Apenas que a boa engenharia, em função da sua crescente complexidade trás necessidades de conhecimentos e competências transdisciplinares.

Neste livro são apresentados artigos abordando problemas de fornecimento de energia, água potável, urbanismo, gestão de varejo, técnicas de projeto e fabricação, uma combinação de áreas e temas que possuem um ponto em comum; são aplicações de ciência e tecnologia que buscam soluções efetivas para problemas técnicos, como deve ser em tese a boa engenharia.

Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DEMANDA ENERGÉTICA E PROPOSTAS DE SOLUÇÕES NO ESTADO DE RORAIMA	
Laura Vieira Maia de Sousa	
Talyta Viana Cabral	
Josiane do Socorro Aguiar de Souza de Oliveira Campos	
Luciano Gonçalves Noleto	
Maria Vitória Duarte Ferrari	
Túlio Costa de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.8291907101	
CAPÍTULO 2	15
ANÁLISE DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA SANTA CASA DE AREALVA: SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO E AR CONDICIONADO	
José Rodrigo de Oliveira	
Matheus Henrique Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.8291907102	
CAPÍTULO 3	25
TRATAMENTO DA ÁGUA DE DRENAGEM PLUVIAL: UM MAL NECESSÁRIO?	
Carlos Augusto Furtado de Oliveira Novaes	
DOI 10.22533/at.ed.8291907103	
CAPÍTULO 4	36
DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE ÁGUAS URBANAS DA CIDADE DE CARAÚBAS/RN	
Larisa Janyele Cunha Miranda	
Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros Silva	
Rokátia Lorrany Nogueira Marinho	
Guilherme Lopes da Rocha	
Clélio Rodrigo Paiva Rafael	
DOI 10.22533/at.ed.8291907104	
CAPÍTULO 5	46
CALIBRAÇÃO DO FATOR DE ATRITO EM REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Alessandro de Araújo Bezerra	
Renata Shirley de Andrade Araújo	
Marco Aurélio Holanda de Castro	
DOI 10.22533/at.ed.8291907105	
CAPÍTULO 6	55
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE ALTERNATIVAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, SOB ASPECTOS DE RESILIÊNCIA A INUNDAÇÕES E REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL	
Bruna Peres Battemarco	
Lilian Marie Tenório Yamamoto	
Aline Pires Veról	
Marcelo Gomes Miguez	
DOI 10.22533/at.ed.8291907106	
CAPÍTULO 7	67
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO EM ALGUNS	

TEATROS NA CIDADE DO RECIFE/PE

Carlos Fernando Gomes do Nascimento
Eduardo José Melo Lins
Eliana Cristina Barreto Monteiro
Amanda de Moraes Alves Figueira
Cynthia Jordão de Oliveira Santos
Débora Cristina Pereira Valões
Edenia Nascimento Barros
George da Mota Passos Neto
Gilmar Ilário da Silva
Lucas Rodrigues Cavalcanti
Marcionillo de Carvalho Pedrosa Junior
Maria Angélica Veiga da Silva
Mariana Santos de Siqueira Bentzen
Paula Gabriele Vieira Pedrosa

DOI 10.22533/at.ed.8291907107

CAPÍTULO 8 80

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DE PÓS NANOMÉTRICOS OBTIDOS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXÍVIA ÁCIDA PARA APLICAÇÃO EM FOTOCATÁLISE

Lucca Monteiro Silva Semensato
Luis Fernando Baldo Estorari
Maisa Helena Mancini
Veridiana Magalhães Costa Moreira
Ana Gabriela Storion
Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone
Tânia Regina Giraldi
Sylma Carvalho Maestrelli

DOI 10.22533/at.ed.8291907108

CAPÍTULO 9 93

CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE DE REDES SOCIAIS A UM CLUSTER COMERCIAL PLANEJADO DE VAREJO DE AUTOMÓVEIS

Marco Aurélio Sanches Fittipaldi
Denis Donaire

DOI 10.22533/at.ed.8291907109

CAPÍTULO 10 106

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MESA DE VARREDURA XY E APRIMORAMENTO DO SISTEMA FOCAL DE UM APARELHO DE LITOGRAFIA

Raul de Queiroz Mendes
Arlindo Neto Montagnoli

DOI 10.22533/at.ed.82919071010

CAPÍTULO 11 120

ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO FIXO EM REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS TRANSLÚCIDAS CONSIDERANDO DIFERENTES CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DE TRANSMISSÃO

Arthur Hendricks Mendes de Oliveira
Helder Alves Pereira

DOI 10.22533/at.ed.82919071011

CAPÍTULO 12 128

ANÁLISE DO IMPACTO DO CASCATEAMENTO DE FILTROS ÓPTICOS CONSIDERANDO

DIFERENTES ARQUITETURAS DE REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS

Eloisa Bento Sarmiento

Helder Alves Pereira

DOI 10.22533/at.ed.82919071012

CAPÍTULO 13 138

MODELAGEM DO EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO NA SOLUBILIDADE DE ÁCIDOS GRAXOS EM SOLVENTES ORGÂNICOS

Bruno Rossetti de Souza

Vanessa Vilela Lemos

Jessica Cristina Silva Resende

Karolina Soares Costa

Marlus Pinheiro Rolemberg

Rodrigo Corrêa Basso

DOI 10.22533/at.ed.82919071013

CAPÍTULO 14 149

AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE TiO₂ OBTIDAS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXIVIAÇÃO

Lucca Monteiro Silva Semensato

Vanessa Vilela Lemos

Gabriel de Paiva

Luis Fernando Baldo Estorari

Maisa Helena Mancini

Ana Gabriela Storion

Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone

Tânia Regina Giraldi

Sylma Carvalho Maestrelli

DOI 10.22533/at.ed.82919071014

CAPÍTULO 15 161

ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA DO PRÉ-AQUECIMENTO DO ÓLEO E DA TEMPERATURA DE TRANSESTERIFICAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO BIODIESEL

Gerd Brantes Angelkorte

Ivenio Moreira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.82919071015

CAPÍTULO 16 170

ASPECTOS BOTÂNICOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Sebastião Gomes Silva

Jorddy Neves da Cruz

Pablo Luis Baia Figueiredo

Wanessa Almeida da Costa

Mozaniel Santana de Oliveira

Rafael Henrique Holanda Pinto

Renan Campos e Silva

Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra

Raul Nunes de Carvalho Junior

Eloisa Helena de Aguiar Andrade

DOI 10.22533/at.ed.82919071016

CAPÍTULO 17 182

ESTUDO DOS EFEITOS DAS VARIÁVEIS DE IMPRESSÃO 3D POR EXTRUSÃO SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO ÁCIDO POLILÁTICO (PLA) OBTIDAS POR INTERMÉDIO DE

ENSAIO DE TRAÇÃO

Camila Colombari Bomfim
Antônio Carlos Marangoni
Rafael Junqueira Marangoni

DOI 10.22533/at.ed.82919071017

CAPÍTULO 18 194

ESTUDO DO ASPECTO GEOMÉTRICO DOS CORDÕES DE SOLDA COMO ORIENTAÇÃO
OPERACIONAL PARA O USO NA SOLDAGEM MAG ROBOTIZADA

Everaldo Vitor
Paulo Eduardo Alves Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.82919071018

SOBRE O ORGANIZADOR..... 206

ÍNDICE REMISSIVO 207

ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO FIXO EM REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS TRANSLÚCIDAS CONSIDERANDO DIFERENTES CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DE TRANSMISSÃO

Arthur Hendricks Mendes de Oliveira

Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
Campina Grande - Paraíba

Helder Alves Pereira

Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
Campina Grande – Paraíba

RESUMO: Este capítulo apresenta uma avaliação do impacto no desempenho de redes ópticas elásticas translúcidas, bem conhecidas da literatura, de diferentes algoritmos de roteamento, considerando diversos cenários de degradação da qualidade de transmissão do sinal óptico propagante. Para isso, considerou-se o ruído de emissão espontânea amplificada gerado nos amplificadores ópticos (de potência, de linha e pré-amplificador), formatos de modulação e taxas de transmissão de bit diferentes para as solicitações de chamada. O desempenho foi avaliado em termos da probabilidade de bloqueio de chamadas em função do número de regeneradores instalados na rede. Os resultados mostram que, além da característica do tipo de roteamento (fixo ou dinâmico), deve-se considerar também a política de utilização de regeneradores para

otimizar o número de chamadas estabelecidas.

PALAVRAS-CHAVE: Algoritmo de Roteamento, Algoritmo de Utilização de Regeneradores, Rede Óptica Elástica Translúcida.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF FIXED ROUTING IN TRANSLUCENT ELASTIC OPTICAL NETWORKS CONSIDERING DIFFERENT QUALITY OF TRANSMISSION DEGRADATION SCENARIOS

ABSTRACT: This chapter presents an analysis of the impact of different routing algorithms on the performance of translucent elastic optical networks. We considered in our simulations the amplified spontaneous emission noise generated in the optical amplifiers (power amplifier, in-line and preamplifier), modulation formats and different transmission bit rates for the call requests. The performance was evaluated in terms of the blocking probability of call requests as a function of the number of regenerators installed in the network. The results show that, in addition to the characteristics of the routing type (fixed or dynamic), one should also consider the policy of assigning regenerators to optimize the number of established call requests.

KEYWORDS: Regenerator Assignment

1 | INTRODUÇÃO

A transmissão de dados em redes ópticas elásticas (EON – *Elastic Optical Network*) possui uma característica bem interessante quando comparada com as redes ópticas que utilizam multiplexação por comprimento de onda (WDM – *Wavelength Division Multiplexing*) (CHATTERJEE et al., 2015). Essa característica se refere à capacidade de tratar com a particularidade do atendimento das chamadas solicitadas na rede. Com relação às redes ópticas WDM, independente da taxa de transmissão de bit solicitada pela chamada e do formato de modulação utilizado, a largura de banda não varia para atender à solicitação de chamada. Enquanto que, nas redes ópticas elásticas, a largura de banda da chamada pode variar dependendo tanto da taxa de transmissão de bit solicitada quanto do formato de modulação utilizado para estabelecer a respectiva chamada (CAVALCANTE et al., 2015).

Essa característica das redes EONs se torna interessante devido à heterogeneidade do tráfego das redes ópticas atuais. Por exemplo, voz sobre o protocolo de *internet* (VoIP), vídeo sob demanda, transmissão/recepção de canais de televisão digitais, chamadas por vídeo na *internet*, são utilizações que possuem grandes variações de largura de banda e as redes EONs podem atender de forma eficiente quanto à utilização do espectro de frequência disponível (CHATTERJEE et al., 2015).

A propagação dos sinais ópticos no decorrer dos nós e enlaces dos caminhos ópticos (*lightpath*) pode sofrer degradação em sua qualidade de transmissão (QoT – *Quality of Transmission*) e comprometer a recepção do sinal. Dessa forma, pode ser necessário fazer uso de recursos de regeneração de modo a tornar a recepção do sinal óptico inteligível, ou seja, com valores de QoT em um limiar aceitável. Para isso, é importante que os nós da rede tenham a capacidade de possuir recursos de regeneração, sendo assim conhecidos como nós translúcidos (CAVALCANTE et al., 2017a; CAVALCANTE et al., 2017b). Diante disso, existem dois problemas bem conhecidos na literatura de redes ópticas elásticas translúcidas que tratam dos recursos de regeneração, são eles (CAVALCANTE et al., 2017a; CAVALCANTE et al., 2017b): (1) como alocar recursos de regeneração na rede, fazendo com que os nós tenham capacidade de regeneração dos sinais ópticos propagantes (RPP – *Regenerator Placement Problem*) e (2) visto que o nó seja translúcido, como utilizar de forma eficiente os recursos de regeneração disponíveis (RAP – *Regenerator Assignment Problem*)

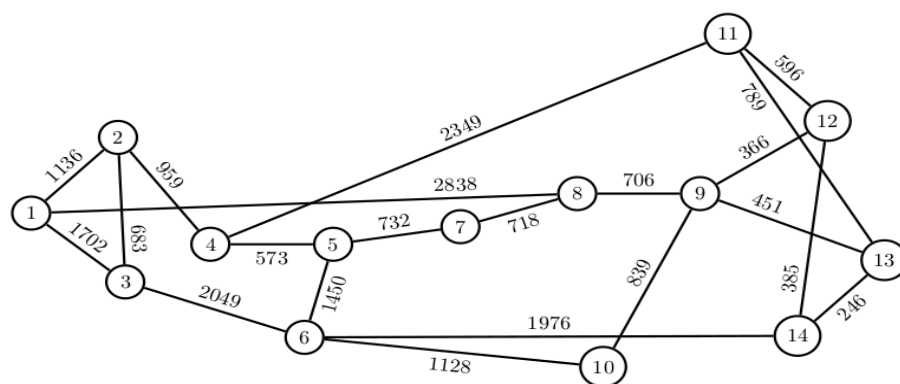
Este capítulo envolve conteúdos abordados em outros trabalhos publicados na literatura (OLIVEIRA et al., 2018a; OLIVEIRA et al., 2018b). Em ambos os trabalhos (Oliveira et al., 2018a; Oliveira et al., 2018b), foi analisado um cenário específico de

degradação da QoT do sinal óptico propagante em apenas uma topologia de rede bem conhecida na literatura. Oliveira et al. (2018a) analisaram a probabilidade de bloqueio de chamadas em função da variação de carga e Oliveira et al. (2018b) analisaram o mesmo parâmetro em função do número de regeneradores instalados na rede. Neste capítulo, a probabilidade de bloqueio de chamadas será analisada considerando dois cenários distintos de degradação da QoT do sinal óptico propagante em três topologias diferentes bem conhecidas na literatura.

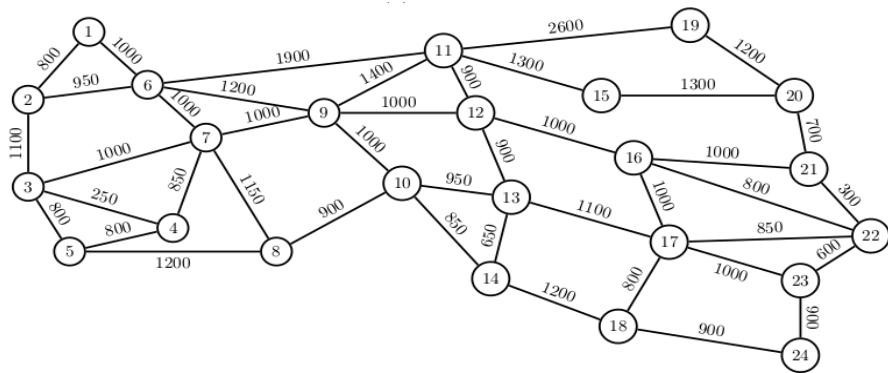
2 I ESTRATÉGIAS DE ROTEAMENTO E DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

Assim como em Oliveira et al. (2018a; 2018b), neste capítulo foram considerados os seguintes algoritmos de roteamento (CAVALCANTE et al., 2015; ZANG et al., 2000): (1) menor número de enlaces (MH – *Minimum Hops*); (2) menor distância física (SP – *Shortest Path*) e (3) distância e disponibilidade, adaptado para disponibilidade de intervalos de frequência (*slots*) (LORa – *Length and Availability Routing*). Esses algoritmos de roteamento foram considerados para se analisar o desempenho de três topologias diferentes com relação à degradação da QoT do sinal óptico propagante em dois cenários diversos. Dessa forma, contribuições inovadoras, bem como outros algoritmos de roteamento também podem ser considerados em estudos similares. No entanto, neste capítulo, observou-se o aspecto do roteamento fixo e da característica de adaptabilidade do roteamento com relação às condições de tráfego dinâmico.

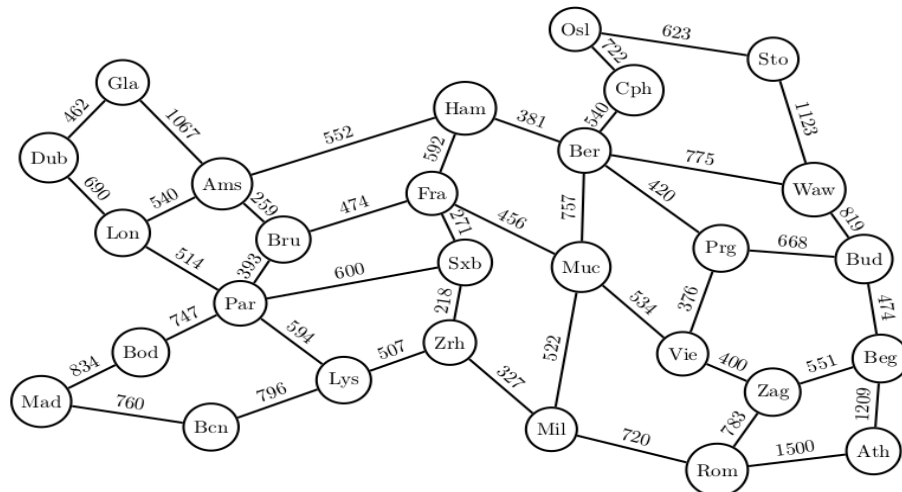
Nas simulações, foram utilizadas três topologias bem conhecidas na literatura, são elas (CAVALCANTE et al., 2017a): (1) NSFNet, (2) *US Backbone* e (3) Europeia, conforme ilustrado na Figura 1. Os ganhos dos amplificadores ópticos foram dimensionados de modo a compensar exatamente as perdas dos nós e enlaces da rede.



(a) NSFNet.



(b) US Backbone.



(b) European.

Figura 1: Topologias de redes ópticas translúcidas consideradas e bem conhecidas na literatura: (a) NSFNet, (b) *US Backbone* e (c) Europeia.

Cada nó possui arquitetura denominada de comutação de espectro (*spectrum switching*), adaptada para utilização de regeneradores (CAVALCANTE et al., 2015). A relação sinal-ruído óptica obtida no nó destino ($OSNR_{RX}$) pode ser calculada conhecendo-se os valores das perdas nos dispositivos, dos ganhos e do ruído de emissão espontânea amplificada (ASE – *Amplified Spontaneous Emission*) gerado nos amplificadores ópticos, levando-se em conta a taxa de transmissão de bit e o formato de modulação (CAVALCANTE et al., 2015). Assumiu-se ainda que: (1) as chamadas solicitadas seguem uma distribuição poissoniana, (2) a duração de cada chamada estabelecida segue uma distribuição exponencial e (3) a seleção dos pares fonte-destino e da taxa de transmissão de bit, para um dado pedido de requisição de chamada, seguem uma distribuição uniforme.

O número de requisições de simuladas foi de um milhão de chamadas. Para um determinado pedido de requisição de chamada, o algoritmo de roteamento (MH, SP ou LORa) e o de atribuição espectral de primeiro preenchimento (FF – *First Fit*) foram utilizados para verificar se a chamada poderia ser estabelecida. Considerou-se que, primeiro tenta-se estabelecer a requisição de chamada utilizando o formato de modulação com maior eficiência espectral. Caso esse formato de modulação não esteja disponível, utiliza-se o segundo de maior eficiência espectral e assim por diante. No

caso de não ser possível o estabelecimento de um *lightpath* sem utilização de recursos de regeneração (totalmente transparente), foram considerados dois algoritmos de RA disponíveis na literatura (CAVALCANTE et al., 2017a; CAVALCANTE et al., 2017b): (1) o de maior alcance transparente (FLR – *First Longest Reach*) e (2) o de melhor atribuição espectral (FNS – *First Narrowest Spectrum*).

Para as simulações, foram utilizados os seguintes parâmetros: (1) para as topologias Europeia e NSFNet o espaçamento entre amplificadores ópticos de linha (*span length*) foi de 60 e 70 km (P_1 e P_2) e para a topologia *US Backbone* foi de 50 e 60 km (P_1 e P_2). O primeiro valor (P_1) corresponde a um cenário transparente e o segundo (P_2) corresponde a um cenário em que é necessário a utilização de recursos de regeneração devido à degradação da QoT do sinal óptico propagante, (2) 50% dos nós com capacidade de regeneração, selecionados pelo algoritmo de prioridade do grau do nó (NDF – *Node Degree First*) (CAVALCANTE et al., 2017a), (3) 320 *slots* por enlace, (4) formatos de modulação utilizados: 4, 8, 16, 32 e 64-QAM, (5) taxa de transmissão de bit variando de 100 a 500 Gbps com distribuição uniforme, (6) 12,5 GHz de largura de banda de um *slot*, (7) 12,5 GHz de largura de banda de referência, (8) a carga da rede para as topologias Europeia e *US Backbone* foi de 800 Erlangs, enquanto que de 700 Erlangs para a NSFNet, (9) 5 dB de figura de ruído nos amplificadores ópticos, (10) 0 dBm de potência de entrada do sinal óptico e (11) 30 dB de OSNR na transmissão ($OSNR_{TX}$). Assumiu-se também que os regeneradores podem, além de regenerar o sinal óptico, realizar conversão espectral e de formato de modulação. Todas as simulações deste capítulo foram realizadas utilizando o *software* de código aberto SimEON (CAVALCANTE et al., 2017c). Todos os parâmetros utilizados nas simulações estão descritos na Tabela 1.

Parâmetros	Valor
Frequência central	193,4 THz
Fator de ruído dos amplificadores ópticos	5 dB
Relação sinal-ruído óptica de entrada	30 dB
Potência óptica de entrada	0 dBm
Perdas nos elementos de comutação	5 dB
Formatos de modulação utilizados	4, 8, 16, 32 e 64-QAM
Relação sinal-ruído óptica por bit	6,8; 8,6; 10,5; 12,6 e 14,8 [dB] para 4, 8, 16, 32 e 64-QAM, respectivamente
Carga da rede	700 Erlang (NSFNet) e 800 Erlang (<i>US Backbone</i> e Europeia)
Número de <i>slots</i> de frequência por enlace	320
Largura de banda de referência	12,5 GHz
Largura de banda do <i>slot</i>	12,5 GHz
Taxas de bits de transmissão	100 até 500 Gbps com distribuição uniforme

Tabela 1: Parâmetros utilizados nas simulações.

3 | RESULTADOS

A Figura 2 mostra a probabilidade de bloqueio de chamadas em função do número de regeneradores por nó, considerando os algoritmos de roteamento MH, SP e LORa e os algoritmos de utilização de regeneradores FLR e FNS para as topologias NSFNet, *US Backbone* e Europeia, em dois cenários de degradação da QoT do sinal óptico propagante (P_1 e P_2).

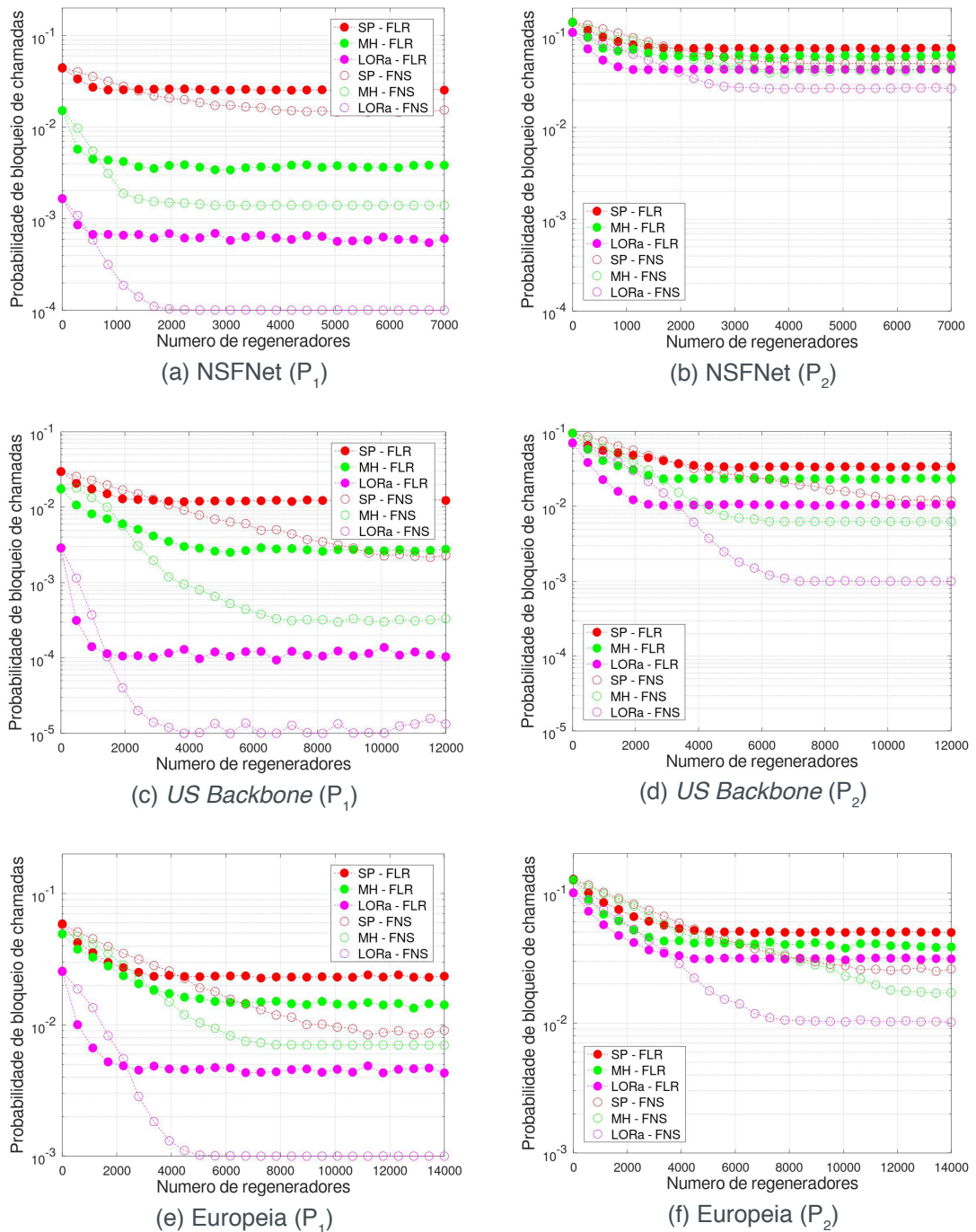


Figura 2: Probabilidade de bloqueio de chamadas em função do número de regeneradores por nó, considerando os algoritmos de roteamento MH, SP e LORa e os algoritmos de utilização de regeneradores FLR e FNS para as topologias NSFNet, *US Backbone* e Europeia, em dois cenários de degradação da QoT do sinal óptico propagante (P_1 e P_2).

Como pode ser observado na Figura 2, percebe-se um ponto de encontro em todas as topologias e cenários considerados neste capítulo. Esse ponto de encontro é descrito na literatura (CAVALCANTE et al., 2017a; CAVALCANTE et al., 2017b; OLIVEIRA et al., 2018a) e determina o número de regeneradores instalados na rede em que tanto a política de utilização de regeneradores FLR como a FNS fornecem o mesmo desempenho em termos de probabilidade de bloqueio de chamadas. No entanto, algoritmos de roteamento fixo, que não mudam a respectiva rota entre os mesmos pares fonte-destino da rede, independente do tráfego considerado, apresentam pior desempenho com relação ao algoritmo LORa analisado. Isso porque o algoritmo de roteamento LORa depende do estado da rede, ou seja, considera em sua função custo a disponibilidade de *slots* em cada enlace, fazendo com que, para um mesmo par fonte-destino, obtenha rotas diferentes ao longo da operação da rede. Essa característica de operação reflete no desempenho das diferentes topologias, nos diversos cenários analisados, fornecendo menores valores de probabilidade de bloqueio de chamadas, permitindo assim maior admissibilidade de conexões. Em um cenário de maior degradação da QoT do sinal óptico propagante (P_2), percebe-se também um pior desempenho dos três algoritmos de roteamento analisados neste capítulo. No entanto, ainda assim, o algoritmo LORa apresenta melhor desempenho que os outros algoritmos de roteamento fixo (MH e SP).

Quando se analisa do ponto de vista da política de utilização de regeneradores (FLR ou FNS), nota-se que os algoritmos que utilizam a política FLR apresentam melhor desempenho abaixo do ponto de encontro. Acima desse ponto, os algoritmos que utilizam a política FNS apresentam melhor desempenho. Constatou-se, dessa forma, o comportamento das duas políticas descritas por Cavalcante et al. (2017a; 2017b).

4 | CONCLUSÕES

Este capítulo apresentou uma análise do impacto do roteamento em dois cenários de degradação da QoT do sinal óptico propagante para três topologias de redes ópticas elásticas translúcidas bem conhecidas na literatura. Observou-se que houve um aumento da probabilidade de bloqueio de chamadas ao aumentar a distância entre os amplificadores de linha da rede (P_1 para P_2). Foi possível perceber que as políticas de utilização de regeneradores impactam no desempenho da rede (cenários de escassez e abundância de recursos de regeneração). A política FLR obteve melhor desempenho abaixo do ponto de encontro e a política FNS acima desse ponto, constatando resultados disponíveis na literatura.

Por fim, percebeu-se que a estratégia de roteamento dinâmico LORa obteve melhores resultados, em termos de probabilidade de bloqueio de chamadas, quando comparada com estratégias de roteamento fixo (MH e SP). Isso se deve à característica

de adaptação ao estado de operação da rede devido ao fato da função custo do algoritmo de roteamento LORa depender da disponibilidade de *slots* do enlace analisado, possibilitando dessa forma, maior admissibilidade de chamadas na rede.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTE, Matheus A. et al. Applying power series routing algorithm in transparent elastic optical networks. In: **SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC)**, Novembro 2015, pp. 1–5.

CAVALCANTE, Matheus A. et al. Heurística híbrida para alocação de regeneradores em redes Ópticas elásticas translúcidas. **Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação**, vol. 7, no. 1, pp. 39–44, 2017.

CAVALCANTE, Matheus A. et al. Estado da Arte de Redes Ópticas Elásticas Translúcidas para Cenários de Tráfego Dinâmico em Redes Metropolitanas e de Longas Distâncias. **Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação**, v. 7, n. 2, p. 24-32, 2017.

CAVALCANTE, Matheus A. et al. Simeon: an open-source elastic optical network simulator for academic and industrial purposes. **Photonic Network Communications**, vol. 34, no. 2, pp. 193–201, Outubro 2017.

CHATTERJEE, Bijoy C. et al. Routing and spectrum allocation in elastic optical networks: A tutorial. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 17, n. 3, p. 1776-1800, 2015.

OLIVEIRA, Arthur H. M. et al. Análise do impacto de estratégias de roteamento em uma rede óptica elástica translúcida. In: **XXXVI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais**, Setembro 2018, pp. 1–2.

OLIVEIRA, Arthur H. M. et al. Análise de rede óptica elástica translúcida considerando diferentes algoritmos de roteamento. In: **VIII Conferência Nacional em Comunicações, Redes e Segurança da Informação**, Outubro 2018, pp. 1–2.

ZANG, Hui et al. A review of routing and wavelength assignment approaches for wavelength-routed optical WDM networks. **Optical networks magazine**, v. 1, n. 1, p. 47-60, 2000.

SOBRE O ORGANIZADOR

JOÃO DALLAMUTA Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácidos Graxos 138, 139, 143, 146, 147
Águas Pluviais 25, 26, 27, 28, 31, 33, 38, 39, 40, 43, 45, 55, 76
Algoritmo de Roteamento 120, 123, 126, 127
Algoritmo de Utilização de Regeneradores 120
Análise de Redes Sociais 93, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 103, 104
Arquitetura 55, 123, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 136
Aspectos Botânicos 170, 171

B

Biocombustível 161, 162, 164, 165
Biodiesel 3, 13, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169
Biomassa 3, 8, 13, 161

C

Calibração 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54
Caraúbas 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44
Cluster Comercial 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103
Concatenação 128, 129, 135
Conservação de Energia Elétrica 15, 16, 20, 23, 24
Controle de Posição 106, 110, 112, 113, 117, 118, 119

D

Degradação de Estruturas 68
Demanda Energética 1, 2, 7, 8, 9, 10, 12
Desenvolvimento Urbano Sustentável 55
Destilado de Desodorização 138
Drenagem Urbana 25, 37, 38, 40, 43, 44

E

Economia de Energia 15, 22
Eficiência Luminosa 15, 16, 17, 18
Energia Alternativa 161
Equilíbrio Sólido-Líquido 138, 140, 141, 144
Equipamento de Litografia Óptica 106, 108, 110, 111, 112, 118
Escoamentos 25, 27, 29, 30, 31, 33, 56, 62

F

Fator de Atrito 46, 49, 50, 52

Filtro Óptico 128, 129, 130, 132

Fotocatálise 80, 81, 82, 89, 149, 150, 151, 160

G

Gestão de Águas Urbanas 36, 38, 44

L

Lixívia Ácida 80, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159

M

Mesa Cartesiana XY 106

Microgravação 106

MIGHA 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Moagem de Alta Energia 80, 81, 82, 83, 86, 89, 91, 149, 150, 151, 154, 159, 160

Modelagem Termodinâmica 138

N

Nanopartículas 81, 92, 149, 150, 160

Nanopós 81, 149, 150, 151, 152, 153

O

Óleos Essenciais 170, 171

P

Patologias 68, 69

Penalidade Física 128, 129

Propriedades Medicinais 170

Q

Qualidade de Transmissão 120, 121, 128, 129

R

Rede Óptica Elástica 120, 127, 128, 136

Rede Óptica Elástica Translúcida 120, 127, 136

Remoção de Contaminantes 25, 33

Requalificação Ambiental 55, 57, 61, 65

Resiliência a Inundações 55, 57, 60, 62, 65

Roraima 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14

S

Saneamento Básico 36, 37, 43, 44

Solubilidade 32, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 148

T

Teatros Públicos 68

TiO₂ 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160

Tratamento de Efluentes 25, 26, 33, 82, 151

Troca de Informações 93, 96, 98, 101, 103

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-682-9

