

Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

The background is a dark purple gradient with a pattern of white and light blue mathematical and engineering icons. These include gears, a compass, a pencil and ruler, a scale, a network diagram, a calculator, a chemical structure, a magnifying glass, a bell curve, a graph with axes, a book, and various mathematical symbols like pi (3.14), y = cos x, and y = |x|. The main title is enclosed in a white rectangular frame with rounded corners.

# Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Engenharias

Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Engenharias

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
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**

Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos (inter) multidisciplinares nas engenharias 1 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-697-3 DOI 10.22533/at.ed.973190910</p> <p>1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. I. Silva, Helenton Carlos da.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Engenharias*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 25 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da (inter) multidisciplinaridade nas engenharias.

O processo de aprendizagem, hoje em dia, é baseado em um dinamismo de ações condizentes com a dinâmica do mundo em que vivemos, pois a rapidez com que o mundo vem evoluindo tem como chave mestra a velocidade de transmissão das informações.

A engenharia praticada nos dias de hoje é formada por conceitos amplos e as situações a que os profissionais são submetidos mostram que esta onda crescente de tecnologia não denota a necessidade apenas dos conceitos técnicos aprendidos nas escolas.

Desta forma, os engenheiros devem, além de possuir um bom domínio técnico da sua área de formação, possuir domínio também dos conhecimentos multidisciplinares, além de serem portadores de uma visão globalizada.

Este perfil é essencial para o engenheiro atual, e deve ser construído na etapa de sua formação com o desafio de melhorar tais características.

Dentro deste contexto podemos destacar que uma equipe multidisciplinar pode ser definida como um conjunto de profissionais de diferentes disciplinas que trabalham para um objetivo comum.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos estudos da (inter) multidisciplinaridade nas engenharias, com destaque mais diversas engenharias e seus temas de estudos.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A IMPORTÂNCIA DA (INTER) MULTIDISCIPLINARIDADE NAS ENGENHARIAS PARA O DESENVOLVIMENTO E OPERAÇÃO DAS CIDADES INTELIGENTES	
Roberto Righi Roberta Betania Ferreira Squaiella	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ANÁLISE DOS MÉTODOS DE ENSINO E AVALIAÇÕES UTILIZADOS NA GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL	
Elaine Cristina Lengowski Carla Cristina Cassiano	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE POSTO DE TRABALHO EM UM ATELIÊ DE SOUVENIRS COM USO DOS MÉTODOS OWAS E DE SUZANNE RODGERS	
Jordy Felipe de Jesus Rocha Maria Vanessa Souza Oliveira Leila Medeiros Santos Bento Francisco dos Santos Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>40</b>
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA: ESTUDO DE CASO DE VIGILANTES	
Gustavo Francesco de Moraes Dias Diego Raniere Nunes Lima Renato Araújo da Costa Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho Fernanda da Silva de Andrade Moreira Hugo Marcel Flexa Farias Jessica Cristina Conte da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>53</b>
ESTILO DE LIDERANÇA QUE O ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO DEVE POSSUIR NA ÓTICA DOS ENGENHEIROS DE PRODUÇÃO DA FACULDADE PARAÍSO DO CEARÁ	
Emmanuela Suzy Medeiros José Valmir Bezerra e Silva Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909105</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>66</b>
EVOLUÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A INDÚSTRIA NO BRASIL	
Lídia Silveira Arantes Thales de Oliveira Costa Viegas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909106</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>80</b>
<b>GOVERNANÇA, RESPONSABILIDADE SOCIAL E SUSTENTABILIDADE: ENTENDENDO OS FENÔMENOS DE GESTÃO ORGANIZACIONAL</b>	
Leonardo Petrilli Denize Valéria dos Santos Baia Juliana Fernanda Monteiro de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909107</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>93</b>
<b>PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL DE UMA ESCOLA DA REDE PÚBLICA MUNICIPAL DE PARAUAPEBAS</b>	
Diego Raniere Nunes Lima Renato Araújo da Costa Gustavo Francesco de Moraes Dias Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909108</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>105</b>
<b>ANÁLISE DO RISCO DE ACIDENTE CAUSADO PELA ALTA TEMPERATURA EM ALTO-FORNO SIDERÚRGICO NO MUNICÍPIO DE MARABÁ – PA</b>	
Diego Raniere Nunes Lima Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho Gustavo Francesco de Moraes Dias Renato Araújo da Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909109</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>120</b>
<b>CONFECÇÃO DE BANCADA DIDÁTICA PARA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS HIDRELÉTRICOS COM PERSPECTIVA À INTEGRAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0</b>	
Kariston Dias Alves Gustavo Catusso Balbinot Artur Vitório Andrade Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091010</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>131</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DE TERMELÉTRICAS A BIOMASSA NO BRASIL</b>	
Beatriz Gabrielle de Carvalho Pinheiro Josiane do Socorro Aguiar de Souza Oliveira Campos Luciano Gonçalves Noleto Maria Vitória Duarte Ferrari Tallita Karolline Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091011</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>143</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE UM REGULADOR AUTOMÁTICO DE TENSÃO MICROCONTROLADO UTILIZADO EM GERADORES SÍNCRONOS ISOLADOS</b>	
Guilherme Henrique Alves Lúcio Rogério Júnior Antônio Manoel Batista da Silva Wellington Mrad Joaquim	

**CAPÍTULO 13 ..... 157**

**DESPACHO ÓTIMO DAS UNIDADES GERADORAS DA USINA HIDRELÉTRICA  
LUIS EDUARDO MAGALHÃES**

Henderson Gomes e Souza  
Brunno Henrique Brito  
Vailton Alves de Faria  
Jabson da Cunha Silva

**DOI 10.22533/at.ed.97319091013**

**CAPÍTULO 14 ..... 170**

**DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE ÓPTICA E TÉRMICA DE UM COLETOR  
PARABÓLICO COMPOSTO COM E SEM EFEITO ESTUFA**

Joaquim Teixeira Lopes  
Ricardo Fortes de Miranda  
Keyll Carlos Ribeiro Martins  
Camila Correia Soares

**DOI 10.22533/at.ed.97319091014**

**CAPÍTULO 15 ..... 177**

**EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO DE ENDURECIMENTO POR  
PRECIPITAÇÃO NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS EM  
LIGAS DE AL-SI-MG FUNDIDAS**

Albino Moura Guterres  
Daniel Beck  
Cláudio André Lopes de Oliveira  
Juliano Poleze

**DOI 10.22533/at.ed.97319091015**

**CAPÍTULO 16 ..... 186**

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS  
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A REDE PARA CONSUMIDORES DO GRUPO A**

Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho  
Murilo Miceno Frigo  
Gustavo Francesco de Moraes Dias  
Diego Raniere Nunes Lima  
Renato Araújo da Costa  
Timóteo Gonçalves Braga

**DOI 10.22533/at.ed.97319091016**

**CAPÍTULO 17 ..... 199**

**GESTÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS  
ELETRÔNICOS NA IMAGEM SOM ELETRÔNICA LTDA**

Carla Ruanita Pedroza Maia  
Leila Medeiros Santos  
Maria Vanessa Souza Oliveira  
Bento Francisco dos Santos Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.97319091017**



<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>212</b>
INDICADOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	
Jean Carlos da Luz Pereira Felipe Guimarães Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091018</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>225</b>
INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR DE MODIFICAÇÕES NA CÉLULA FOTOVOLTAICA MONOCRISTALINA DE SILÍCIO	
Marcus André Pereira Oliveira Ana Flávia de Sousa Freitas Thiago Barros Pimentel Adão Lincoln Montel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091019</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>234</b>
UMA APLICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EFICIÊNCIA EXERGÉTICA DAS TURBINAS A VAPOR NAS INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS	
Nancy Lima Costa Maria de Sousa Leite Filha Arthur Gilzeph Farias Almeida Jaciera Dantas Costa Antônio Daniel Buriti de Macêdo José Nunes de Oliveira Neto Jordany Ramalho Silveira Farias José Jefferson da Silva Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091020</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>242</b>
THE STEAM GENERATION CENTERS AS A VECTOR FOR THE SUGARCANE MILLS EVOLUTION TO THE SUCRO-ENERGETICS PLANTS FORMAT	
Roque Machado de Senna Henrique Senna Rosimeire Aparecida Jerônimo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091021</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>252</b>
ANÁLISE DE CERTIFICADOS DIGITAIS EM DOMÍNIOS BRASILEIROS	
Matheus Aranha Diogo Pereira Artur Ziviani Fábio Borges	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091022</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>264</b>
ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO ALTERNATIVO EM REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS TRANSLÚCIDAS CONSIDERANDO DIFERENTES CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DE TRANSMISSÃO	
Arthur Hendricks Mendes de Oliveira Helder Alves Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091023</b>	

<b>CAPÍTULO 24 .....</b>	<b>271</b>
<b>SENSORIAMENTO ELETRÔNICO DE BAIXO CUSTO NO MONITORAMENTO HIDRÁULICO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS</b>	
Lidiane Bastos Dorneles Samuel dos Santos Cardoso Samanta Tolentino Ceconello Jocelito Saccol de Sá	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091024</b>	
<b>CAPÍTULO 25 .....</b>	<b>283</b>
<b>TUTORIAL SOBRE REPETIDORES DE DADOS MÓVEIS</b>	
Carine Mineto Lyang Leme de Medeiros Helder Alves Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091025</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>295</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>296</b>

## ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO ALTERNATIVO 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 de se considerar o algoritmo clássico de roteamento alternativo em diferentes cenários e topologias de redes ópticas elásticas translúcidas. Para isso, considerou-se o ruído de emissão espontânea amplificada gerado nos amplificadores ópticos (de potência, de linha e pré-amplificador), dispostos ao longo dos nós e enlaces da rede, 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 de se considerar um conjunto de rotas alternativas para o estabelecimento das chamadas, deve-se considerar também a política de utilização de regeneradores para otimizar o número de chamadas estabelecidas.

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

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

**ABSTRACT:** This chapter presents an analysis of the impact of considering the classical alternative routing in different scenarios 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), presented along the nodes and network links, 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 of considering a set of alternative routes for call request establishment, one should also consider the policy of assigning regenerators to optimize the number of established call requests.

**KEYWORDS:** Regenerator Assignment Algorithm, Routing Algorithm, Translucent

## 1 | INTRODUÇÃO

A propagação de um sinal óptico em uma rede óptica elástica (EON – *Elastic Optical Network*) tem a característica de utilizar a largura de banda de acordo com a taxa de transmissão de bit solicitada e o formato de modulação utilizado. Dessa forma, redes EONs proporcionam uma maior flexibilidade na admissão de chamadas, fornecendo maior eficiência, em termos de utilização do espectro de frequência, quando comparadas com as redes ópticas que utilizam a multiplexação por comprimento de onda (WDM – *Wavelength Division Multiplexing*) (CHATTERJEE et al., 2015).

Entretanto, ao passo que o sinal óptico se propaga na rede, independente do tipo de rede óptica considerada, pode ocorrer a degradação da qualidade de transmissão do sinal (QoT – *Quality of Transmission*) (CAVALCANTE et al., 2015). Dessa maneira, há necessidade de se utilizar recursos de regeneração, ao longo dos caminhos ópticos (*lightpaths*), por meio de nós que apresentam essa característica (nós translúcidos), visando regenerar a qualidade do sinal óptico transmitido e estabelecer o maior número de chamadas (CAVALCANTE et al., 2017a; CAVALCANTE et al., 2017b). Dessa forma, em redes ópticas translúcidas, surgem duas situações importantes, em termos de recursos de regeneração, são elas (CAVALCANTE et al., 2017a; CAVALCANTE et al., 2017b): (1) atribuir de forma eficiente nós com capacidade de regeneração (RPP – *Regenerator Placement Problem*) e (2) utilizar de forma eficiente os recursos de regeneração disponíveis no nós translúcidos (RAP – *Regenerator Assignment Problem*).

Este capítulo tem como contribuição a análise do desempenho do algoritmo de roteamento alternativo clássico, o algoritmo de Yen (YEN, 1970), aplicado em diversos cenários de degradação da QoT, quando se considera duas políticas de utilização de regeneradores em três topologias diferentes e bem conhecidas na literatura de redes ópticas elásticas. Para isso, considerou-se o ruído de emissão espontânea amplificada (ASE – *Amplified Spontaneous Emission*), gerado nos amplificadores ópticos dispostos nos nós e enlaces da rede, como penalidade física, além de diferentes taxas de transmissão de bit e formatos de modulação.

## 2 | ESTRATÉGIADEROTEAMENTOALTERNATIVOCLÁSSICOECONSIDERAÇÕES SOBRE AS SIMULAÇÕES

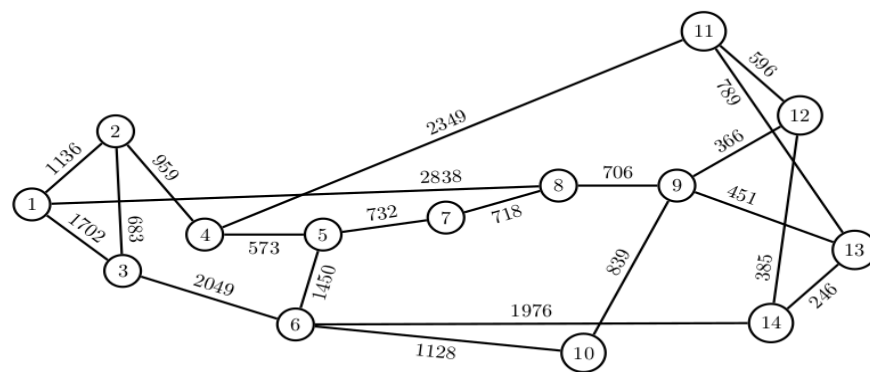
Neste capítulo, considerou-se o algoritmo de roteamento clássico alternativo de Yen (YEN et al., 1970), para se analisar o desempenho de três topologias bem conhecidas na literatura, em dois cenários de degradação da QoT. Para análise de desempenho da rede, em termos de probabilidade de bloqueio de chamadas, foram

consideradas até 5 rotas alternativas ( $k=5$ ).

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. Cada nó possui arquitetura denominada de comutação de espectro (*spectrum switching*), adaptada para utilização de regeneradores (CAVALCANTE et al., 2015).

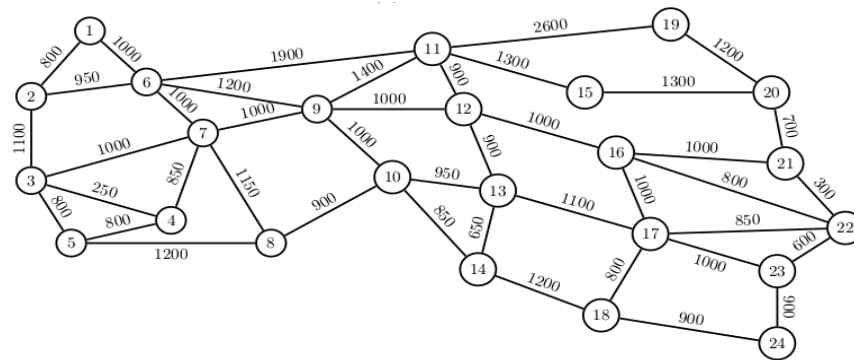
A relação sinal-ruído óptica obtida no nó destino ( $OSNR_{RX}$ ) pode ser calculada conhecendo-se os valores das perdas nos dispositivos, dos ganhos e do ruído ASE gerado nos amplificadores ópticos, levando-se em conta a taxa de transmissão de bit e o formato de modulação (CAVALCANTE et al., 2015). 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. Para um determinado pedido de requisição de chamada, o algoritmo de roteamento de menor distância física (SP – *Shortest Path*) e o de atribuição espectral de primeiro preenchimento (FF – *First Fit*) verificam se a chamada pode ser estabelecida (ZANG et al., 2000).

Foram considerados dois algoritmos de utilização de regeneradores (CAVALCANTE et al., 2017a; CAVALCANTE et al., 2017b): (1) o de maior alcance transparente (FLR – *First Longest Reach*) e (2) o de melhor utilização espectral (FNS – *First Narrowest Spectrum*). Assumiu-se também que os regeneradores podem, além de regenerar o sinal óptico, realizar conversão espectral e de formato de modulação.



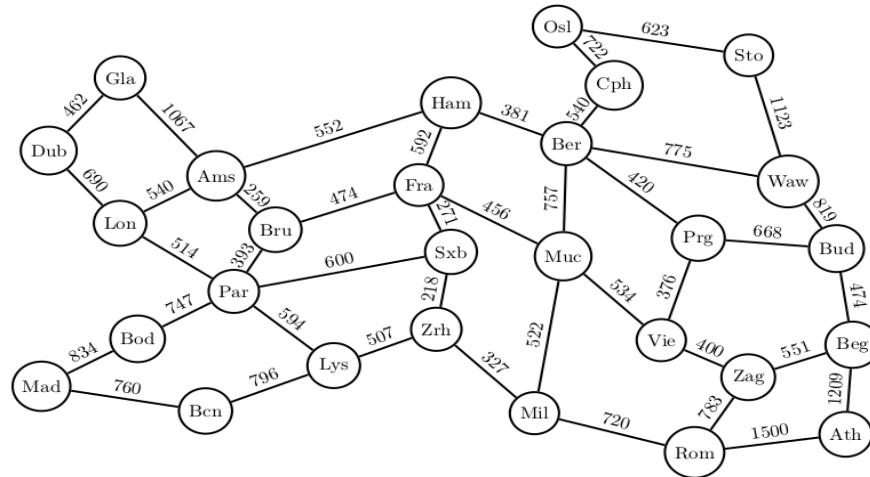
(a) NSFNet.

NSFNet.



(b) US Backbone.

(b) US Backbone.



(b) European.

(c) Europeia.

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

Os valores dos parâmetros utilizados nas simulações foram os seguintes: (1) espaçamento de 60 e 70 km ( $P_1$  e  $P_2$ ) entre amplificadores de linha (*span length*) foram utilizados para as topologias NSFNet e Europeia, e 50 e 60 km para a topologia US Backbone, de modo que  $P_1$  representa o cenário em que é possível obter *lightpaths*, entre qualquer par fonte-destino da rede, sem necessidade de se utilizar recursos de regeneração e  $P_2$  o cenário em que é necessário a utilização de recursos de regeneração para estabelecer conexões na rede, (2) 50% dos nós com capacidade de regeneração, obtidos por meio da utilização do algoritmo de prioridade do grau do nó (NDF – *Node Degree First*) (CAVALCANTE et al., 2017b), (3) carga da rede igual a 800 Erlangs para as topologias Europeia e US Backbone e 700 Erlangs para a NSFNet, (4) 320 slots por enlace, (5) formatos de modulação utilizados: 4, 8, 16, 32 e 64-QAM, (6) taxa de transmissão de bit de 100 a 500 Gbps com distribuição uniforme, (7) 12,5 GHz de largura de banda de um slot, (8) 12,5 GHz de largura de banda de referência, (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 ( $OSNR_{TX}$ ). As simulações foram realizadas utilizando-se 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 o algoritmo de roteamento clássico de Yen (YEN, 1970) aplicado aos algoritmos de utilização de regeneradores FLR e FNS para as topologias NSFNet, *US Backbone* e Europeia nos cenários de degradação da QoT do sinal óptico propagante ( $P_1$  e  $P_2$ ).

Nota-se que existe um ponto de encontro entre as estratégias FLR e FNS, independente do número de rotas alternativas utilizadas. Isso constata resultados observados na literatura de redes ópticas elásticas translúcidas (CAVALCANTE et al., 2017a; CAVALCANTE et al., 2017b). A estratégia FLR apresenta melhor desempenho em cenários de escassez de recursos de regeneração e a FNS quando esses recursos de regeneração são abundantes na rede (CAVALCANTE et al., 2017a; CAVALCANTE et al., 2017b).

Em todas as topologias e cenários analisados neste capítulo, percebe-se que o aumento no número de rotas alternativas permite melhorar o desempenho da rede em termos de probabilidade de bloqueio de chamadas. Considerando a Figura 1(a), utilizar YEN-FNS-5 melhora em 3 ordens de grandeza o resultado obtido com YEN-FLR-1 em um cenário de recursos abundantes de regeneração (melhor caso). Considerando a Figura 1(b), YEN-FNS-5 resulta em uma melhoria de 4 vezes em comparação com o resultado obtido com YEN-FLR-1 (pior caso). Esse comportamento

também é observado nas outras duas topologias (*US Backbone* e *Europeia*). É importante perceber também que, adotando-se a estratégia YEN-FLR-5 em qualquer cenário ( $P_1$  e  $P_2$ ), obtêm-se resultados melhores, em termos de probabilidade de bloqueio de chamadas, que qualquer outra estratégia de roteamento analisada que utilize a política de utilização de regeneradores FNS e considere um número de rotas alternativas menor, ou igual, que 3 ( ).

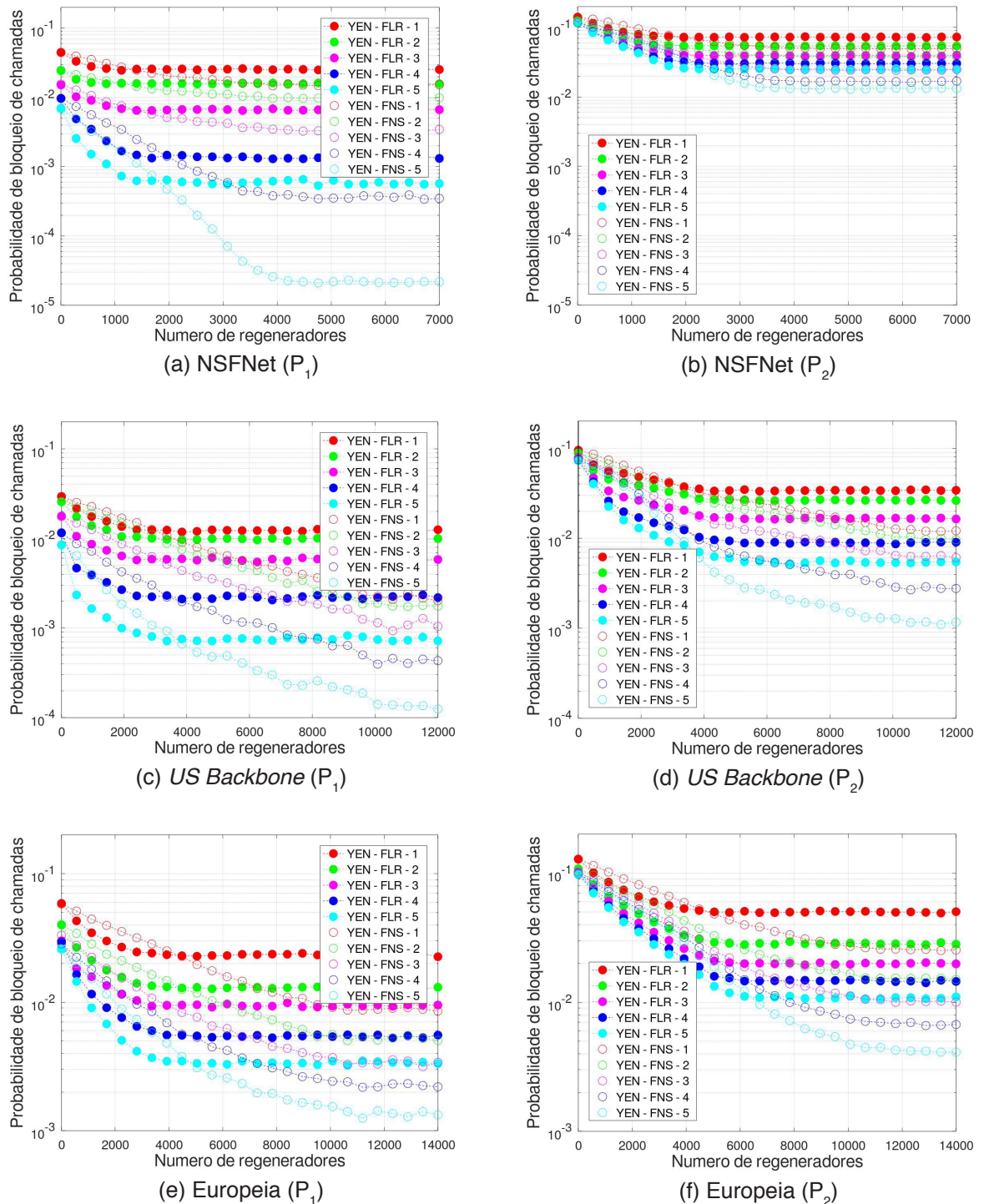


Figura 1: Probabilidade de bloqueio de chamadas em função do número de regeneradores por nó, considerando o algoritmo de roteamento clássico de Yen (YEN, 1970) aplicado aos algoritmos de utilização de regeneradores FLR e FNS para as topologias NSFNet, *US Backbone* e *Europeia* nos cenários de degradação da QoT do sinal óptico propagante ( $P_1$  e  $P_2$ ).



## 4 | CONCLUSÕES

Neste capítulo foi analisado o impacto do roteamento alternativo clássico em diferentes cenários e topologias de redes ópticas translúcidas bem conhecidas na literatura. Para tanto, considerou-se o ruído de emissão espontânea amplificada, gerado nos amplificadores ópticos dispostos nos nós e enlaces da rede, como penalidade física, além de diferentes taxas de transmissão de bit e formatos de modulação.

Pôde-se perceber que a degradação da QoT do sinal óptico propagante piorou o desempenho de todas as estratégias de roteamento analisadas, em termos de probabilidade de bloqueio de chamadas. Além disso, constatou-se o comportamento das políticas de utilização dos recursos de regeneração com as informações presentes na literatura, uma vez que os cenários de abundância e escassez proporcionam melhores resultados para FNS e FLR, respectivamente.

Observou-se que, ao utilizar um número de rotas alternativas elevado ( $N$ ), obteve-se uma melhora no desempenho das redes em todos os cenários analisados. Por fim, adotando-se a estratégia YEN-FLR-5 em qualquer cenário ( $P_1$  e  $P_2$ ), obteve-se resultados melhores, em termos de probabilidade de bloqueio de chamadas, que qualquer outra estratégia de roteamento analisada que utilizou a política de utilização de regeneradores e considerou um número de rotas alternativas menor, ou igual, que 3 ( $N=3$ ).

## 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)**. IEEE, 2015. p. 1-5.

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. 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. SimEON: an open-source elastic optical network simulator for academic and industrial purposes. **Photonic Network Communications**, v. 34, n. 2, p. 193-201, 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.

YEN, J. Y. et al. An algorithm for finding shortest routes from all source nodes to a given destination in general networks. **Quarterly of Applied Mathematics**, vol. 27.4, pp. 526–530, 1970.

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.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alto forno 105, 108

### B

Bancada didática 120, 123, 129, 273, 274, 277, 281, 282

### C

Cartografia 131

Casca de arroz 131, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140

Cidades Inteligentes (CI) 1, 5, 7, 8

Comissionamento das unidades hidrelétricas 157, 165, 167

Concentrador solar 170

Conscientização ambiental 93

CPC 170, 171, 172, 175, 176

### D

Dimensionamento 170, 171, 175, 176, 193

### E

Educação ambiental 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Educação na escola 93

Energia solar 170, 171, 186, 187, 228, 233

Engenheiro de produção 53, 54, 55, 58, 59, 61, 62, 63, 64

Ensino universitário 13

Ergonomia 26, 27, 28, 35, 40, 41, 42, 51, 52, 58, 295

Estilo de liderança 53, 54, 55, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64

### F

Fenômenos organizacionais 80

Função de produção hidrelétrica 160, 169

### G

Gerador síncrono isolado 143

Governança corporativa 80, 82, 88, 89, 90, 91

### I

Índice de aproveitamento 13

Indústria 4.0 120, 122, 123, 125, 126, 128, 129, 130

Inovação 3, 6, 7, 8, 57, 66, 67, 68, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 281, 295

(Inter) Multidisciplinaridade 1, 2, 9

## L

Liderança 38, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65

## M

Método de Suzanne Rodgers 26, 28, 29, 34

Métodologias ativas 13

Método OWAS 26, 42, 44, 45, 50, 51

Microcontrolador PIC 143

Miniusinas 131, 139

## O

Óptica 170, 175, 264, 265, 266, 268, 282, 285, 286, 287

## P

Plano diretor 1

Política industrial 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79

Política pública 66

Prevenção a acidentes 105

Programação não-linear inteira-mista 157, 158, 162

Projetos urbanos 1

## Q

Questionário nórdico 26, 30, 34, 37

## R

Regulador automático de tensão 143, 144, 145, 149, 150

Responsabilidade social 58, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 200

## S

Saúde do colaborador 26

Segurança do trabalho 38, 40, 52, 58, 295

Sistema de excitação 143, 145

Sistemas hidrelétricos 120, 121, 123, 124, 129, 130, 157

Sustentabilidade 7, 10, 58, 71, 80, 82, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 104, 295

## T

Tecnologia da informação e comunicação (TIC) 1, 2, 3, 12

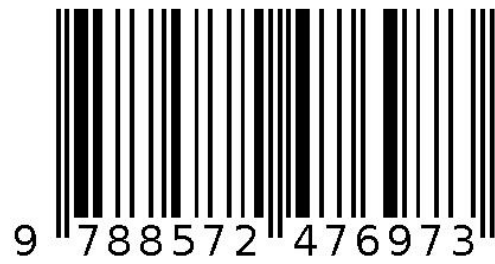
Temas transversais 93, 96, 98, 103, 127

Temperatura 36, 37, 105, 106, 107, 108, 109, 112, 116, 117, 118, 143, 147, 170, 172, 173, 174, 175, 179, 218, 220, 225, 226, 227, 229, 230, 231, 232, 233, 238, 282

## V

Vigilância 40, 45, 47, 50

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-697-3



9 788572 476973