



## Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas

### Proposta de Dissertação de Mestrado

Área: Engenharia Elétrica (Painel IV-CAPES)  
Linha de Pesquisa: Telemática (redes ópticas)  
Título Provisório: Algoritmos para prover resiliência em redes ópticas sob tráfego com diferentes classes de serviços e com roteamento multicaminho  
Orientador: Daniel Augusto Ribeiro Chaves (darc@ecomp.poli.br)

Com a implantação das redes sem fios de quinta e sexta geração (5G e 6G) além dos serviços digitais que requerem altas taxa de transmissão como streaming de vídeos em alta resolução, há também a perspectiva da popularização de outros serviços digitais como telemedicina, Internet das coisas, direção autônoma de veículos e transmissões de hologramas [1]. Esses serviços podem ter restrições muito específicas para latência, taxa de erro de *bit* e taxas de transmissão [1]. O acesso a esses serviços pela população em geral tem se popularizado exatamente pela facilidade proporcionada pelas redes sem fio (WiFi ou celular) e pelos dispositivos móveis [1]. No entanto, o transporte dos dados referentes à esses serviços entre longas distâncias (entre cidades/países/continentes) têm sido feitos por fibras ópticas uma vez que essa é a tecnologia disponível que melhor atende aos diversos requisitos mencionados [1,2].

As principais cidades do mundo hoje são interligadas por cabos de fibras ópticas tanto via terrestre (interligando cidades e países) quanto via submarina-transoceânica (interligando continentes) [2,3]. Esses cabos se interligam formando uma estrutura heterógena normalmente denominada rede óptica com topologia em malha [2]. As redes ópticas são portanto as responsáveis por transportar o tráfego agregado de milhares/milhões de usuários [2,4]. No entanto, como qualquer sistema, a rede óptica está sujeitas a diversas falhas: desde rompimentos de fibras por escavações indevidas até a falha de dispositivos [2,4]. Como se percebe, falhas em redes ópticas podem significar a perda de comunicação para uma quantidade enorme de usuários. Sendo assim, é necessário se prover algum tipo de mecanismo resiliência para as redes ópticas [2,4].

Um dos mecanismos mais usados para proteger a rede de falhas é o mecanismo de proteção [2,5]. Nessa abordagem, para cada conexão estabelecida na rede são alocados recursos redundantes para atendê-la [2,5]. Ou seja, para atender uma certa demanda de tráfego é necessário se reservar pelo menos o dobro de recursos de rede: uma conexão principal que transmite a informação e uma conexão reserva, alocada para o caso de haver uma falha na conexão principal [2,5]. Nota-se que uma grande quantidade de recursos da rede fica ociosa apenas para ser usada na ocorrência de falhas [2,5].

No entanto, as operadoras de rede podem ofertar serviços diferenciados para seus clientes, por exemplo: serviços que são protegidos contra duas falhas distintas na rede (cliente ouro), contra uma falha (cliente prata), serviços sem proteção (cliente bronze), de acordo com as exigências e possibilidades de pagamento de cada cliente. Esses serviços diferenciados são chamados de classes de serviços [6].

Para otimizar os recursos de rede e aumentar a sua receita, as operadoras de rede podem alocar usuários Bronze nas bandas ociosas alocadas como conexões reservas de usuários Ouro ou Prata.

Com o advento recente das redes ópticas elásticas e a aplicação de transmissores SBVT (*Sliceable Bandwidth-Variable Transponder*) uma outra forma de otimizar o uso dos recursos ociosos da rede é a



possibilidade de particionar o sinal de um usuário e transmiti-los por rotas diferentes na rede [7,8]. Esse tipo de estratégia é chamada de estabelecimento de rotas usando multicaminhos [7,8]. Nesse caso, na ocorrência de uma falha em uma das rotas, apenas parte do sinal é perdida e não o sinal inteiro, assim, o cliente experiencia apenas uma redução na sua taxa de transmissão, mas continua com o serviço ativo [7,8].

Esse projeto de dissertação visa otimizar o uso dos recursos das redes ópticas (com algum mecanismo de resiliência) ao aproveitar, de maneira inteligente, os recursos ociosos que estão destinados a prover resiliência para a rede. Ao mesmo tempo, investigar as classes de serviços que as operadoras podem ofertar ao seus clientes de maneira reduzir os recursos ociosos. Para atingir esses objetivos é proposto nesse projeto a aplicação de inteligência artificial para identificar as rotas ociosas que estão mais propícias a serem reutilizadas por cada classe de serviço. Além disso, investigar a proporção entre os clientes de cada classe que as operadoras devem admitir para maximizar a vazão total da rede, reduzindo as ociosidades.

## REFERÊNCIAS

- [1] M. Giordani, M. Polese, M. Mezzavilla, S. Rangan and M. Zorzi, "Toward 6G Networks: Use Cases and Technologies," in IEEE Communications Magazine, vol. 58, no. 3, pp. 55-61, March 2020, doi: 10.1109/MCOM.001.1900411.
- [2] R. Ramaswami, K. N. Sivarajan, Optical Networks: A Practical Perspective, 3a ed. Morgan Kaufmann, 2011.
- [3] TeleGeography, "Submarine Cable Map", disponível em <https://www.submarinecablemap.com>, último acesso 10/12/2021.
- [4] G. Mohan and C. S. R. Murthy, "Lightpath restoration in WDM optical networks," in IEEE Network, vol. 14, no. 6, pp. 24-32, Nov.-Dec. 2000, doi: 10.1109/65.885667.
- [5] L. Ruan and N. Xiao, "Survivable multipath routing and spectrum allocation in OFDM-based flexible optical networks," in Journal of Optical Communications and Networking, vol. 5, no. 3, pp. 172-182, 1 March 2013, doi: 10.1364/JOCN.5.000172.
- [6] A.V.S. Xavier, J.C. Silva, J.F. Martins-Filho, C.J.A. Bastos-Filho, D.A.R. Chaves, R.C.A. Almeida Jr., D.R.B. Araujo, J.A. Martins, Heuristic planning algorithm for sharing restoration interfaces in OTN over DWDM networks, Optical Fiber Technology, Volume 61, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2020.102426>.
- [7] B. C. Chatterjee, N. Sarma and E. Oki, "Routing and Spectrum Allocation in Elastic Optical Networks: A Tutorial," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 17, no. 3, pp. 1776-1800, thirdquarter 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2431731.
- [8] H. A. Dinarte, D. A. R. Chaves, Raul C. Almeida Jr, K. Assis, H. Waldman "Provisionamento Multicaminho com Otimização de Particionamento de Taxa de Transmissão para Proteção Dedicada em Redes Ópticas Elásticas" in XXXIX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBrt2021), 2021, doi: 10.14209/sbrt.2021.1570734178



Universidade de Pernambuco (UPE)  
Escola Politécnica de Pernambuco (POLI)  
Instituto de Ciências Biológicas (ICB)