



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

VOLNEI STARCK JUNIOR, CAP ENG

Implantação Redes Passivas Ópticas no CINDACTA III

Rio de Janeiro
2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

VOLNEI STARCK JUNIOR, CAP ENG

Implantação Redes Passivas Ópticas no CINDACTA III

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Ciência, Tecnologia e Inovação

Orientador: Eduardo Mendes Marcondes, Maj Av

Rio de Janeiro

2023

VOLNEI STARCK JUNIOR, CAP ENG

Implantação Redes Passivas Ópticas no CINDACTA III

Trabalho de conclusão de curso apresentado no
Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da
Aeronáutica.

Aprovado por:

Julio Cesar do Amaral Junior, Ten Cel Inf
EAOAR

Eduardo Mendes **Marcondes**, Maj Av
EAOAR

Rio de Janeiro
2023

RESUMO

O Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo – CINDACTA III, um dos principais elos do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro – SISCEAB, é o responsável por controlar a aviação no Nordeste do Brasil. Nesse contexto, sua operação deve atender preceitos rígidos de segurança e disponibilidade estabelecidos. Contudo, enfrenta desafios para manter e atualizar sua malha de telecomunicações administrativa e operacional, devido ao alto custo de operação e de atualizações do parque de ativos de redes de dados, assim como, a necessidade cada vez mais premente por comunicações mais rápidas, confiáveis e seguras. Nesta obra, será abordado como as Redes Passivas Ópticas – PON, com sua eficiência energética, grande largura de banda, confiabilidade e segurança, irão contribuir para a modernização da sua infraestrutura de telecomunicação conforme esperado. Para isso, serão abordados dois aspectos importantes desta solução, o primeiro trata da redução de gastos em operação e modernização, decorrentes da substituição de tecnologias de cabos de dados metálicos para Redes PON. Já o segundo, trata da evolução técnica obtida através desta iniciativa, demonstrando que será possível obter uma rede de telecomunicações com todas as características já elencadas, a um custo relativamente baixo, quando comparado com as soluções convencionais. Esta migração para as redes PON posicionará o CINDACTA III na vanguarda da Tecnologia de Navegação Aérea e poderá servir de exemplo aos demais Órgãos do SISCEAB, elevando ainda mais a reputação do Controle do Espaço Aéreo Brasileiro no cenário internacional.

Palavras-chave: Redes PON. Infraestrutura de Telecomunicações Aeronáuticas. Segurança Cibernética Militar. Redes de Dados da Aeronáutica.

1 INTRODUÇÃO

O Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA III), cuja a função principal é controlar o tráfego aéreo em área de 13,5 milhões de quilômetros quadrados do nordeste brasileiro, segundo o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA)¹, é reconhecido como um centro de excelência com um histórico de projetos significativos. Destacam-se iniciativas como a Rede de Telecomunicações Aeronáuticas do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (ATN-Br) e o Sistema de Gerenciamento Técnico do SISCEAB (SisGTec), ambos concebidos pela Comissão de Implantação do Sistema de Controle do Espaço Aéreo - CISCEA e o sistema de prestação de informações aeronáuticas remoto (R-AFIS) e o Sistema de Monitoramento de Ativos de Redes de Dados de desenvolvimento interno.

Entretanto, o CINDACTA III enfrenta desafios em sua infraestrutura de redes de dados, incluindo a falta de padronização de equipamentos, a necessidade de substituição de ativos de rede de dados antigos fornecidos, na maioria, pela *Cisco Systems, Inc.*, problemas de espaço nas salas técnicas, manutenção constante, devido ao mau uso, de pontos de acesso dos usuários à rede de dados e a atualização de *firmwares* de *switches*, *access points*, *switch-routers* e roteadores.

Além disso, no complexo do CINDACTA III, existem vários enlaces entre os prédios com velocidades de 10Mbps, o que é inadequado para redes corporativas que atendam centenas de colaboradores, uma vez que essa taxa de transferência é dividida entre todos os usuários. Vários desses enlaces, sejam ópticos ou metálicos, estão degradados pela ação do tempo, resultando em falhas, tornando a manutenção desafiadora e aumentando os custos associados à operação.

É de se destacar ainda a obsolescência dos ativos de redes de dados, que traz sérias desvantagens, em termos de segurança cibernética. Quaisquer equipamentos cibernéticos com *firmware* desatualizado são muito vulneráveis a ataques cibernéticos e alguns dos principais equipamentos de rede utilizados no CINDACTA III e, possivelmente, em muitas Unidades da Força Aérea Brasileira, estão no fim da vida útil,

¹ Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Disponível em: <https://www.decea.mil.br/?i=unidades&p=cindacta-iii>. Acesso em: 26 out. 2023.

ou seja, não recebem mais o suporte para atualizações de seus sistemas operacionais.

Nesse contexto, este ensaio defende a implantação das Redes PON para modernizar a infraestrutura de dados do CINDACTA III, com foco na otimização de recursos financeiros e desenvolvimento tecnológico. Em relação à redução de custos, será abordada a eficiência energética e economia em investimentos na modernização. Já quando forem abordadas as melhorias técnicas, focaremos no aumento considerável da largura de banda e na elevação da segurança cibernética.

Para proporcionar uma compreensão adequada, porém, é essencial uma breve explicação sobre Redes de Dados Ópticas (ODN), delineando as características fundamentais e aplicações entre as Redes Ópticas Ativas (AON) e as Redes Ópticas Passivas (PON).

2 DESENVOLVIMENTO

As Redes de Dados Ópticas (ODN) são sistemas de comunicação multimídia que empregam luz, em vez de eletricidade, para a transmissão de dados. Estas redes utilizam fibras ópticas, feitas de filamentos de vidro, projetadas para guiar a luz infravermelha do laser no seu interior. Elas se destacam por sua alta velocidade, elevada capacidade de transmissão de dados, segurança, imunidade contra interferências e eficiência energética. Existem dois principais tipos de ODN:

As Redes Ópticas Ativas (AON) utilizam dispositivos ativos, como lasers, conversores de mídia, transceptores ópticos, switches e amplificadores ópticos, para transmitir dados, onde cada fibra óptica opera como canal exclusivo de transmissão de dados de ponta a ponta, sendo comuns em comunicações à distância e data centers.

As Redes Ópticas Passivas (PON), por outro lado, empregam componentes passivos, como divisores ópticos (splitters), para compartilhar rede de dados a vários usuários, interligando-os em uma rede local com diversas derivações. Logo, cada fibra óptica é utilizada para diversos usuários, otimizando seu uso em relação às AON, através de técnicas de multiplexação no tempo e de comprimentos de onda de luz.

Segundo a Huawei (2023), empresa líder no segmento de Redes PON no mundo, sua linha de equipamentos já é capaz de atender mais de 17.000 usuários

simultaneamente assistindo vídeos em resoluções de 4k. Essa tecnologia é muito superior aos métodos convencionais de transmissão de dados, oferecendo uma experiência ímpar ao usuário, como acesso rápido e seguro a serviços como servidores de arquivos, impressão, segurança, telefonia e internet como veremos adiante.

2.1 Eficiência energética e arquitetura de rede de dados simplificada

Atualmente, notamos o crescimento acelerado da demanda de energia elétrica na nossa sociedade, o que nos força o consumo mais consciente, em virtude da sua escassez e do seu custo. Diante disso, as empresas se veem obrigadas a um consumo mais racional. Nesse cenário, as PON se destacam por sua eficiência energética, conforme Zhang diz:

[...] a Rede Óptica Passiva (PON) tornou-se a solução mais viável e energeticamente eficiente. Devido ao uso de fibras ópticas mais próximas dos usuários finais além da natureza passiva dos nós remotos, o PON consome a menor energia entre as diversas tecnologias de acesso, que incluem Wireless Fidelity [...] (ZHANG, 2013, p. 169)

Percebemos aqui que uma das grandes vantagens da transmissão de dados por luz infravermelha em Redes PON, consumo baixo. Elas são projetadas com foco nos usuários e serviços, o que as diferencia das redes de dados comuns, incluindo aquelas metálicas, sem fio e ópticas ativas, como foi verificado por Dixit et al.:

As redes ópticas passivas (PONs) são atualmente consideradas como uma tecnologia promissora para fornecer altas taxas de dados aos utilizadores, e são inerentemente mais eficientes em termos energéticos do que as suas contrapartes anteriores (por exemplo, ADSL e VDSL). (DIXIT et al., 2015, p. 169)

Os números impressionam quando levamos em consideração não só o aspecto energético, como também abordamos a manutenção, instalações e a arquitetura da rede. A arquitetura simplificada das PON, com apenas três componentes principais, a *Optical Line Terminal* (OLT), as *Optical Network Units* (ONU) e os Splitters reduzem significativamente a complexidade da infraestrutura de dados.

Dessa maneira, nos projetos LAN-PON, busca-se reduzir os espaços para alocação de equipamentos, como salas técnicas com climatização e energia controladas, espaçosos *racks* de equipamentos e infraestrutura em geral, uma vez que são compostas de equipamentos mais simples, menores e pouco volumosos.

[...] as redes ópticas podem atingir distâncias até 200 vezes maior, reduzir 49% do consumo de energia elétrica e também 73% dos serviços de lançamento e conectorização [...] é possível reduzir 70% em eletrocalhas, 75% em portas de ativos de rede, 65% nos cabos e 90% de ocupação de espaço em racks! (ROGÉRIO, 2019)

Em resumo, como apontado por Rogério, a eficiência energética e a otimização da infraestrutura, graças à simplificação da arquitetura de rede de dados proporcionada pelas Redes PON, fazem dessa tecnologia a escolha estratégica para modernização da infraestrutura de redes do CINDACTA III. Ela atende às demandas atuais de racionalização de recursos e prepara essa Unidade para futuros desafios, mantendo a eficiência operacional.

Dessa forma, a implantação das Redes Passivas Ópticas, como solução para modernizar a infraestrutura de dados do CINDACTA III, resultará em redução de custos a médio e longo prazo, em virtude de sua eficiência energética e do baixo custo de manutenção e futuros investimentos. As vantagens, porém, vão além e, no próximo tópico, falaremos mais sobre a sobre alguns dos seus ganhos técnicos mais relevantes.

2.2 Altas taxas de transferência de dados e ampliação da segurança cibernética

A transmissão de dados evoluiu muito desde do telégrafo, passando pelos sistemas analógicos de telefonia e os cabos coaxiais. Os Cabos de Par Trançado não Blindados (UTP - *Unshield Twisted Pair*), usados atualmente, foram sendo aprimorados ao longo dos anos e passaram a atingir velocidades de transmissão de 10Gbps, contra meros 10Mbps das primeiras categorias. Contudo, observamos uma recente migração massiva de operadoras de internet para Redes Ópticas Passivas, conforme Zhang et al.:

As operadoras já estão implantando PON na taxa de linha nominal de 10 Gbps como uma atualização para redes ópticas passivas com capacidade de gigabit (GPONs) e implantações EPON feitas durante os últimos 10 anos ou mais. Nas discussões da UIT-T, ficou claro que o próximo passo na PON [...] estão sendo implementadas agora (ZHANG, 2020, p. D99)

É possível interpretar o fenômeno da migração massiva de operadoras de rede de dados para as Redes PON, devido à sua eficiência e ao seu potencial para alcançar velocidades de transmissão superiores, impulsionados pela evolução tecnológica.

Em oposição, os cabos de rede ethernet, que são uma tecnologia já bastante

explorada e consolidada, apresentam custos expressivos e até proibitivos, quando operam em velocidades acima de 10 Gbps. Além disso, são restritos a poucos metros, o que dificulta sua aplicação, conforme Alecrim e Higa nos dizem:

As especificações 40 Gigabit Ethernet (40GbE) e 100 Gigabit Ethernet (100GbE) [...] elas alcançam até 40 Gb/s e 100 Gb/s, respectivamente. Já o padrão Terabit Ethernet (TbE) [...] pode chegar a 1 Tb/s (terabit por segundo). Os padrões 40GbE, 100GbE e TbE têm custo de implementação elevado, e são utilizados em datacenters e aplicações que exigem alto tráfego de dados. [...] O cabo Cat 8 suporta taxas de 25 ou 40 Gb/s e frequência de até 2.000 MHz. Contudo, o tamanho máximo recomendado para o cabo é de 30 metros [...] para funcionar em datacenters, mas pode ser usado em outras aplicações. Tem custo elevado por conta da blindagem reforçada. (ALECRIM; HIGA, 2023)

As Redes PON, em contrapartida, já chegam em velocidades por *slot*, ou seja, por canal, de 200 Gbit/s até com certa facilidade, conforme a Huawei (2023). De acordo com LAN (2022), em testes realizados no Instituto Nacional de Tecnologia da Informação e Comunicação do Japão, as fibras ópticas alcançam até 1,02 milhão de Gbps (1,02 Pbps), levando-nos a crer que investimentos em equipamentos transceptores poderão elevar consideravelmente as larguras de banda atuais. Contudo, a alta taxa de transmissão de dados não é a única vantagem física das redes PON, a segurança também é destaque, como destacado por Wu et al.:

A rede óptica passiva (PON) é considerada uma forma avançada “à prova de futuro” para resolver a grande demanda por redes de acesso multiusuário de próxima geração, e a multiplexação por divisão de frequência ortogonal (OFDM) tem sido amplamente utilizada em sistemas com e sem fio devido à sua forte capacidade de resistir à interferência multipercurso. (WU et al., 2018, p. 22857)

É possível depreender do trecho acima que essa tecnologia é bem menos suscetível a monitoramentos de dados dos usuários e de sistemas em ataques cibernéticos. Isso se deve a dificuldade de derivação ou interceptação do canal de comunicação para a escuta dos dados por entes desautorizados. Além disso, as Redes PON são dotadas de criptografia forte e de autenticação robusta entre a OLT e as ONUs, que as tornam extremamente resilientes a invasões.

Por fim, as comunicações sob forma de luz são, por definição, imunes a interferências eletromagnéticas, maior fonte de ruído nas telecomunicações de modo geral, o que as tornam muito mais seguras e confiáveis do ponto de vista técnico.

Percebe-se então que a implantação das Redes Passivas Ópticas no CINDACTA III, para a modernização da infraestrutura de dados, resultará em um significativo aumento na velocidade de acesso dos usuários e na segurança cibernética.

3 CONCLUSÃO

Dessa forma, foi demonstrado que a implantação das Redes Passivas Ópticas (PON), na modernização da infraestrutura de dados do CINDACTA III, é a melhor opção de modernização e operação sob o ponto de vista do custo-benefício.

Foi possível verificar que as Redes PON oferecem uma solução que economiza recursos a médio e longo prazo, devido a sua eficiência energética, baixo custo de operação e implantação, estando bastantes alinhados com as políticas de redução de custos, adotadas pela Força Aérea Brasileira.

Restou ainda confirmado que o avanço tecnológico obtido pela solução é capaz de atender às demandas crescentes de tráfego de dados e também de robustas políticas de segurança cibernética dos meios e dos usuários.

Portanto, comprova-se que a implantação de Redes PON para modernizar a infraestrutura de dados e telecomunicações do CINDACTA III trará economia de recursos, graças à sua eficiência energética e à redução dos custos operacionais e de modernização. Além disso, tais redes de dados e comunicações proporcionarão uma sensível ampliação da capacidade de transmissão de dados e segurança cibernética dos usuários e sistemas.

Depreendemos então que esta migração para as redes PON posicionará o CINDACTA III na vanguarda da Tecnologia de Navegação Aérea e poderá servir de exemplo aos demais Órgãos do SISCEAB, elevando ainda mais a reputação do Controle do Espaço Aéreo Brasileiro no cenário internacional.

REFERÊNCIAS

ALECRIM, Emerson; HIGA, Paulo. O que é cabo de rede (Ethernet)? Entenda as categorias e velocidades do RJ-45. **Tecnoblog**, 2023. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-ethernet/#h-40gbe-100gbe-e-terabit-ethernet-tb>. Acesso em: 31 out. 2023.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. **Decea**, [s.d.]. 3º Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo. Disponível em: <https://www.decea.mil.br/?i=unidades&p=cindacta-iii>. Acesso em: 26 out. 2023.

DIXIT, Abhishek et al. Energy efficient dynamic bandwidth allocation for Ethernet passive optical networks: Overview, challenges, and solutions. **Optical Switching and Networking**, v. 18, p. 169-179, 2015.

HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. **Huawei**, c2023. Série Huawei OptiXaccess EA5800. Disponível em: <https://e.huawei.com/en/products/optical-access/ea5800?from=search>. Acesso em: 31 nov. 2023.

LAM, Lam. Equipe japonesa estabelece novo recorde na velocidade de transmissão de dados. 2022. **Olhar Digital**. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2022/06/05/ciencia-e-espaco/equipe-japonesa-registra-novo-recorde-na-transmissao-de-dados/>. Acesso em: 31 nov. 2023.

ROGÉRIO. **Rce it.**, c2017. Redes pol – passive optical lan. Disponível em: <https://rceit.com.br/redes-pol-passive-optical-lan/>. Acesso em: 26 out. 2023.

WU, Tingwei et al. Security enhancement for OFDM-PON using Brownian motion and chaos in cell. **Optics express**, v. 26, n. 18, p. 22857-22865, 2018.

ZHANG, Dezhi et al. Progress of ITU-T higher speed passive optical network (50G-PON) standardization. **Journal of Optical Communications and Networking**, v. 12, n. 10, p. D99-D108, 2020.

ZHANG, Lincong et al. Energy-saving scheme based on downstream packet scheduling in Ethernet passive optical networks. **Optical Fiber Technology**, v. 19, n. 2, p. 169-178, 2013.