

PowerTrackZ: Análise da eficiência energética de pontos de acesso em redes sem fio

Pedro Acácio Rodrigues, João Fabrício Filho

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campo Mourão – PR – Brasil

pedroarodrigues@utfpr.edu.br, joaof@utfpr.edu.br

Abstract. *The growing demand for wireless networks has driven the need to improve device configurations to ensure performance and energy efficiency. Inadequate access point (AP) configurations increase energy consumption due to conflicts in network management. This work presents an AP analysis tool focused on reducing energy consumption. Based on Zabbix, it correlates metrics such as bandwidth, frequency and channel with energy consumption and interference. In simulation with 18 APs, the tool suggests configurations resulting in a 4.5% reduction in energy consumption and 65% interference reduction. The tool enables efficient use of network resources, maintaining service quality.*

Resumo. *A crescente demanda por redes sem fio impulsionou a necessidade de aprimorar configurações de dispositivos para garantir desempenho e eficiência energética. Configurações inadequadas de pontos de acesso (APs) elevam o consumo energético devido a conflitos no gerenciamento da rede. Este trabalho apresenta uma ferramenta de análise de APs focada na redução do consumo energético. Com base no Zabbix, correlaciona métricas como largura de banda, frequência e canal com consumo de energia e interferência. Em simulação com 18 APs, a ferramenta sugere configurações resultando em redução de 4,5% no consumo energético e 65% da interferência. A ferramenta proporciona uso eficiente dos recursos de rede, mantendo a qualidade do serviço.*

1. Introdução

Com o aumento da conectividade e do crescimento da quantidade de dispositivos inteligentes, as redes sem fio se tornaram essenciais para a infraestrutura de comunicação moderna. Essa expansão trouxe consigo um desafio significativo: o aumento dos gastos energéticos. De acordo com a Agência Internacional de Energia, o consumo associado às infraestruturas de TI, incluindo as redes sem fio, tem crescido rapidamente, representando uma parcela cada vez maior do consumo energético global [International Energy Agency, 2023].

A densificação das redes locais sem fio, impulsionada pela quantidade crescente de dispositivos, resulta em consumo energético elevado [Smith and Doe, 2023]. Além do impacto econômico, a produção e operação dessas infraestruturas possuem implicações ecológicas relacionadas ao uso intensivo de recursos naturais e energia [Fehske et al., 2011]. Dessa forma, torna-se essencial explorar métodos para melhoria do uso da energia, visando reduzir custos operacionais e minimizar o impacto ambiental.

Os APs são elementos-chave da eficiência energética e dos custos de uma rede, pois são responsáveis por gerenciar a conectividade de múltiplos dispositivos simultaneamente. Estudos mostram que a eficiência energética pode ser melhorada por meio de

ajustes nas configurações dos APs, incluindo potência de transmissão, gerenciamento de estados de inatividade e adaptação de canais [Han et al., 2015, Tan et al., 2016].

A configuração inadequada dos APs tem relação direta com a ineficiência energética e custos operacionais elevados. Parâmetros como largura de banda, seleção de canais, frequência de operação e intensidade do sinal influenciam diretamente o consumo de energia e a qualidade da rede. Contudo, APs próximos que utilizam a mesma frequência de operação e canais que se sobrepõem conflitam entre si, o que compromete a qualidade do sinal e exige configurações que podem aumentar o consumo energético [Silva et al., 2019, Dembélé et al., 2023].

O objetivo deste trabalho é melhorar a eficiência energética de APs quanto à configuração de canais e transmissão. Para tanto, desenvolvemos a ferramenta PowerTrackZ, que coleta e permite adicionar informações de funcionamento e configurações de APs, além de calcular e sugerir configurações que reduzem o conflito na transmissão de redes sem fio.

A validação experimental foi conduzida considerando a infraestrutura do campus da UTFPR - Campo Mourão, demonstrando reduções tanto no consumo energético quanto nas interferências espectrais, conforme detalhado na Seção 5.

As principais contribuições deste trabalho incluem:

- Desenvolvimento de um algoritmo de coloração de grafos com *backtracking* especificamente adaptado para melhoria de redes *wireless*;
- Proposição de uma forma de visualização de interferências através de grafos baseada na sobreposição de áreas de cobertura;
- Implementação da ferramenta PowerTrackZ;
- Avaliação experimental em ambiente real com métricas quantificáveis de economia energética e redução de interferências;
- Análise de escalabilidade com projeções para diferentes cenários de implementação.

A abordagem proposta oferece uma metodologia sistemática e replicável para análise e melhoria de redes *wireless*, demonstrando que é possível conciliar desempenho de rede com sustentabilidade ambiental e redução de custos operacionais. O código-fonte está disponibilizado publicamente sob licença GPL v3, viabilizando a reprodução e extensão da pesquisa pela comunidade científica.

2. Trabalhos Relacionados

Esta seção discute estudos relevantes que forneceram *insights* fundamentais sobre eficiência energética em redes sem fio, monitoramento de APs e otimização de configurações, orientando as escolhas técnicas e metodológicas do projeto.

2.1. Largura de Banda e Consumo Energético em APs PoE

O trabalho de Dembélé et al. [2023] investiga a relação entre largura de banda e consumo energético em APs *Power Over Ethernet* (PoE), demonstrando que o consumo energético é menor com o aumento da largura de banda. Os autores introduzem uma técnica de medição baseada na teoria PoE, analisando o consumo em diferentes modos operacionais (*Idle*, *Standby* e *Transmit*).

Os resultados apresentados na Figura 1 e Figura 2, revelam uma relação linear entre largura de banda e consumo energético, demonstrando que larguras de banda maiores (80 MHz) são mais eficientes energeticamente para aplicações de alta taxa de dados comparadas a larguras menores (20 MHz). Esses achados fundamentaram a implementação de configurações dinâmicas nos APs no presente trabalho.

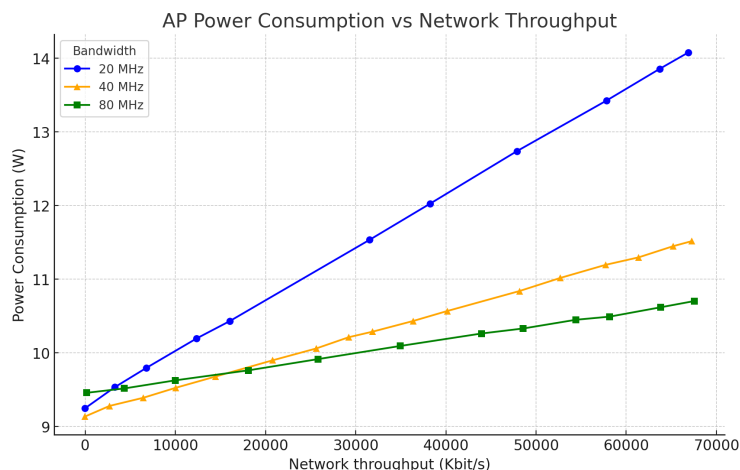


Figura 1. Consumo de energia do AP Huawei - 5GHz.
Fonte: Adaptado de Dembélé et al. [2023]

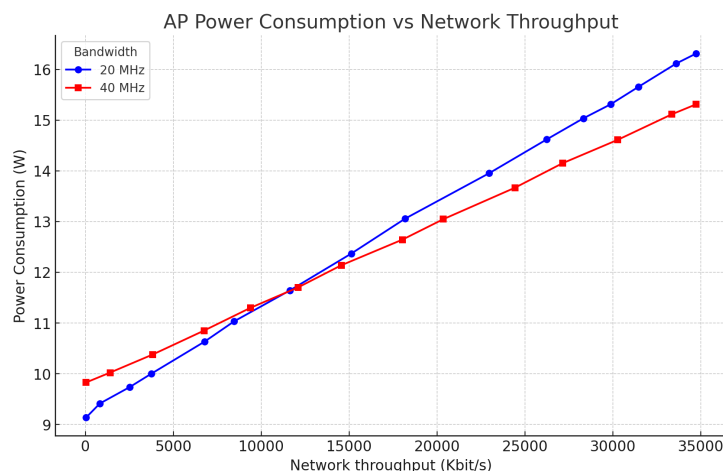


Figura 2. Consumo de energia do AP Huawei - 2.4GHz.
Fonte: Adaptado de Dembélé et al. [2023]

2.2. Consumo Energético e Padrões 802.11 em APs Wi-Fi

Silva et al. [2019] apresentam uma análise detalhada do consumo energético em APs Wi-Fi sob diferentes padrões 802.11. Os principais resultados indicam que o estado de *standby* apresenta menor consumo energético, enquanto o modo de transmissão consome mais energia do que o de recepção. A interface de 5 GHz consome mais energia do que a de 2.4 GHz devido ao maior número de canais e processamento necessário. Contrariando suposições anteriores, o estudo revela que taxas de dados mais altas nem sempre resultam em maior consumo energético. A largura de banda e o número de fluxos espaciais têm

impacto significativo no consumo, enquanto o Modulation and Coding Scheme (MCS) tem impacto menor. Surpreendentemente, a variação da potência de transmissão apresenta impacto negligenciável no consumo total comparado a outros fatores.

3. PowerTrackZ

Este trabalho propõe o PowerTrackZ, uma ferramenta para analisar e indicar melhorias de configurações de APs focando na redução do consumo energético sem comprometer a qualidade do serviço. A ferramenta foi desenvolvida considerando o trabalho de Dembélé et al. [2023] sobre a relação entre largura de banda e consumo energético, e os resultados de Silva et al. [2019] sobre o impacto dos padrões 802.11 na eficiência energética.

O PowerTrackZ foi implementado em Python com o *framework* Flask, justificado pelo rico ecossistema de bibliotecas científicas (NumPy, Pandas, Scikit-learn) e pela facilidade de integração com APIs REST [NumPy Developers, 2024, Pandas Development Team, 2024, Scikit-learn developers, 2024, Pallets, 2024]. A ferramenta requer integração com um gerente de rede pré-configurado capaz de coletar métricas operacionais via SNMP, incluindo frequência de operação, canal utilizado e largura de banda dos APs.

3.1. Modelagem e Análise

A ferramenta PowerTrackZ constrói um grafo de interferência baseado na sobreposição das áreas de cobertura dos APs, integrando-se ao gerente de rede via API para coleta dos dados operacionais. O processo de modelagem considera três parâmetros principais para determinar potenciais conflitos entre equipamentos:

- **Frequência de operação:** Determina o alcance teórico do sinal baseado nas características de propagação (2.4GHz: 20m, 5GHz: 15m, 6GHz: 12m)
- **Distância geográfica:** Calcula sobreposições espaciais entre as áreas de cobertura dos APs
- **Configuração espectral:** Identifica conflitos entre canais adjacentes ou sobrepostos

A construção do grafo ocorre em duas etapas distintas. Primeiro, a modelagem espacial identifica os pares de APs com sobreposição de áreas de cobertura através do cálculo geográfico de distâncias e raios de alcance por frequência. Cada AP é representado como um vértice, e arestas são criadas entre APs cuja sobreposição de áreas de cobertura excede um limiar mínimo, com o peso das arestas correspondendo à área relativa de sobreposição. Segundo, a análise espectral verifica, para cada par com sobreposição espacial, se há conflito de canais na mesma frequência. Somente pares que atendem a ambos os critérios são considerados como tendo interferência real e são alvos de indicação de melhorias pelo algoritmo.

3.2. Algoritmo de Indicação

O sistema utiliza um algoritmo de coloração de grafos com *backtracking* para minimizar interferências e diminuir o consumo energético. A implementação do algoritmo é estruturada em duas fases principais: uma atribuição inicial baseada na menor interferência com vizinhos apresentada no Código-fonte 1 e uma otimização iterativa que refina as configurações mostrada no Código-fonte 2. O algoritmo implementa regras específicas adaptadas às características de cada banda de frequência:

- **Banda 2.4GHz:** Considera interferência entre canais iguais ou adjacentes devido à limitação espectral disponível (apenas 3 canais não sobrepostos)
- **Bandas 5GHz e 6GHz:** Permite maior espaçamento entre canais, aproveitando o espectro mais amplo disponível para reduzir interferências
- **Otimização de largura de banda:** Prioriza configurações com maior largura de canal quando não há risco de interferência, baseado nos resultados de [Dembélé et al., 2023]

```
def verificarInterferenciaComVizinhos(no, config,
    configuracoes, grafo):
    canal, _, freq = config.split('-')
    vizinhos = grafo.get(no, set())
    interferencia = 0
    for vizinho in vizinhos:
        configVizinho = configuracoes.get(vizinho)
        if configVizinho:
            canalVizinho, _, freqVizinho =
                configVizinho.split('-')
            if temInterferencia(canal, canalVizinho, freq,
                freqVizinho):
                interferencia += 1
    return interferencia
```

Código-fonte 1. Função de verificação de interferência com vizinhos - PowerTrackZ.

4. Metodologia

O cenário de teste foi baseado na infraestrutura do campus da UTFPR - Campo Mourão, considerando uma rede com 18 sinais de rádio distribuídos entre os principais blocos do campus. Esta escolha permitiu avaliar a ferramenta em um ambiente real de uma instituição de ensino com características típicas de densidade de usuários.

4.1. Infraestrutura Utilizada

A infraestrutura considera equipamentos Huawei de categoria empresarial. A controladora Huawei AC6508 atua como equipamento centralizado responsável pelo gerenciamento dos pontos de acesso, enquanto os APs utilizados são do modelo Huawei AP6050DN, com capacidade *dual-band* para operação simultânea nas frequências 2.4GHz e 5GHz. A escolha da linha Huawei se justifica pela ampla adoção em ambientes corporativos e educacionais, robustez dos equipamentos e suporte nativo ao protocolo SNMP para monitoramento detalhado dos parâmetros operacionais.

Como gerente de rede, foi utilizado o Zabbix 7.0 LTS [Zabbix, 2024] devido à sua robustez e capacidade de monitorar métricas em tempo real via SNMP. O ambiente de virtualização Xen Server foi escolhido pelo seu desempenho e economia energética. De acordo com Tadesse et al. [2018], o Xen dispõe de uma camada a menos de *software* no processo de virtualização, reduzindo o custo energético relacionado ao chaveamento e

```

# Primeira passagem: atribui o inicial
for no in nos:
    if ap_locked(no):
        continue
    configs = gerarConfigsPossiveisParaAP(no)
    melhorConfig = min(configs,
                        key=lambda c:
                            verificarInterferenciaComVizinhos(no,
                                                                c, configuracoes, grafo))
    configuracoes[no] = melhorConfig
# Segunda passagem: otimiza o iterativa
melhorou = True
while melhorou:
    melhorou = False
    for no in nos:
        if ap_locked(no):
            continue
        atual = configuracoes[no]
        if verificarInterferenciaComVizinhos(no, atual,
                                              configuracoes, grafo) > 0:
            for c in gerarConfigsPossiveisParaAP(no):
                if verificarInterferenciaComVizinhos(no, c,
                                                    configuracoes, grafo) < \
                   verificarInterferenciaComVizinhos(no, atual,
                                                    configuracoes, grafo):
                    configuracoes[no] = c
                    melhorou = True
            break

```

Código-fonte 2. Algoritmo de otimização iterativa para minimização de interferência - PowerTrackZ.

ao *overhead*. O sistema foi implementado em máquina virtual com Ubuntu Server 22.04 LTS e PostgreSQL 14 para armazenamento dos dados históricos.

Para viabilizar a coleta automatizada de dados, utilizou-se o MIB Browser para explorar a estrutura hierárquica dos OIDs disponíveis nos equipamentos Huawei, conforme ilustrado na Figura 3. A MIB oficial da Huawei HUAWEI-WLAN-AP-RADIO-MIB [Huawei Technologies Co., Ltd, 2024] forneceu acesso à estrutura `HwWlanRadioInfoEntry`, contendo os campos essenciais para o monitoramento energético dos APs, apresentada no Código-fonte 3.

4.2. Coleta de Dados

Foram implementadas no Zabbix configurações específicas incluindo template personalizado para equipamentos Huawei com itens para frequência, canal e largura de banda, regras de descoberta automática via SNMP para identificação dinâmica de novos equipamentos e configuração de hosts com interface SNMPv2c para comunicação com a controladora AC6508. A Figura 4 apresenta a configuração da regra de descoberta automática implementada.



Figura 3. Árvore do MIB browser para análise dos OIDs Huawei.

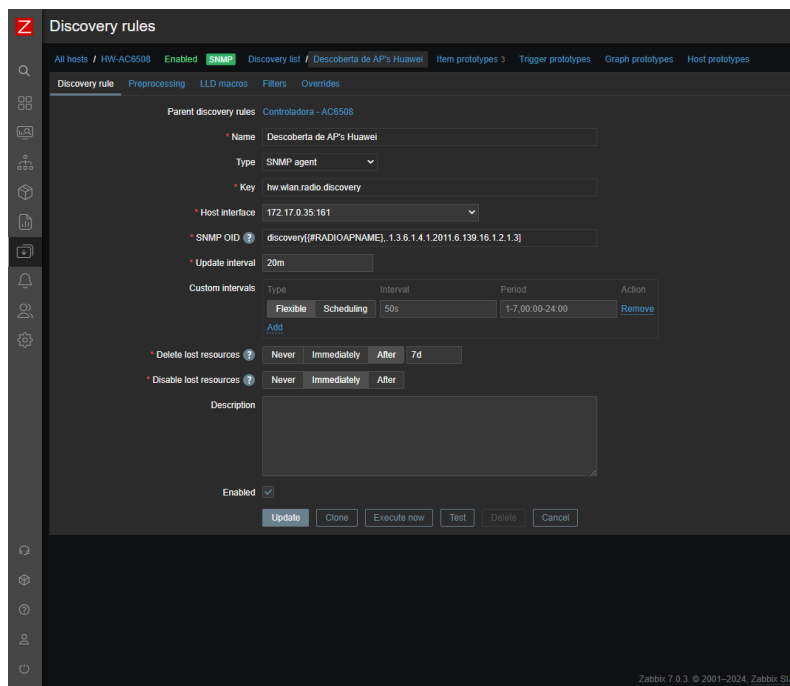


Figura 4. Configuração da regra de descoberta SNMP para pontos de acesso.

```

HwWlanRadioInfoEntry ::=
    SEQUENCE {
        ...
        hwWlanRadioFreqType
            INTEGER,
        ...
        hwWlanRadioWorkingChannel
            Unsigned32,
        ...
        hwWlanRadioWorkingChannelBandwidth
            INTEGER,
        ...
    }

```

Código-fonte 3. Estrutura HwWlanRadioInfoEntry da MIB Huawei.

Esta configuração possibilitou a coleta contínua das seguintes métricas operacionais: frequência de operação (2.4GHz ou 5GHz), canal utilizado, largura de banda configurada, além da identificação automática de novos APs e atualização dinâmica do inventário da rede.

4.3. Processo de Avaliação

A avaliação foi conduzida através de simulação considerando um período operacional de 365 dias, comparando duas configurações: *baseline* (configurações padrão dos APs sem otimização algorítmica) e otimizada (configurações sugeridas pelo algoritmo do PowerTrackZ).

Para cada configuração, o consumo energético foi calculado utilizando as equações de consumo apresentadas por Dembélé et al. [2023], que correlacionam largura de banda, frequência de operação e consumo energético em APs Huawei. A simulação considerou um *throughput* representativo de 25 Mbps, baseado em padrões típicos de uso em ambientes acadêmicos. As seguintes métricas foram utilizadas para comparar as configurações:

- Consumo energético anual (kWh/ano)
- Custo operacional (R\$/ano, considerando tarifa COPEL)
- Número de APs com interferência espectral real
- Redução percentual de interferências

5. Resultados

A Figura 5 apresenta o grafo que representa a sobreposição espacial das áreas de cobertura dos APs na configuração *baseline*. As arestas conectam equipamentos cujas áreas de cobertura se sobrepõem, com o peso da aresta indicando o percentual de área sobreposta em relação à área total de cobertura. É importante notar que arestas entre APs operando em frequências distintas representam apenas proximidade espacial, não implicando em interferência espectral real. A partir desta modelagem espacial, o algoritmo identifica interferências reais apenas quando APs com sobreposição espacial operam simultaneamente na mesma frequência com canais conflitantes (canais iguais ou adjacentes).

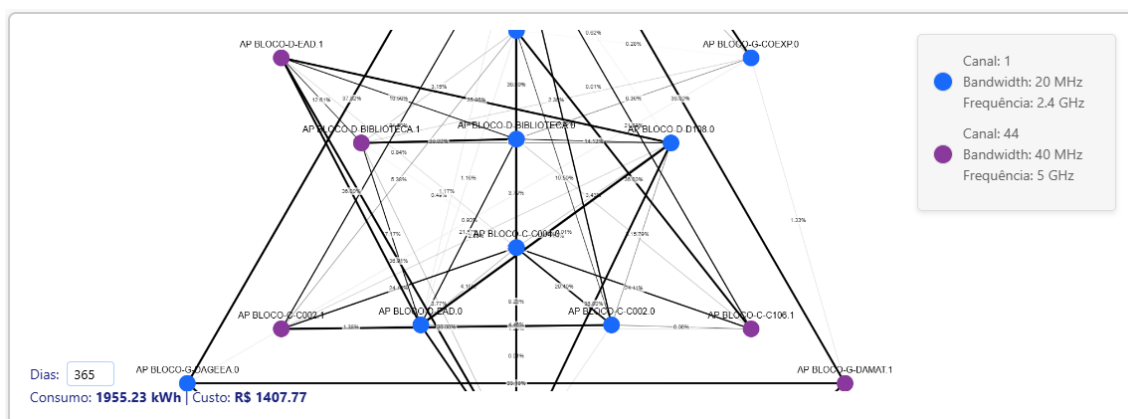


Figura 5. Grafo da rede *baseline* com sobreposições espaciais identificadas.

A Figura 6 apresenta o grafo após a aplicação do algoritmo de *backtracking*. Observa-se uma redução significativa no número de APs com interferência espectral real, resultado da redistribuição de canais que minimiza conflitos entre equipamentos com sobreposição espacial operando na mesma frequência.

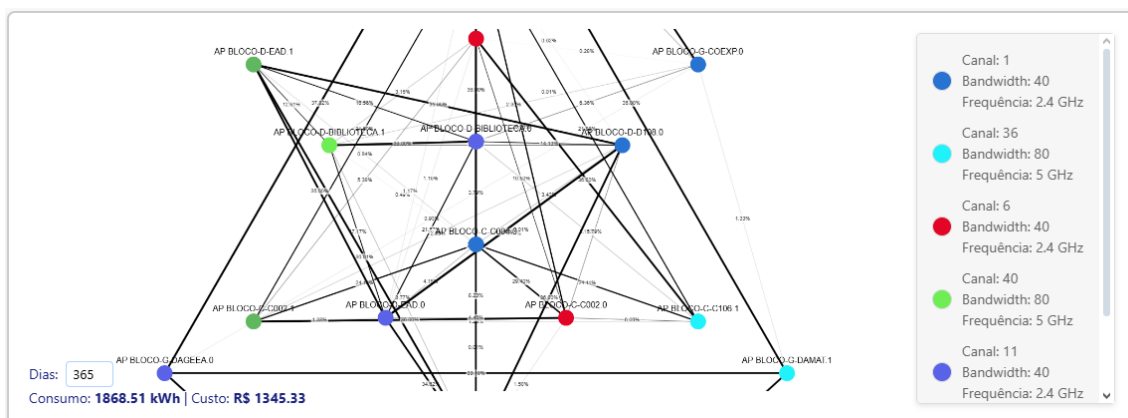


Figura 6. Grafo da rede após otimização pelo PowerTrackZ.

A simulação resultou em uma redução de 4,5% no consumo energético anual. A configuração *baseline* apresentou consumo de 1.955,23 kWh anuais, equivalente a R\$ 1.407,77, enquanto a configuração otimizada resultou em 1.868,51 kWh anuais, equivalente a R\$ 1.345,33. A economia absoluta foi de 86,72 kWh anuais, representando R\$ 62,44 de redução no custo energético.

A otimização resultou em melhoria significativa na qualidade espectral da rede, conforme quantificado na Tabela 1. A redução de 65% nos conflitos espectrais contribuiu para múltiplos benefícios operacionais, incluindo melhoria na qualidade de sinal para dispositivos clientes, redução na necessidade de retransmissões de pacotes, otimização do aproveitamento espectral disponível e diminuição adicional do consumo energético devido a menos retransmissões.

A economia energética demonstrada apresenta comportamento escalável em função do tamanho da infraestrutura. A Tabela 2 apresenta projeções para diferentes cenários de implantação, demonstrando impacto em infraestruturas de maior porte.

Tabela 1. Análise comparativa de interferências espectrais.

Métrica	Baseline	Otimizada
APs com interferência espectral real	17	6
Redução percentual	–	65%

Tabela 2. Projeção de economia energética anual por escala de implantação.

Cenário	Nº de Sinais	Economia (kWh/ano)	Economia (R\$/ano)
Pequeno	18	86,72	62,44
Médio	200	963,55	693,76
Grande	500	2.408,88	1.734,39
Corporativo	1.000	4.817,76	3.468,78

Supondo a escalabilidade para o cenário completo do campus da UTFPR - Campo Mourão, considerando a infraestrutura total de 50 APs dual-band (100 sinais de rádio), a projeção indica economia anual de aproximadamente 481,78 kWh, equivalente a R\$ 346,88 em redução de custos operacionais. Em cenários corporativos com 1.000 sinais de rádio, a economia projetada alcança 4.817,76 kWh anuais, representando R\$ 3.468,78 de redução nos custos energéticos.

5.1. Limitações Metodológicas

É importante reconhecer limitações que podem influenciar a generalização dos resultados. As projeções utilizam função linear para estimar economia energética, podendo apresentar variações em cenários com comportamento não-linear. O algoritmo de *backtracking* apresenta crescimento exponencial com o número de APs, limitando a aplicabilidade em redes de grande escala sem otimizações heurísticas. A implementação atual é específica para equipamentos Huawei, requerendo adaptações para outros fabricantes.

Variáveis ambientais que podem influenciar os resultados incluem topologia específica da rede e disposição física dos equipamentos, características ambientais como obstáculos arquitetônicos e interferências externas, padrões de uso e variações sazonais na carga de tráfego, e interferências de fontes não Wi-Fi. Os valores apresentados devem ser considerados como estimativas conservadoras, servindo como referência para avaliar o potencial de economia energética em infraestruturas similares.

6. Conclusão

Com o objetivo de melhorar a distribuição de configurações de pontos de acesso para proporcionar maior economia de energia sem comprometer o desempenho da rede, desenvolveu-se o PowerTrackZ, uma ferramenta para análise e indicação de configurações de APs focada na redução do consumo energético sem comprometer o desempenho da rede. A solução representa configurações de APs como grafos e utiliza um algoritmo de coloração com *backtracking* para sugerir configurações que minimizam interferências espectrais e consumo energético.

A validação experimental em cenário real baseado na infraestrutura do campus da UTFPR - Campo Mourão demonstrou reduções de 4,5% no consumo energético anual e 65% nas interferências espectrais. As projeções de escalabilidade indicam potencial

de economia em infraestruturas de maior porte, validando a viabilidade da abordagem proposta.

As principais contribuições incluem o desenvolvimento de um algoritmo adaptado para redes *wireless*, a proposição de metodologia para construção de grafos de interferência baseada em sobreposição de áreas de cobertura, e a implementação integrada ao Zabbix para coleta automatizada via SNMP. A ferramenta está disponibilizada em código aberto sob licença GPL v3 [Rodrigues, 2024], permitindo reprodução e extensão pela comunidade científica.

Limitações identificadas incluem a complexidade computacional NP-difícil que requer heurísticas para redes de grande escala, a dependência de equipamentos Huawei que demanda adaptações para outros fabricantes, e a necessidade de atualizações para suportar padrões emergentes como Wi-Fi 6E e 7. Trabalhos futuros incluem o desenvolvimento de heurísticas eficientes, suporte multi-fabricante através de camadas de abstração, e integração com técnicas de aprendizado de máquina para otimização adaptativa.

O PowerTrackZ demonstra que é possível conciliar desempenho de rede com sustentabilidade ambiental através de configurações inteligentes. Em um contexto global de crescente preocupação com eficiência energética, a abordagem proposta oferece uma metodologia sistemática e replicável para gestão responsável de infraestruturas de rede sem fio.

Agradecemos à UTFPR/PROREC pelo apoio financeiro fundamental que viabilizou a realização desta pesquisa e o desenvolvimento dos recursos necessários para a implementação e validação do PowerTrackZ.

Referências

- International Energy Agency. Digitalization and energy consumption in it infrastructure. <https://www.iea.org/reports/digitalization-and-energy>, 2023. Accessed: 2024-08-02.
- J. Smith and A. Doe. Energy efficiency in wireless networks: Challenges and opportunities. *IEEE Communications Magazine*, 61(4):24–29, 2023. doi: 10.1109/MCOM.2023.9876543.
- Albrecht Fehske, Gerhard Fettweis, Jens Malmudin, and Gergely Biczok. The global footprint of mobile communications: The ecological and economic perspective. *IEEE Communications Magazine*, 49(8):55–62, 2011. doi: 10.1109/MCOM.2011.5978416.
- Chong Han, Tim Harrold, Simon Armour, Ioannis Krikidis, Stefan Videv, Peter M. Grant, Harald Haas, John S. Thompson, Il-Min Ku, Cheng-Xiang Wang, Christos Tzaras, Hanzo Jiang, Andrew R. Nix, and Zheng Zhong. Energy-efficient wireless communication: Techniques, tools, and challenges. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 33(3):662–679, 2015. doi: 10.1109/JSAC.2015.2393673.
- Hwee-Pink Tan, Jian Xie, and Ying-Chang Xia. A survey of energy-efficient techniques in wireless local area networks. *IEEE Wireless Communications*, 23(6):34–40, 2016. doi: 10.1109/MWC.2016.1500346WC.
- Paulo Silva, Nuno T. Almeida, and Rui Campos. A comprehensive study on enterprise wi-fi access points power consumption. *IEEE Access*, 7:96841–96867, 2019. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2928754.

- Hamidou Dembélé, Elio Tohme, and Robin Colin. Assessing and modeling the energy consumption of poe-powered wifi access point. *IEEE Access*, 11:74796–74804, 2023. doi: 10.1109/ACCESS.2023.3295689.
- NumPy Developers. *NumPy Documentation*. NumPy Project, 2024. URL <https://numpy.org/doc/stable/>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- Pandas Development Team. *Pandas Documentation*. Pandas Project, 2024. URL <https://pandas.pydata.org/docs/>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- Scikit-learn developers. *Scikit-learn Documentation*. scikit-learn Project, 2024. URL <https://scikit-learn.org/stable/>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- Pallets. *Flask Documentation*. Pallets Project, 2024. URL <https://flask.palletsprojects.com/>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- Zabbix. *Zabbix 7.0 LTS*. Zabbix SIA, 2024. URL <https://www.zabbix.com/documentation/7.0/en/manual/introduction/about>. Acesso em: 12 ago. 2024.
- Sisay S. Tadesse, Carla-Fabiana Chiasserini, and Florian Malandrino. Characterizing the power cost of virtualization environments. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, page e3462, 2018. doi: <https://doi.org/10.1002/ett.3462>. URL <https://doi.org/10.1002/ett.3462>.
- Huawei Technologies Co., Ltd. *HUAWEI WLAN AP Radio MIB for AC*, 2024. URL <https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100271775/22d975c9/huawei-wlan-ap-radio-mib-for-ac>. Documentação oficial da MIB para pontos de acesso Huawei.
- Pedro Rodrigues. Powertrackz. GitHub, 2024. URL <https://github.com/acacio90/PowerTrackZ>. Repositório de código fonte.