



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
CÂMPUS MACAPÁ
TECNOLOGIA EM REDES DE COMPUTADORES

ALEXANDRE PINTO MONTEIRO

OSPF E RIP APLICADO NO ROUTEROS EM AMBIENTE VIRTUALIZADO
EVENG: Um estudo comparativo de aplicação dos protocolos

MACAPÁ
2024

ALEXANDRE PINTO MONTEIRO

OSPF E RIP APLICADO NO ROUTEROS EM AMBIENTE VIRTUALIZADO

EVENG: Um estudo comparativo de aplicação dos protocolos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a coordenação do curso Tecnologia de redes de computadores como requisito avaliativo para obtenção do título de Tecnólogo de redes de computadores.

Orientador: Prof. André Luiz da Silva Freire

MACAPÁ

2024

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A382o Monteiro, Alexandre Pinto
OSPF E RIP APLICADO NO ROUTEROS EM AMBIENTE
VIRTUALIZADO
EVENG: Um estudo comparativo de aplicação dos protocolos / Alexandre
Pinto Monteiro - Macapá, 2024.
69 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá, Tecnologia
em Redes de Computadores, 2024.

Orientadora: André Luiz da Silva Freire.

1. Roteamento Dinâmico. 2. Protocolos. 3. Ospf. I. Freire, André Luiz da
Silva, orient. II. Título.

ALEXANDRE PINTO MONTEIRO

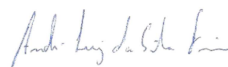
OSPF E RIP APLICADO NO ROUTEROS EM AMBIENTE VIRTUALIZADO

EVENG: Um estudo comparativo de aplicação dos protocolos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a coordenação do curso Tecnologia de redes de computadores como requisito avaliativo para obtenção do título de Tecnólogo de redes de computadores.

Orientador: Prof. André Luiz da Silva Freire

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. André Luiz da Silva Freire (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá



Prof. Me. Allan Meira de Medeiros

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá



Prof. Me. Ederson Wilcker Figueiredo Leite

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Apresentado em: 12 / 09 / 2024.

Conceito/Nota: 9,5

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso (TCC) visa analisar a aplicação dos protocolos de roteamento Open Shortest Path First (OSPF) e Routing Information Protocol (RIP) em uma rede baseada no sistema operacional de roteador RouterOS, da MikroTik, utilizando o software de simulação de redes de computadores EVE-NG. O OSPF e o RIP são protocolos de roteamento dinâmico amplamente utilizados, sendo o OSPF conhecido por sua eficiência em grandes redes e o RIP por sua simplicidade em redes menores. O RouterOS oferece suporte tanto ao OSPF quanto ao RIP, quanto ao EVE-NG, este permite a criação de ambientes virtuais para testar e avaliar diferentes configurações de rede. O objetivo geral é comparar a aplicação e as funcionalidades do OSPF e do RIP no RouterOS em um ambiente virtualizado. Os objetivos específicos incluem a descrição dos conceitos básicos do OSPF e do RIP, detalhamento das diferenças entre eles, explicação do funcionamento de ambos os protocolos, configuração do OSPF e do RIP no RouterOS, e simulação dos protocolos no EVE-NG. A metodologia de pesquisa compreende revisão bibliográfica, configuração do ambiente virtual, configuração do OSPF e do RIP no RouterOS, simulação e análise comparativa e análise dos resultados.

Palavras-chave: roteamento; ospf; rip; routeros; eve-ng.

ABSTRACT

This final undergraduate project (TCC) aims to analyze the application of the Open Shortest Path First (OSPF) and Routing Information Protocol (RIP) routing protocols in a network based on the MikroTik RouterOS operating system, using the EVE-NG network simulation software. OSPF and RIP are widely used dynamic routing protocols, with OSPF known for its efficiency in large networks and RIP for its simplicity in smaller networks. RouterOS supports both OSPF and RIP, while EVE-NG allows the creation of virtual environments to test and evaluate different network configurations. The overall objective is to compare the application and functionalities of OSPF and RIP in RouterOS in a virtualized environment. Specific objectives include describing the basic concepts of OSPF and RIP, detailing the differences between them, explaining the operation of both protocols, configuring OSPF and RIP in RouterOS, and simulating the protocols in EVE-NG. The research methodology comprises a literature review, configuration of the virtual environment, configuration of OSPF and RIP in RouterOS, simulation and comparative analysis, and analysis of the results.

Keywords: routing; ospf; rip; routeros; eve-ng.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Contextualização	8
1.2 Objetivo GERAL	9
1.3 Objetivos Específicos	9
1.4 Justificativa	9
1.5 Estrutura do Trabalho	10
2 DESENVOLVIMENTO	11
2.1 Referencial teórico	11
2.2 Planejamento de pesquisa	11
2.2.1 Revisão bibliográfica.....	11
2.2.2 Simulação e análise	11
2.3 Mikrotik	12
2.3.1 RouterBOARDS	12
2.3.2 RouterOS	12
2.4 EVE-NG	12
2.4.1 Principais recursos do EVE-NG	12
2.5 Fundamentos do OSPF	13
2.5.1 Conceitos básicos do OSPF	13
2.5.2 Diferenças entre OSPFv2 e OSPFv3.....	13
2.5.3 Tipos de LSA do OSPFv2	14
2.5.4 Autenticação	15
2.5.5 Tipos de áreas OSPFv2	15
2.5.6 Tipos de Roteadores OSPFv2	16
2.5.7 Algoritmo de Dijkstra ou SPF.....	18

2.5.8 Aplicações do algoritmo SPF	18
2.5.9 Funcionamento do OSPFv2.....	19
2.6 Fundamentos do RIP	20
2.6.1 Conceitos básicos do RIP	20
2.6.2 Funcionamento do RIP.....	22
2.6.3 Vantagens e Desvantagens do RIP.....	23
2.7 Comparativo entre OSPF e RIP	23
2.7.1 Algoritmo Utilizado	23
2.7.2 Atualização de Rotas.....	23
2.7.3 Escalabilidade	24
2.7.4 Complexidade e Configuração.....	24
2.7.5 Tipo de Endereçamento.....	24
2.7.6 Convergência	24
2.7.7 Autenticação	24
2.7.8 Áreas de Aplicação.....	25
2.8 Simulações com OSPF.....	26
2.8.1 Primeira Simulação	26
2.8.2 Segunda Simulação	41
2.8.3 Terceira Simulação.....	52
2.9 Simulação com RIP	57
2.9.1 Configuração de rede RIP.....	58
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

O Open Shortest Path First (OSPF) e o Routing Information Protocol (RIP) se destacam como protocolos de roteamento dinâmico fundamentais para o roteamento eficiente de tráfego em redes IP. O OSPF é conhecido por sua otimização do caminho percorrido pelos dados, garantindo fluidez e confiabilidade na comunicação, enquanto o RIP é valorizado por sua simplicidade e facilidade de configuração em redes menores. O RouterOS, sistema operacional de roteadores MikroTik, oferece suporte a ambos os protocolos, possibilitando a implementação de soluções robustas e escaláveis.

Neste trabalho de conclusão de curso (TCC), aprofundaremos a análise na aplicação do OSPFv2 e RIP no RouterOS em um ambiente virtualizado EVE-NG. O objetivo central é desvendar as funcionalidades e a aplicação de ambos os protocolos, buscando aprimorar o entendimento e a otimização das suas configurações em redes IP.

Ao concluirmos este trabalho, esperamos ter alcançado um entendimento mais abrangente do OSPFv2 e RIP no RouterOS, fornecendo entendimentos valiosos para a otimização de redes IP e a tomada de decisões mais assertivas na implementação de soluções de roteamento.

1.1 Contextualização

O presente trabalho tem como objetivo principal realizar uma análise comparativa entre os protocolos de roteamento dinâmico OSPFv2 e RIP, com foco em sua implementação no sistema operacional RouterOS em um ambiente virtualizado EVE-NG. Através de um estudo aprofundado das funcionalidades e características de cada protocolo, busca-se compreender as vantagens e desvantagens de cada um, bem como identificar os cenários mais adequados para sua aplicação. Essa pesquisa visa fornecer subsídios para a tomada de decisões mais assertivas na configuração e otimização de redes IP, contribuindo para a melhoria do desempenho e da confiabilidade das comunicações.

1.2 Objetivo GERAL

Analisar a aplicação dos protocolos OSPF e RIP no RouterOS em um ambiente virtualizado EVE-NG, avaliando sua aplicação e funcionalidades.

1.3 Objetivos Específicos

Descrever os conceitos básicos do OSPF e RIP, como áreas, tipos de roteadores, algoritmo de Dijkstra e métricas de roteamento.

Descrever as etapas para configurar o OSPF e RIP no RouterOS, incluindo a criação de interfaces, configuração de áreas e autenticação. Criação de uma topologia de rede no EVE-NG. Configuração do OSPF e RIP nos roteadores RouterOS. Análise do tráfego de roteamento.

1.4 Justificativa

A crescente complexidade das redes de computadores e a demanda por soluções de roteamento cada vez mais eficientes e confiáveis tornam a compreensão e a comparação de diferentes protocolos de roteamento uma necessidade crucial para os profissionais da área. O OSPF e o RIP, apesar de suas diferenças, são amplamente utilizados em diversas redes, e a escolha do protocolo mais adequado depende de diversos fatores, como o tamanho da rede, as características do tráfego e os requisitos de desempenho.

O RouterOS, por sua vez, é um sistema operacional de roteadores bastante popular, que oferece suporte a uma variedade de protocolos de roteamento, incluindo o OSPF e o RIP. A utilização do RouterOS em um ambiente virtualizado como o EVE-NG permite a criação de cenários de teste realistas e a simulação de diferentes configurações de rede, facilitando a análise e a comparação dos protocolos.

Ao aprofundar o conhecimento sobre os protocolos OSPFv2 e RIP, a pesquisa contribui para a formação de profissionais mais capacitados para projetar, implementar e administrar redes de computadores.

A comparação entre os protocolos e a análise de seus desempenhos em diferentes cenários permitem aos profissionais tomar decisões mais assertivas na escolha do protocolo mais adequado para cada situação.

A pesquisa pode identificar as melhores práticas para a configuração e otimização dos protocolos OSPFv2 e RIP no RouterOS, contribuindo para a melhoria do desempenho e da estabilidade das redes.

A pesquisa pode gerar novos conhecimentos sobre o comportamento dos protocolos em diferentes cenários e identificar possíveis áreas de melhoria.

1.5 Estrutura do Trabalho

Introdução: Apresenta o tema da pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos, que incluem a configuração e simulação dos protocolos OSPF e RIP no RouterOS e EVE-NG.

Metodologia: Detalha a abordagem metodológica utilizada na pesquisa, como a revisão bibliográfica e a realização de simulações e análises.

MikroTik e RouterOS: Descreve o sistema operacional RouterOS, utilizado nas simulações, e suas principais características.

EVE-NG: Apresenta o simulador de redes EVE-NG e seus recursos, destacando sua importância para a realização das simulações.

Fundamentos do OSPF: Explica os conceitos básicos do protocolo OSPF, suas versões, funcionamento, tipos de LSA, áreas, roteadores e o algoritmo de Dijkstra.

Fundamentos do RIP: Apresenta os conceitos básicos do protocolo RIP, seu funcionamento, vantagens, desvantagens e uma comparação com o OSPF.

Simulações com OSPFv2: Detalha as diferentes simulações realizadas com o protocolo OSPFv2, apresentando os cenários, configurações e resultados obtidos.

Simulação com RIP: Apresenta a simulação realizada com o protocolo RIP, comparando seus resultados com as simulações do OSPF.

Conclusão: Resume os principais resultados obtidos na pesquisa, as contribuições e as limitações do estudo, além de apresentar sugestões para futuros trabalhos.

Referências: Lista das fontes consultadas durante a realização da pesquisa.

2 DESENVOLVIMENTO

Nesta sessão, aprofundaremos a análise comparativa dos protocolos de roteamento RIP e OSPF. Apresentaremos os fundamentos de cada protocolo, suas características e funcionamento. Através de simulações e estudos de caso, demonstraremos as vantagens e desvantagens de cada um em diferentes cenários de rede.

2.1 Referencial teórico

RFC 2328 define o protocolo OSPF versão 2. MikroTik RouterOS Documentation: Documentação oficial do sistema operacional RouterOS, com foco no protocolo OSPF.

EVE-NG Documentation: Documentação oficial da plataforma de virtualização de redes EVE-NG.

Kurose, J. F.; Ross, K. W. Redes de computadores e a Internet: Livro clássico sobre redes de computadores, abordando diversos protocolos e conceitos.

Forouzan, B. A. Comunicação de dados e redes de computadores: Outro livro de referência na área, com uma abordagem abrangente sobre redes de computadores.

RFC 1723: Define o protocolo RIP versão 2.

2.2 Planejamento de pesquisa

A metodologia de pesquisa utilizada neste estudo será composta pelas seguintes etapas descritas nas sessões abaixo.

2.2.1 Revisão bibliográfica

Serão pesquisados livros, artigos científicos e documentações oficiais sobre OSPF, RIP, RouterOS e EVE-NG.

2.2.2 Simulação e análise

Serão realizados testes e simulações para avaliar aplicação de OSPF e RIP. Os resultados das simulações serão analisados e interpretados com base na ocupação de banda disponível.

2.3 Mikrotik

A MikroTik é uma empresa letã fundada em 1996 que se especializou em fornecer soluções em rede de alta qualidade e acessíveis para todos os tipos de usuários, desde pequenas empresas e casas até grandes provedores de internet e data centers.

2.3.1 RouterBOARDS

Os RouterBOARDS são a linha de hardware da MikroTik, composta por roteadores, switches, access points e outros dispositivos de rede. Todos os RouterBOARDS vêm pré-instalados com o RouterOS, o sistema operacional da MikroTik.

2.3.2 RouterOS

O RouterOS é um sistema operacional para roteadores, baseado no Linux. Ele oferece uma ampla gama de recursos, incluindo: Roteamento e Firewall; Controle de tráfego e QoS; VPN; Wi-Fi; Suporte a IPv6; Monitoramento e Gerenciamento.

2.4 EVE-NG

O EVE-NG é um simulador de redes multifornecedor que permite criar e testar redes virtuais complexas em um ambiente seguro e controlado. É uma ferramenta para profissionais de rede, estudantes e entusiastas que desejam aprimorar suas habilidades e conhecimentos em redes.

2.4.1 Principais recursos do EVE-NG

Ampla biblioteca de dispositivos: O EVE-NG oferece uma ampla biblioteca de dispositivos virtuais de vários fornecedores, incluindo Cisco, Juniper, MikroTik, Huawei e muitos outros.

Fácil de usar: O EVE-NG possui uma interface gráfica intuitiva que facilita a criação e o gerenciamento de laboratórios de rede virtuais.

Poderoso motor de simulação: O EVE-NG usa um poderoso motor de simulação que permite criar redes realistas e complexas.

Suporte para várias plataformas: O EVE-NG está disponível para Windows, macOS, Linux e como uma imagem OVA.

2.5 Fundamentos do OSPF

O Open Shortest Path First (OSPF) é um protocolo de roteamento dinâmico de estado de link que facilita o roteamento eficiente de tráfego em redes IP. Este documento apresenta uma análise dos fundamentos do OSPF, abrangendo seus conceitos básicos.

2.5.1 Conceitos básicos do OSPF

Versões do OSPF: O OSPF possui duas versões principais: OSPFv2 e OSPFv3. O OSPFv2 é utilizado para roteamento em redes IPv4, enquanto o OSPFv3 é utilizado para roteamento em redes IPv6.

2.5.2 Diferenças entre OSPFv2 e OSPFv3

O OSPF (Open Shortest Path First) se consolidou como um protocolo de roteamento dinâmico indispensável na construção de redes IP robustas e escaláveis. Sua trajetória evolutiva culminou com o surgimento do OSPFv3, aprimorando funcionalidades e adaptando-se às demandas das redes modernas.

Autenticação e Diversidade de LSA: A autenticação no OSPFv2 pode ser realizada utilizando MD5 ou texto simples. O OSPFv3 adota o IPsec para autenticação e criptografia robusta. O OSPFv2 define sete tipos principais de LSA, enquanto o OSPFv3 expande para nove principais, aprimorando a capacidade de gerenciamento e adaptabilidade da rede.

Escopo de Flooding, Áreas e Multicast: O flooding de LSAs no OSPFv2 é limitado à área, enquanto o OSPFv3 permite flooding por link, área ou sistema autônomo. As áreas no OSPFv2 são altamente recomendadas, assim como no OSPFv3, reforçando a segmentação da rede. O OSPFv2 utiliza multicast para anúncios de roteamento quando há na rede OSPF um roteador designado (DR) e também quando são enviados pacotes Hello de reconhecimento na rede.

Instâncias e Roteador ID: Cada interface no OSPFv2 é limitada a uma única instância, enquanto o OSPFv3 permite várias instâncias por interface, abrindo um leque de possibilidades para roteamento avançado. O OSPFv2 escolhe o Roteador ID automaticamente ou manualmente, enquanto no OSPFv3 a configuração manual é obrigatória.

Prefixos por Interface e Suporte a IPv4 em OSPFv3: O OSPFv2 permite apenas um prefixo por interface, enquanto o OSPFv3 suporta vários prefixos. O OSPFv3 não suporta IPv4 de forma nativa, mas pode ser suportado através de interfaces IPv4 compatíveis.

2.5.3 Tipos de LSA do OSPFv2

No OSPF, as LSAs (Link State Advertisement) são pacotes de dados que trocam informações topográficas e de estados de links entre os roteadores. Existem vários tipos de LSA, cada um servindo a um propósito específico na divulgação de informações sobre a rede.

LSA Tipo 1: Router LSA. Gerado por: Cada roteador dentro de uma área OSPF. Função: Descreve as interfaces e estados dos links próprios do roteador. Inclui informações como endereços IP, máscaras de sub-rede e custo dos links. Alcance: Disponível apenas dentro da sua área OSPF.

LSA Tipo 2: Network LSA. Gerado por: Roteador Designado (DR) em uma rede multiacesso. Função: Descreve os roteadores conectados na rede multiacesso, anunciando o DR e o BDR. Alcance: Disponível apenas dentro da sua área OSPF.

LSA Tipo 3: Summary LSA. Gerado por: Roteadores de Borda de Área (ABR). Função: Faz o resumo das rotas de redes que pertencem a outras áreas OSPF, anunciando esses resumos para a própria área. Alcance: Disponível entre áreas OSPF vizinhas.

LSA Tipo 4: Summary ASBR LSA. Gerado por: Roteador de Borda de Sistema Autônomo (ASBR). Função: É usado para anunciar destinos do próprio sistema autônomo para os ABRs. É assim que roteadores em uma área aprendem como chegar em prefixos que estão fora da área atual. Alcance: Disponível dentro da área OSPF e áreas vizinhas.

LSA Tipo 5: AS External LSA. Gerado por: Roteador de Borda de Sistema Autônomo (ASBR). Função: Anuncia rotas externas (aprendidas de outros protocolos de roteamento) para dentro do domínio OSPF. Alcance: Disponível em todo o domínio OSPF.

LSA Tipo 6: Multicast OSPF LSA. Função: Utilizado para disseminar informações relacionadas a grupos multicast. Observação: Não é uma LSA muito utilizada e frequentemente desabilitada.

LSA Tipo 7: Not-So-Stubby Area (NSSA) External LSA. Gerado por: Roteador de Borda de Sistema Autônomo (ASBR) dentro de uma área NSSA. Função: Usado para transportar rotas externas dentro de uma área NSSA. Áreas NSSA não permitem o ingresso de LSA Tipo 5, portanto, as externas são convertidas em LSA Tipo 7. Alcance: Disponível na área NSSA e é convertida de volta em Tipo 5 ao deixar a área NSSA.

2.5.4 Autenticação

O OSPFv2 e o OSPFv3 suportam diferentes tipos de autenticação para garantir a segurança do roteamento e evitar acesso não autorizado à rede. A escolha do tipo de autenticação depende do nível de segurança desejado e da infraestrutura da rede.

Para o OSPFv2 a autenticação pode ser por: autenticação simples, usa uma senha de texto simples para autenticação. É o método mais simples, mas também o menos seguro. Não é recomendado para redes com alto risco de segurança ou autenticação MD5 que usa o algoritmo MD5 para gerar um hash da senha. É mais seguro que a autenticação simples, pois a senha não é transmitida em texto claro. No entanto, o MD5 pode ser vulnerável a ataques de força bruta.

Para o OSPFv3 a autenticação pode ser por: autenticação por chave pública, usa criptografia de chave pública para autenticação. É o método mais seguro, pois fornece autenticação mútua e criptografia de mensagens. Requer uma infraestrutura de chave pública (PKI) para gerenciar as chaves ou autenticação por senha criptografada usa uma senha criptografada para autenticação. É mais seguro que a autenticação simples, pois a senha não é transmitida em texto claro. Não requer uma PKI, mas é menos seguro que a autenticação por chave pública.

2.5.5 Tipos de áreas OSPFv2

As áreas OSPF são utilizadas para dividir a rede em sub-redes menores e mais gerenciáveis. Cada área possui um conjunto de roteadores que compartilham informações de roteamento entre si. São elas:

Backbone: A área backbone é a área principal da rede OSPF. Ela conecta todas as outras áreas e é responsável pelo roteamento inter-área. É a área central e obrigatória em qualquer rede OSPF. Todas as outras áreas devem estar conectadas direta ou indiretamente à área de backbone. Rotas para redes externas ao domínio OSPF são injetadas aqui via ASBRs (Autonomous System Boundary Routers).

Stub Area: Tem o propósito de minimizar o flooding de LSAs e reduzir o tamanho das tabelas de roteamento em uma região da rede OSPF. Não permite o ingresso de LSAs tipo 5 (AS External LSA - rotas aprendidas de outros protocolos de roteamento). O ABR (Area Border Router) dessa área cria um LSA resumo para uma rota padrão (0.0.0.0/0), representando todos os destinos externos ao OSPF. Roteadores dentro da Stub Area só conhecem essa rota padrão para redes externas.

Totally Stubby Area: Tem o propósito de levar a redução de informação de roteamento ao extremo em uma parte da rede. Muito mais restritiva que uma Stub Area. Não permite a entrada de LSA tipo 5 (AS External). Não permite a entrada de LSA tipo 3 ou 4 (Resumos entre áreas ou para o próprio sistema autônomo). A única informação de roteamento que os roteadores dentro dessa área recebem é a rota padrão injetada pelo ABR.

Not-So-Stubby Area (NSSA): Tem o propósito de criar uma exceção em um ambiente tipo "Stub", permitindo a injeção controlada de rotas externas específicas. Restrição: Continua não aceitando LSA tipo 5 diretamente. Funcionamento: Um ASBR (Autonomous System Boundary Router) dentro da NSSA converte as rotas externas (LSA tipo 5) em LSAs especiais tipo 7 (NSSA External LSA). Essas LSA Tipo 7 são propagadas dentro da NSSA. Ao alcançar o ABR na borda da NSSA, os LSA tipo 7 são traduzidos de volta para LSA tipo 5 para reentrar no restante do domínio OSPF.

Totally Not-So-Stubby-Area (Totally NSSA): Tem o propósito de combinar as características de restrição de uma Totally Stubby Area com a habilidade de injetar rotas externas, similar à NSSA. Restrição: Não aceita diretamente rotas externas (Tipo 5). Não aceita diretamente LSA tipo 3 ou 4 (resumos de roteamento). Funcionamento: Assim como a NSSA, depende de um ASBR dentro da área fazendo a tradução entre LSA tipo 5 <-> LSA tipo 7.

2.5.6 Tipos de Roteadores OSPFv2

Roteador Designated Router (DR): No OSPF, os roteadores em uma rede multiacesso elegem um Roteador Designado (DR) e um Roteador Designado de Backup (BDR) para otimizar o processo de roteamento e reduzir o tráfego de controle. Responsabilidades: Receber e enviar LSA (Link State Advertisements) de todos os roteadores na área. Criar e enviar LSA resumo para a área. Anunciar as rotas para outros roteadores na área. Eleição: O roteador com a maior prioridade OSPF na área é eleito DR. Se houver empate, o roteador com o maior Router ID é eleito DR.

Roteador Backup Designated Router (BDR): O BDR é o roteador que assume o papel de DR caso o DR falhe. Responsabilidades: Assumir o papel de DR se o DR falhar. Manter um relacionamento com o DR, sincronizando as informações de roteamento. Eleição: O roteador com a segunda maior prioridade OSPF na área é eleito BDR. Se houver empate, o roteador com o maior Router ID é eleito BDR.

Roteador non-DR/BDR: Os roteadores non-DR/BDR são roteadores que não possuem responsabilidades especiais na área. Eles simplesmente repassam os LSAs que recebem.

Roteador interno: Um roteador interno OSPF é um roteador que possui interfaces conectadas apenas a uma única área OSPF. Ele não possui links para outras áreas OSPF ou para sistemas autônomos externos. As principais funções de um roteador interno OSPF são:

Manter a adjacência com outros roteadores na mesma área, isso é feito através do envio e recebimento de pacotes OSPF Hello. Trocar informações de roteamento com outros roteadores na mesma área, isso é feito através do envio e recebimento de pacotes OSPF Link State Advertisements (LSA). Calcular o menor caminho para todos os destinos na mesma área, isso é feito usando o algoritmo SPF (Shortest Path First). Encaminhar o tráfego para o próximo salto no menor caminho, usando a tabela de roteamento OSPF.

Roteador ABR: Um roteador ABR é um roteador que possui interfaces conectadas a duas ou mais áreas OSPF. Ele atua como um ponto de ligação entre as áreas, permitindo o roteamento de tráfego entre elas. As principais funções de um roteador ABR OSPF são:

Manter a adjacência com outros roteadores em todas as áreas conectadas através do envio e recebimento de pacotes OSPF Hello. Trocar informações de roteamento com outros roteadores em todas as áreas conectadas através do envio e recebimento de pacotes LSA.

Calcular o menor caminho para todos os destinos em todas as áreas conectadas usando o algoritmo SPF. Encaminhar o tráfego para o próximo salto no menor caminho, mesmo que o destino esteja em outra área usando a tabela de roteamento OSPF. Resumir rotas ao trocar informações entre áreas, isso é feito para reduzir o tamanho das LSA e o tráfego OSPF.

Roteador ASBR: Um roteador ASBR é um roteador que possui interfaces conectadas a um sistema autônomo OSPF e a pelo menos um outro sistema autônomo. Ele atua como um gateway entre o sistema autônomo OSPF e outros sistemas autônomos, permitindo o roteamento de tráfego entre eles. As principais funções de um roteador ASBR OSPF são:

Manter a adjacência com outros roteadores no sistema autônomo OSPF através do envio e recebimento de pacotes OSPF Hello. Trocar informações de roteamento com outros roteadores no sistema autônomo OSPF através do envio e recebimento de pacotes LSA.

Calcular o menor caminho para todos os destinos no sistema autônomo OSPF usando o algoritmo SPF. Redistribuir rotas aprendidas de outros protocolos de roteamento para o OSPF permitindo que o OSPF roteie tráfego para destinos em outros sistemas autônomos. Encaminhar o tráfego para o próximo salto no menor caminho, mesmo que o destino esteja em outro sistema autônomo usando a tabela de roteamento OSPF.

2.5.7 Algoritmo de Dijkstra ou SPF

O algoritmo SPF é um algoritmo fundamental na ciência da computação usado para encontrar o caminho mais curto entre um nó e todos os outros nós em um grafo ponderado. O algoritmo SPF funciona da seguinte maneira.

Na inicialização todos os roteadores na área OSPF são marcados como "não visitados". A distância do roteador de origem para todos os outros roteadores é inicializada como infinito.

Seleção do nó com menor custo, o roteador com a menor distância do roteador de origem é selecionado como o próximo nó a ser visitado.

Atualização das distâncias, para cada link conectado ao nó selecionado, a distância do roteador de origem para o nó adjacente é calculada. Se essa distância for menor que a distância atual do roteador de origem para o nó adjacente, a distância é atualizada.

Repetição, Os passos são repetidos até que todos os roteadores na área OSPF sejam marcados como "visitados".

Ao final da execução do algoritmo SPF, cada roteador na área OSPF terá uma tabela de roteamento que contém o caminho mais curto para todos os outros roteadores na área.

2.5.8 Aplicações do algoritmo SPF

O algoritmo SPF é usado em diversos protocolos de roteamento, como OSPF, IS-IS. O algoritmo também é usado em outras áreas da ciência da computação, como planejamento de redes, localização de caminhos e otimização.

Vantagens do algoritmo SPF. O algoritmo SPF é um algoritmo eficiente e rápido. O algoritmo SPF é um algoritmo distribuído, o que significa que cada roteador pode calcular o caminho mais curto de forma independente. O algoritmo SPF é um algoritmo adaptável, o que significa que pode se adaptar a mudanças na topologia da rede.

Desvantagens do algoritmo SPF. O algoritmo SPF pode ser computacionalmente caro para redes grandes. O algoritmo SPF não é otimizado para encontrar o caminho mais rápido em tempo real.

Como ocorre o cálculo do menor caminho e seleção de rotas. O OSPFv2 utiliza o algoritmo de menor caminho primeiro (SPF) para calcular o menor caminho entre cada roteador e todos os outros destinos na área OSPF. O processo de cálculo e seleção de rotas envolve as seguintes etapas:

Inundação de LSAs: Roteadores originam e inundam LSAs (Link State Advertisements) para anunciar informações sobre links e topologia da rede. Todos os roteadores na área OSPF armazenam uma cópia completa da LSDB (Link State Database).

Cálculo do SPF: Cada roteador executa o algoritmo SPF na sua LSDB local. O SPF calcula o custo de caminho para cada destino na área. O custo do caminho é calculado usando a métrica OSPF configurada (por padrão, custo de link).

Seleção de rotas: O roteador seleciona a rota com o menor custo para cada destino. A rota selecionada é armazenada na tabela de roteamento do roteador.

Fatores que afetam o cálculo do menor caminho: **Métrica OSPF:** A métrica configurada determina como o custo do caminho é calculado. **Topologia da rede:** A disposição dos links e roteadores na rede afeta os custos dos caminhos. **LSAs:** As informações contidas nos LSAs são usadas para calcular os custos dos caminhos. O SPF é um algoritmo distribuído, o que significa que cada roteador calcula o menor caminho de forma independente. O cálculo do SPF é realizado periodicamente ou quando há mudanças na topologia da rede. O OSPFv2 pode utilizar equal cost multipath (ECMP) para distribuir o tráfego entre vários caminhos com o mesmo custo.

2.5.9 Funcionamento do OSPFv2

Formação de neighborship OSPFv2: A formação de vizinhança OSPFv2 entre roteadores é um processo crucial para o estabelecimento de adjacências e a troca de informações de roteamento. O processo envolve as seguintes etapas:

Descoberta: Roteadores enviam pacotes "Hello" em intervalos regulares (por padrão, 10 segundos) para multicast 224.0.0.5. O pacote "Hello" contém informações como o ID do roteador, a prioridade OSPF, a máscara de rede e o endereço IP da interface.

Seleção de DR/BDR: Os roteadores na mesma rede IP elegem um Roteador Designado (DR) e um Roteador Designado de Backup (BDR). O DR é responsável por representar a rede na troca de informações de roteamento com outros roteadores.

Autenticação (opcional): Se a autenticação OSPF estiver configurada, os roteadores trocam mensagens de autenticação para verificar suas identidades. A autenticação pode ser feita usando MD5 ou texto simples.

Sincronização de LSDB: Após a autenticação, os roteadores trocam suas bases de dados de estado do link (LSDB) para construir uma visão completa da topologia da rede. A sincronização da LSDB é feita usando mensagens LSA (Link State Advertisement).

Estado de vizinhança: Se a troca de mensagens for bem-sucedida, a vizinhança OSPFv2 é estabelecida e os roteadores podem trocar informações de roteamento. O estado da vizinhança pode ser: Down nenhuma comunicação; Init descoberta em andamento; 2-Way troca de "Hello" em andamento; ExStart autenticação em andamento (se configurada); Exchange sincronização da LSDB em andamento; Loading carregamento da LSDB em andamento; Full vizinhança estabelecida, roteamento ativo.

Hello Packets: Os pacotes Hello são mensagens fundamentais no OSPFv2 para a descoberta de vizinhos e a formação de adjacências. Eles são enviados periodicamente (por padrão, a cada 10 segundos) em multicast para o endereço 224.0.0.5.

Campos do pacote Hello são: Versão indica a versão do OSPF (2 para OSPFv2); Tipo identifica o tipo de pacote OSPF (1 para Hello); Router ID identificador único do roteador; Area ID identifica a área OSPF à qual o roteador pertence; Checksum garante a integridade do pacote; Authentication Type indica o tipo de autenticação OSPF (0 para nenhum, 1 para MD5); Authentication Data campo opcional que contém dados de autenticação (se configurada); Network Mask máscara de rede da interface que envia o pacote; Hello Interval intervalo em segundos entre os envios de pacotes Hello; Options campo opcional que pode conter flags de controle; Neighbor List lista de roteadores vizinhos conhecidos

Campos que devem ser iguais para a formação de vizinhança: Versão Ambos os roteadores devem usar a mesma versão do OSPF (2); Tipo ambos os roteadores devem enviar e receber pacotes Hello (tipo 1); Area ID ambos os roteadores devem estar na mesma área OSPF; Network Mask Ambos os roteadores devem ter a mesma máscara de rede na interface.

2.6 Fundamentos do RIP

O Routing Information Protocol (RIP) é um protocolo de roteamento dinâmico baseado em vetor de distância que facilita o roteamento de tráfego em redes IP.

2.6.1 Conceitos básicos do RIP

Versões do RIP: O RIP possui duas versões principais: RIPv1 e RIPv2. O RIP v1 foi a primeira versão desenvolvida e utilizada para roteamento em redes IPv4. O RIPv2, uma versão aprimorada, também é utilizado para roteamento em redes IPv4, mas com melhorias significativas em relação à sua versão anterior.

Diferenças entre RIPv1 e RIPv2: Endereçamento e Transporte o RIPv1 suporta apenas endereçamento de classe e não possui capacidade para sub-rede ou endereçamento CIDR, limitando-se a redes classe A, B e C. Em contraste, o RIPv2 introduz suporte a endereçamento de sub-rede e CIDR, permitindo maior flexibilidade e eficiência no roteamento.

Autenticação: O RIPv1 não oferece nenhum mecanismo de autenticação, tornando-o vulnerável a ataques de segurança. O RIPv2, por outro lado, oferece suporte a autenticação simples e MD5, aumentando a segurança nas atualizações de roteamento.

Anúncios de Rotas: O RIPv1 utiliza broadcast para envio de atualizações de roteamento, resultando em maior consumo de banda. Já o RIPv2 utiliza multicast, otimizando o uso de banda e reduzindo o tráfego desnecessário na rede.

Métricas do RIP: O RIP utiliza a contagem de saltos (hops) como sua principal métrica para determinar o melhor caminho para um destino. Cada salto representa uma transição de um roteador para outro na rede.

Limitação de Saltos: O RIP possui uma limitação de 15 saltos, com o 16º sendo considerado inalcançável. Isso limita a aplicabilidade do RIP a redes de tamanho pequeno a médio.

Atualizações de Roteamento: As atualizações de roteamento no RIP são enviadas a cada 30 segundos, o que pode levar a convergência lenta em redes maiores ou mais dinâmicas.

Mecanismos de Segurança: Embora o RIP seja um protocolo relativamente simples, ele implementa alguns mecanismos para melhorar a segurança e estabilidade da rede.

Split Horizon: O split horizon é uma técnica utilizada para evitar loops de roteamento, impedindo que uma rota aprendida de um vizinho seja anunciada de volta a ele.

Poison Reverse: O poison reverse é uma extensão do split horizon onde uma rota é anunciada de volta ao vizinho com uma métrica infinita (16 no caso do RIP), indicando que a rota é inalcançável.

Temporizadores: O RIP utiliza vários temporizadores para gerenciar a estabilidade da rede, temporizador de atualização: Intervalo entre as atualizações de roteamento (30 segundos). Temporizador de invalidação: Tempo após o qual uma rota é considerada inválida se não for atualizada (180 segundos). Temporizador de espera: Tempo adicional antes de remover uma rota inválida da tabela de roteamento (240 segundos).

2.6.2 Funcionamento do RIP

Formação de Vizinhança RIP: No RIP, a formação de vizinhança é um processo simplificado comparado a protocolos mais complexos como o OSPF. O RIP não estabelece uma vizinhança formal com autenticação ou eleição de DR/BDR. Em vez disso, os roteadores simplesmente enviam e recebem atualizações de roteamento periodicamente.

Pacotes de Atualização: Os pacotes de atualização do RIP contêm informações sobre todas as rotas conhecidas pelo roteador, incluindo o destino, a métrica (contagem de saltos) e o próximo salto. Esses pacotes são enviados a cada 30 segundos para todos os roteadores vizinhos.

Algoritmo de Vetor de Distância: O RIP utiliza o algoritmo de vetor de distância para determinar o melhor caminho para cada destino na rede. O algoritmo de vetor de distância, também conhecido como algoritmo de Bellman-Ford, é um dos métodos mais antigos e simples para calcular rotas em uma rede. Ele baseia-se em uma troca periódica de informações de roteamento entre os roteadores, permitindo que cada roteador construa uma tabela de roteamento.

Vetor de Distância: Cada roteador mantém uma tabela (vetor) que lista a distância para alcançar cada rede conhecida e o próximo salto (próximo roteador) que deve ser usado para alcançar essa rede. A distância geralmente é medida em termos de "saltos" (hops), que representam o número de roteadores pelos quais os pacotes precisam passar para alcançar o destino.

Troca de Informações: Periodicamente (a cada 30 segundos), cada roteador envia sua tabela de roteamento completa para seus vizinhos. Isso é conhecido como "anúncio de vetor de distância".

Atualização de Tabelas: Quando um roteador recebe uma tabela de roteamento de um vizinho, ele atualiza sua própria tabela de roteamento. Se a informação recebida fornece um caminho mais curto para um destino, o roteador ajusta sua tabela para refletir esse novo caminho.

Inicialização: Cada roteador inicia com uma tabela de roteamento que contém apenas suas próprias rotas diretamente conectadas.

Cálculo de Rotas: Para cada rota recebida, o roteador adiciona uma unidade à métrica (saltos) e compara com sua tabela de roteamento. Se a nova métrica for menor, a rota é atualizada; caso contrário, é descartada.

2.6.3 Vantagens e Desvantagens do RIP

Vantagens: Simplicidade fácil de configurar e gerenciar, ideal para redes pequenas.
Compatibilidade: Amplamente suportado em equipamentos de rede.

Desvantagens: Limitação de Saltos, não adequado para redes grandes devido ao limite de 15 saltos. **Convergência Lenta:** Atualizações periódicas podem levar a convergência lenta em redes dinâmicas. **Falta de Segurança:** A versão RIPv1 não possui mecanismos de autenticação, tornando-o vulnerável.

2.7 Comparativo entre OSPF e RIP

Nesta sessão, vamos realizar uma comparação detalhada entre os protocolos de roteamento OSPF e RIP. Através de análises teóricas e práticas, exploraremos as principais características, vantagens e desvantagens de cada um.

2.7.1 Algoritmo Utilizado

RIP (Routing Information Protocol): Utiliza o algoritmo de vetor de distância (algoritmo de Bellman-Ford). Neste algoritmo, cada roteador mantém uma tabela de rotas que lista todos os destinos conhecidos e a distância até eles (medida em saltos ou "hops"). As tabelas de rotas são periodicamente trocadas entre roteadores vizinhos.

OSPF (Open Shortest Path First): Utiliza o algoritmo de estado de enlace (algoritmo de Dijkstra). Neste algoritmo, cada roteador mantém uma visão completa da topologia da rede e calcula o caminho mais curto para cada destino baseado nessa topologia.

2.7.2 Atualização de Rotas

RIP: Atualizar suas tabelas de roteamento a cada 30 segundos através de anúncios de vetor de distância. Esta abordagem pode levar a um tempo de convergência mais lento e é suscetível a problemas como a contagem ao infinito.

OSPF: Utiliza atualizações baseadas em eventos (triggered updates). Quando há uma mudança na topologia, o roteador envia um pacote de estado de enlace (LSA) imediatamente, resultando em um tempo de convergência mais rápido.

2.7.3 Escalabilidade

RIP: Adequado para redes menores devido à sua simplicidade. Tem um limite máximo de 15 saltos, o que restringe seu uso em redes grandes.

OSPF: Altamente escalável e adequado para grandes redes empresariais e ISPs. Suporta subdivisões de rede (áreas) que ajudam a minimizar o tráfego de roteamento e a carga sobre os roteadores.

2.7.4 Complexidade e Configuração

RIP: Simples de configurar e gerenciar. Ideal para pequenas redes que não exigem um protocolo de roteamento sofisticado.

OSPF: Mais complexo de configurar e gerenciar. Requer uma compreensão detalhada da topologia da rede e do design de áreas para ser implementado de forma eficaz.

2.7.5 Tipo de Endereçamento

RIPv1: Suporta apenas endereçamento de classe (classful) e não suporta sub-redes ou CIDR (Classless Inter-Domain Routing).

RIPv2: Introduce suporte a endereçamento de sub-rede e CIDR, permitindo maior flexibilidade e eficiência no roteamento.

OSPF: Suporta endereçamento CIDR e VLSM (Variable Length Subnet Mask), proporcionando uma gestão eficiente do espaço de endereçamento IP.

2.7.6 Convergência

RIP: Tempo de convergência mais lento devido às atualizações periódicas e possíveis problemas de contagem ao infinito. Mecanismos como split horizon, route poisoning e hold-down timers são utilizados para mitigar esses problemas.

OSPF: Tempo de convergência mais rápido graças às atualizações baseadas em eventos e ao algoritmo de estado de enlace que rapidamente calcula as rotas.

2.7.7 Autenticação

O RIPv1 não suporta autenticação. O RIPv2 suporta autenticação simples (plain text) e MD5. O OSPF suporta autenticação simples e autenticação MD5, proporcionando maior segurança no roteamento.

2.7.8 Áreas de Aplicação

RIP: Usado principalmente em redes pequenas e simples onde a facilidade de configuração e manutenção é mais importante que a escalabilidade e a rapidez na convergência.

OSPF: Preferido em redes grandes e complexas onde a escalabilidade, eficiência e rapidez na convergência são cruciais.

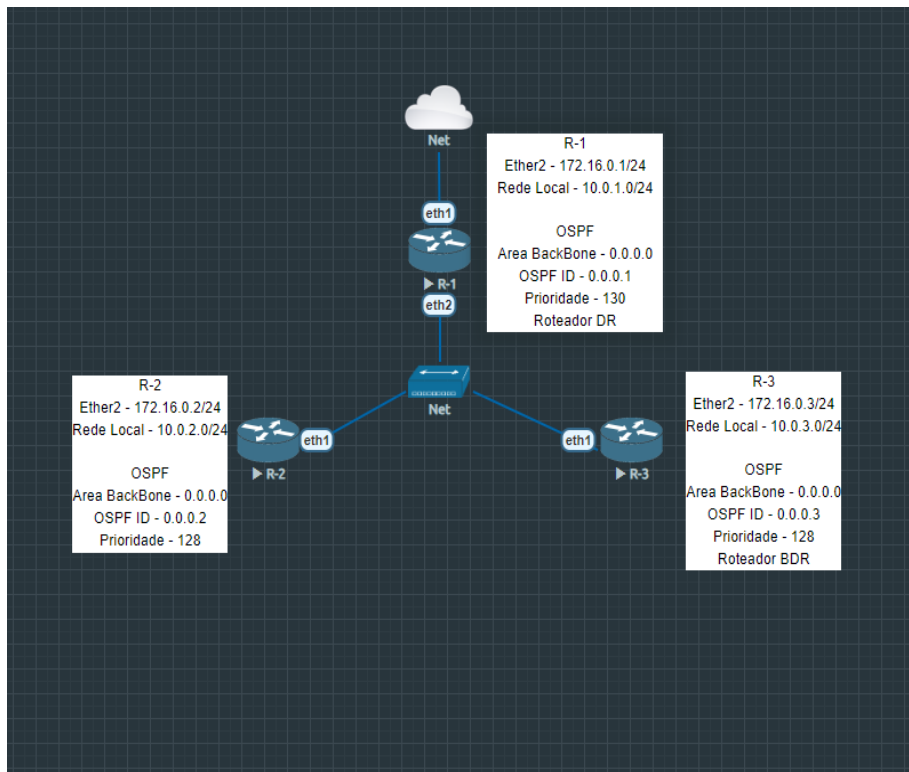
2.8 Simulações com OSPF

Nesta sessão, vamos colocar em prática os conhecimentos teóricos sobre o protocolo OSPF. Através de simulações, exploraremos diferentes cenários de rede e analisaremos o comportamento do OSPF em situações reais. Simularemos falhas em enlaces, mudanças na topologia e outros eventos comuns em redes, a fim de avaliar a robustez e a eficiência do protocolo

2.8.1 Primeira Simulação

Consiste de 3 roteadores conectados entre si através de um concentrador. Nessa simulação o roteador r1 é o dr da área ospf de acordo com a prioridade maior, o roteador bdr é o r3 considerando o ospf id maior.

Figura 1 - Primeira simulação.



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Nessa simulação foram definidas as seguintes configurações, a rede local entre os roteadores foi definida para a faixa de ip 172.16.0.0/24 sendo o roteador R-1 172.16.0.1/24, roteador R-2 172.16.0.2/24 e R-3 172.16.0.3/24 garantindo assim a comunicação a nível de rede entre eles. Na configuração OSPF foram definidas as seguintes configurações, a identificação

da área ficou 0.0.0.0 que é igual para todos os roteadores, sendo esta a área backbone permitindo a troca de lsa sem restrições.

Roteador R1. Ether2 - 172.16.0.1/24; Rede Local - 10.0.1.0/24. OSPF Area BackBone - 0.0.0.0; OSPF ID - 0.0.0.1; Prioridade – 130; Roteador DR

Figura 2 - Tabela de roteamento do roteador R1 área Backbone

```
[admin@R-1] > ip/ route/ print
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, o - OSPF, d - DHCP
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, DISTANCE
   DST-ADDRESS      GATEWAY             DISTANCE
DAd 0.0.0.0/0       192.168.15.2        1
DAc 10.0.1.0/24     bridge-Lan          0
DAo 10.0.2.0/24     172.16.0.2%ether2   110
DAo 10.0.3.0/24     172.16.0.3%ether2   110
DAc 172.16.0.0/24   ether2              0
DAc 192.168.15.0/24 ether1              0
```

Fonte: Simulador Eve-Ng.

A tabela de roteamento apresenta as entradas das rotas para encaminhamento dos pacotes de rede. No caso da tabela acima são apresentadas as entradas, podemos identificar as entradas feitas pelo protocolo OSPF que estão identificados com “DAo” que significa, dinâmico, ativo e ospf.

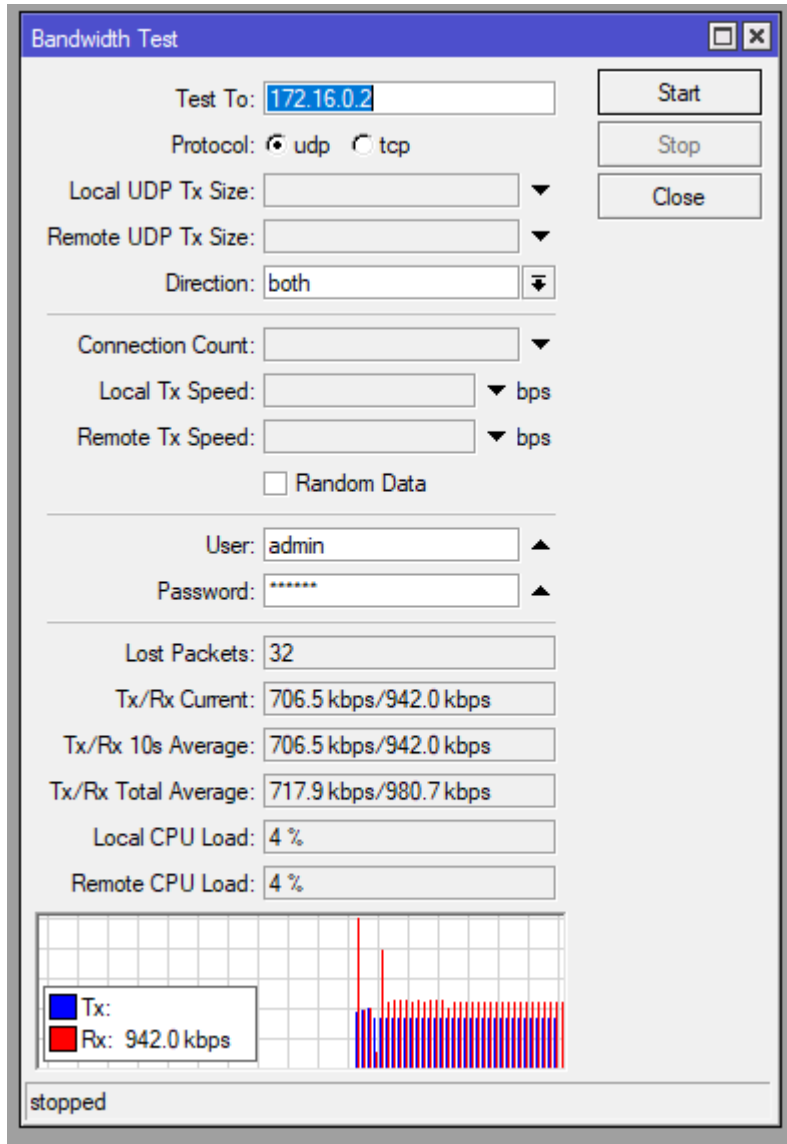
Figura 3 - Registro de LSA do roteador R1 área Backbone

OSPF															
Instances		Interface Templates		Interfaces		Areas		Area Ranges		Static Neighbors		Neighbors		LSA	
	Instance	Area	Type	Originator	ID	Link	Link In...	Sequence	Age						
D	Instancia-1	Area-BackBone	router	0.0.0.3	0.0.0.3		0	80000004	569						
DS	Instancia-1	Area-BackBone	network	0.0.0.1	172.16.0.1		0	80000002	557						
D	Instancia-1	Area-BackBone	router	0.0.0.2	0.0.0.2		0	80000005	564						
DS	Instancia-1	Area-BackBone	router	0.0.0.1	0.0.0.1		0	80000004	562						

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na imagem acima podemos verificar as LSAs recebidas pelos outros roteadores, podemos notar as LSAs do tipo Router, que divulgam as rotas alcançáveis nos outros roteadores, e do LSA do tipo Network que é originada no roteador DR (designated router).

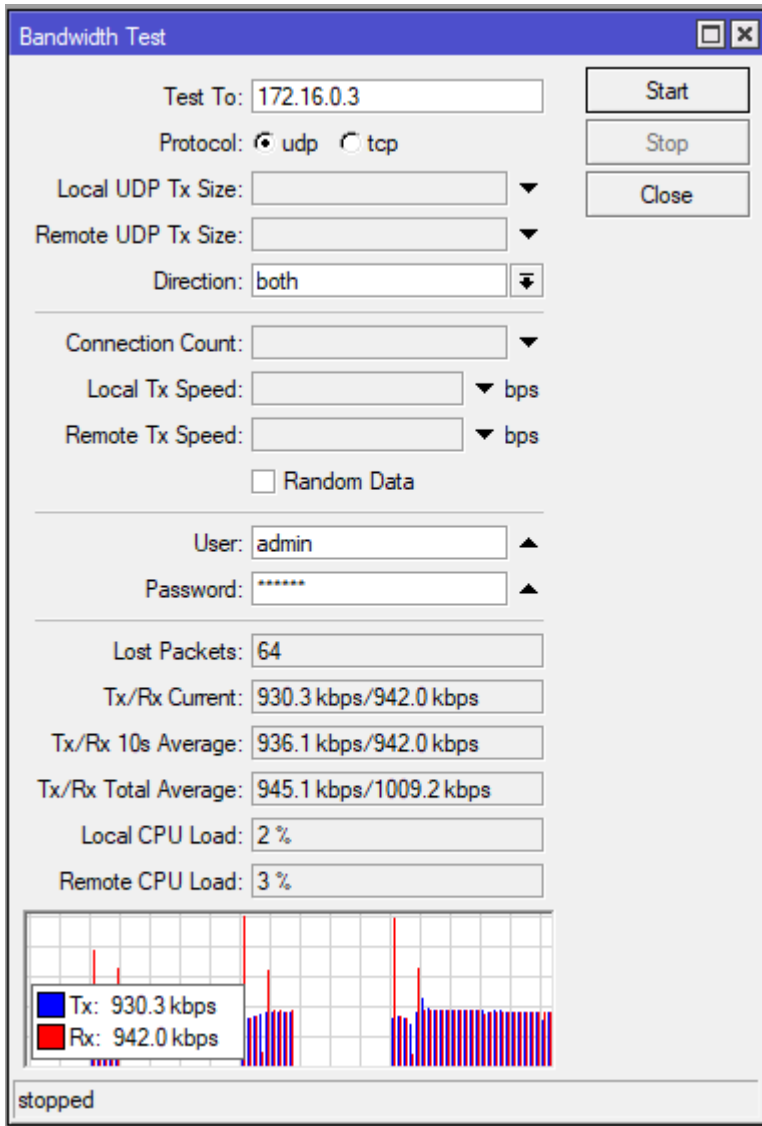
Figura 4 - Análise de tráfego R1 para R2



Fonte: Simulador Eve-Ng.

O teste acima foi realizado usando a ferramenta Torch do RouterOS, usando os seguintes parâmetros: o ip do roteador de destino, o tipo de protocolo a ser usado para a troca de pacotes, a autenticação para realizar o teste. Podemos verificar que o uso do protocolo ospf não apresenta grande interferência no uso de banda entre os roteadores. Devido ao uso da licença gratuita do RouterOS há uma limitação de banda de 1 mbps (Megabit por segundo).

Figura 5 - Análise de tráfego R1 para R3



Fonte: Simulador Eve-Ng.

O teste acima foi realizado usando a ferramenta Torch do RouterOS, usando os seguintes parâmetros: o ip do roteador de destino, o tipo de protocolo a ser usado para a troca de pacotes, a autenticação para realizar o teste. Podemos verificar que o uso do protocolo ospf não apresenta grande interferência no uso de banda entre os roteadores. Devido ao uso da licença gratuita do RouterOS há uma limitação de banda de 1 mbps (Megabit por segundo).

Roteador R2. Ether1 - 172.16.0.2/24; Rede Local - 10.0.2.0/24; OSPF Area BackBone - 0.0.0.0; OSPF ID - 0.0.0.2; Prioridade – 128.

Figura 6 - Tabela de roteamento do roteador R1 área Backbone

```
[admin@R-2] > ip route/ print
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, o - OSPF
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, DISTANCE
  DST-ADDRESS    GATEWAY          DISTANCE
DAo 10.0.1.0/24  172.16.0.1%etherl  110
DAc 10.0.2.0/24  Bridge-Lan-R-2   0
DAo 10.0.3.0/24  172.16.0.3%etherl 110
DAc 172.16.0.0/24 etherl            0
```

Fonte: Simulador Eve-Ng.

A tabela de roteamento do roteador 2 apresenta as entradas das rotas para encaminhamento dos pacotes de rede. No caso da tabela acima são apresentadas as entradas, podemos identificar as entradas feitas pelo protocolo OSPF que estão identificados com “DAo” que significa, dinâmico, ativo e ospf.

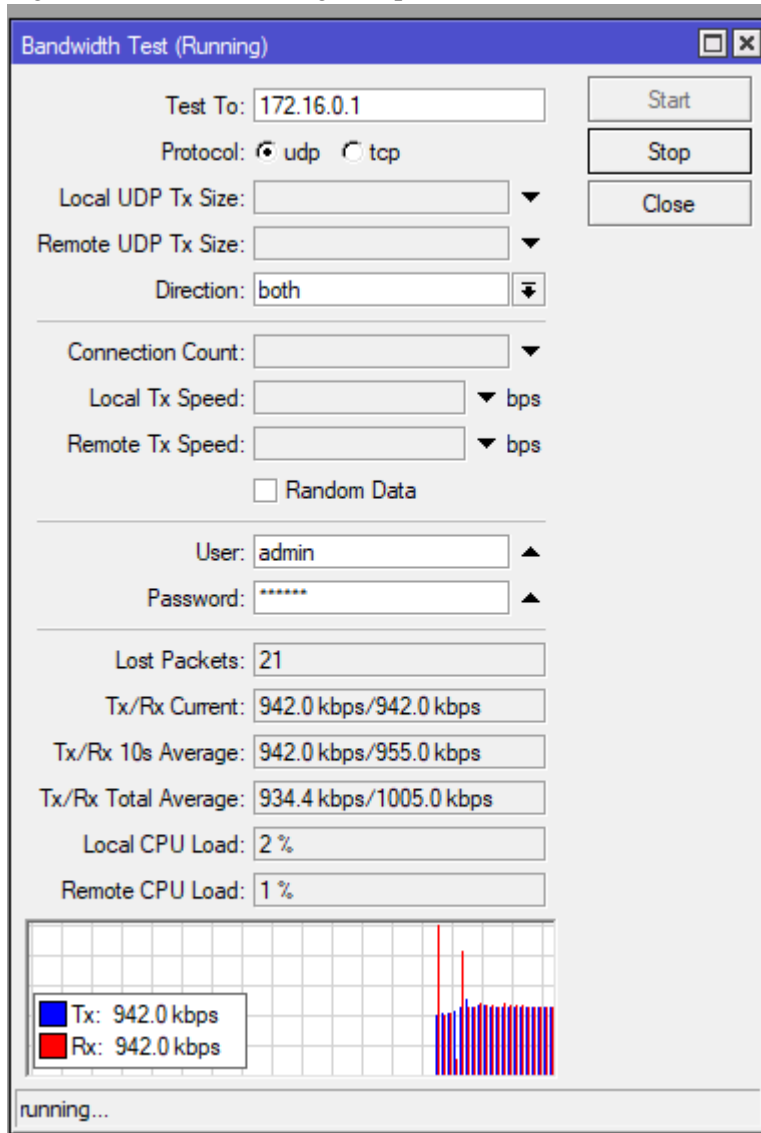
Figura 7 - Registro de LSA do roteador R2 área Backbone

OSPF										
Instances										
Interface Templates										
Interfaces										
Areas										
Area Ranges										
Static Neighbors										
Neighbors										
LSA										
<input type="text"/>										
	Instance	Area	Type	Originator	ID	Link	Link In...	Sequence	Age	
D	Instancia-1	Area-BackBone	router	0.0.0.3	0.0.0.3		0	80000004	688	
D	Instancia-1	Area-BackBone	network	0.0.0.1	172.16.0.1		0	80000002	683	
D	Instancia-1	Area-BackBone	router	0.0.0.1	0.0.0.1		0	80000004	689	
DS	Instancia-1	Area-BackBone	router	0.0.0.2	0.0.0.2		0	80000005	677	

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na imagem acima podemos verificar as LSAs recebidas pelos outros roteadores, R1 e R3, podemos notar as LSAs do tipo Router, que divulgam as rotas alcançáveis nos outros roteadores, e do LSA do tipo Network que é originada no roteador DR (designated router).

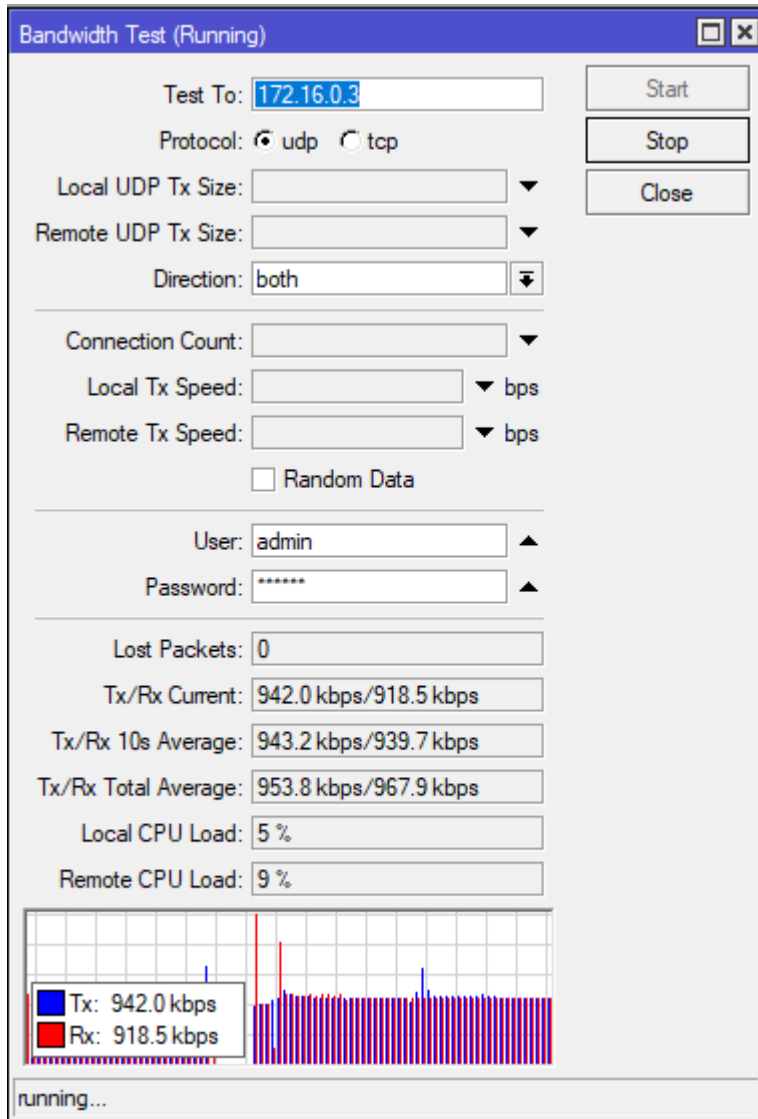
Figura 8 - Análise de tráfego R2 para R1



Fonte: Simulador Eve-Ng.

O teste acima foi realizado usando a ferramenta Torch do RouterOS, no roteador 2, usando os seguintes parâmetros: o ip do roteador de destino, o tipo de protocolo a ser usado para a troca de pacotes e a autenticação para realizar o teste. Podemos verificar que o uso do protocolo ospf não apresenta grande interferência no uso de banda entre os roteadores. Devido ao uso da licença gratuita do RouterOS há uma limitação de banda de 1 mbps (Megabit por segundo).

Figura 9 - Análise de tráfego R2 para R3



Fonte: Simulador Eve-Ng.

O teste acima foi realizado usando a ferramenta Torch do RouterOS, no roteador 2, usando os seguintes parâmetros: o ip do roteador de destino, o tipo de protocolo a ser usado para a troca de pacotes e a autenticação para realizar o teste. Podemos verificar que o uso do protocolo ospf não apresenta grande interferência no uso de banda entre os roteadores. Devido ao uso da licença gratuita do RouterOS há uma limitação de banda de 1 mbps (Megabit por segundo).

Roteador R3. Ether2 - 172.16.0.3/24; Rede Local - 10.0.3.0/24; OSPF Area BackBone - 0.0.0.0; OSPF ID - 0.0.0.3; Prioridade – 128; Roteador BDR

Figura 10 - Tabela de roteamento do roteador R3 área Backbone

```
[admin@R-3] > ip route/ print
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, o - OSPF
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, DISTANCE
  DST-ADDRESS    GATEWAY          DISTANCE
DAo 10.0.1.0/24  172.16.0.1%etherl  110
DAo 10.0.2.0/24  172.16.0.2%etherl  110
DAc 10.0.3.0/24  Bridge-Lan-R3    0
DAc 172.16.0.0/24 etherl            0
```

Fonte: Simulador Eve-Ng.

A tabela de roteamento do roteador 3 apresenta as entradas das rotas para encaminhamento dos pacotes de rede. No caso da tabela acima são apresentadas as entradas, podemos identificar as entradas feitas pelo protocolo OSPF que estão identificados com “DAo” que significa, dinâmico, ativo e ospf.

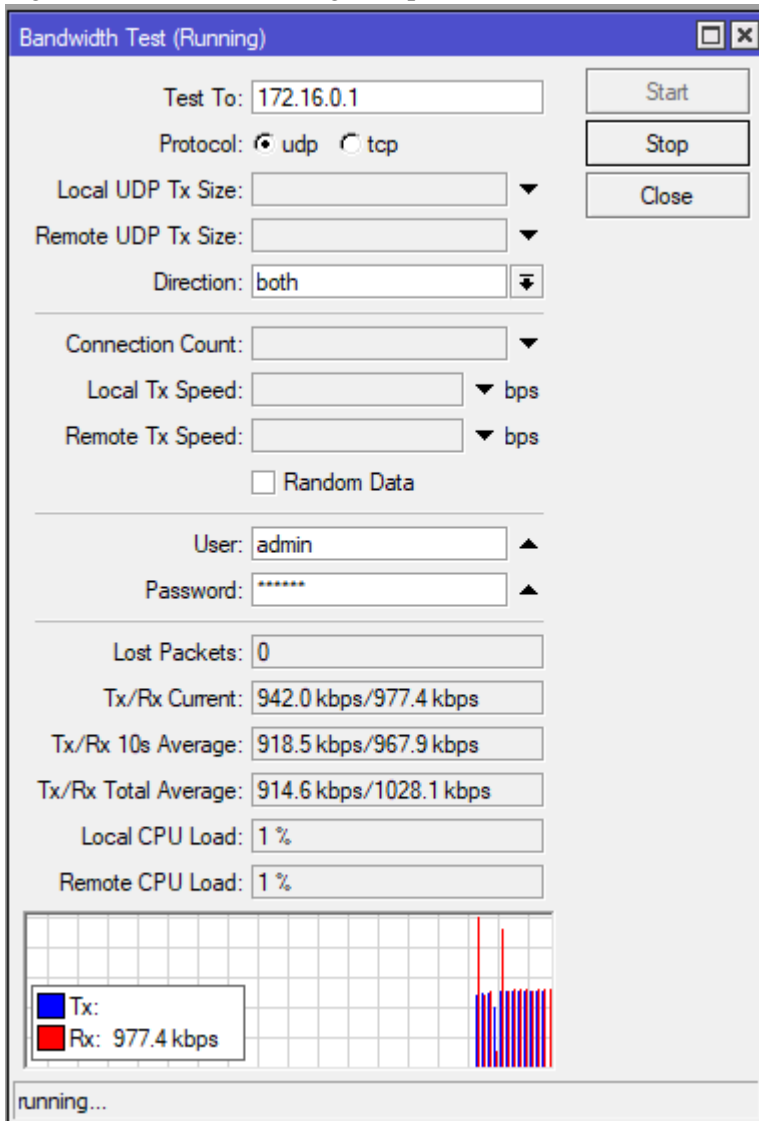
Figura 11 - Registro de LSA do roteador R3 área Backbone

OSPF										
	Instances	Interface Templates	Interfaces	Areas	Area Ranges	Static Neighbors	Neighbors	LSA		
	Instance	Area	Type	Originator	ID	Link	Link In...	Sequence	Age	
D	Instancia-1	Area-BackBone	network	0.0.0.1	172.16.0.1			0	80000002	741
D	Instancia-1	Area-BackBone	router	0.0.0.2	0.0.0.2			0	80000005	742
D	Instancia-1	Area-BackBone	router	0.0.0.1	0.0.0.1			0	80000004	746
DS	Instancia-1	Area-BackBone	router	0.0.0.3	0.0.0.3			0	80000004	739

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na imagem acima podemos verificar as LSAs recebidas pelos outros roteadores, R1 e R2, podemos notar as LSAs do tipo Router, que divulgam as rotas alcançáveis nos outros roteadores, e do LSA do tipo Network que é originada no roteador DR (designated router).

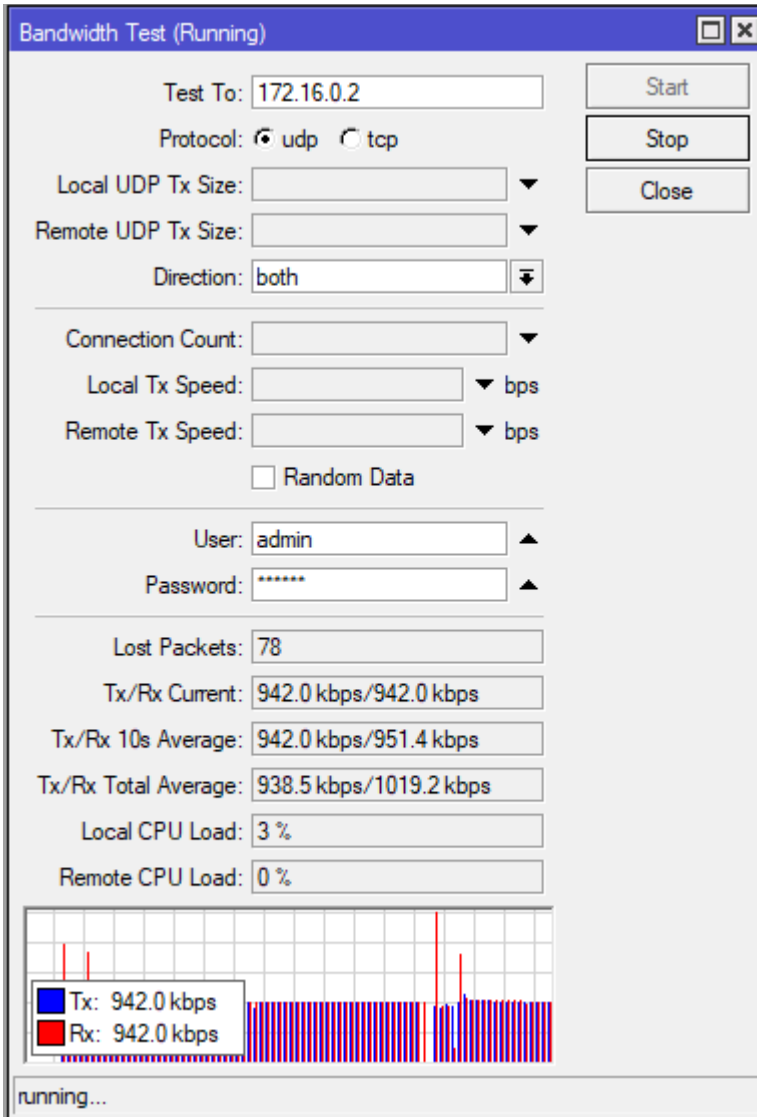
Figura 12 - Análise de tráfego R3 para R1



Fonte: Simulador Eve-Ng.

O teste acima foi realizado usando a ferramenta Torch do RouterOS, no roteador 3, usando os seguintes parâmetros: o ip do roteador de destino, o tipo de protocolo a ser usado para a troca de pacotes e a autenticação para realizar o teste. Podemos verificar que o uso do protocolo ospf não apresenta grande interferência no uso de banda entre os roteadores. Devido ao uso da licença gratuita do RouterOS há uma limitação de banda de 1 mbps (Megabit por segundo).

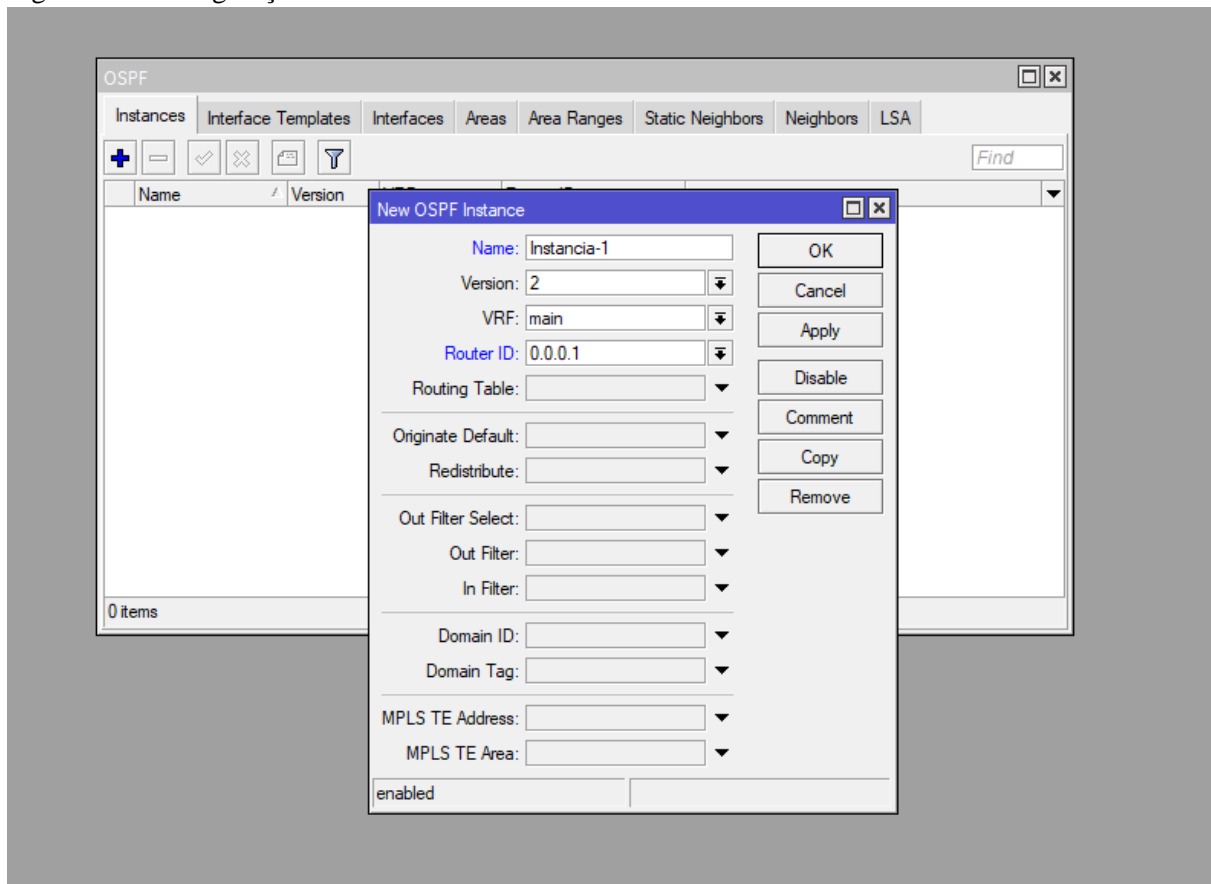
Figura 13 - Análise de tráfego R3 para R2



Fonte: Simulador Eve-Ng.

O teste acima foi realizado usando a ferramenta Torch do RouterOS, no roteador 3, usando os seguintes parâmetros: o ip do roteador de destino, o tipo de protocolo a ser usado para a troca de pacotes e a autenticação para realizar o teste. Podemos verificar que o uso do protocolo ospf não apresenta grande interferência no uso de banda entre os roteadores. Devido ao uso da licença gratuita do RouterOS há uma limitação de banda de 1 mbps (Megabit por segundo).

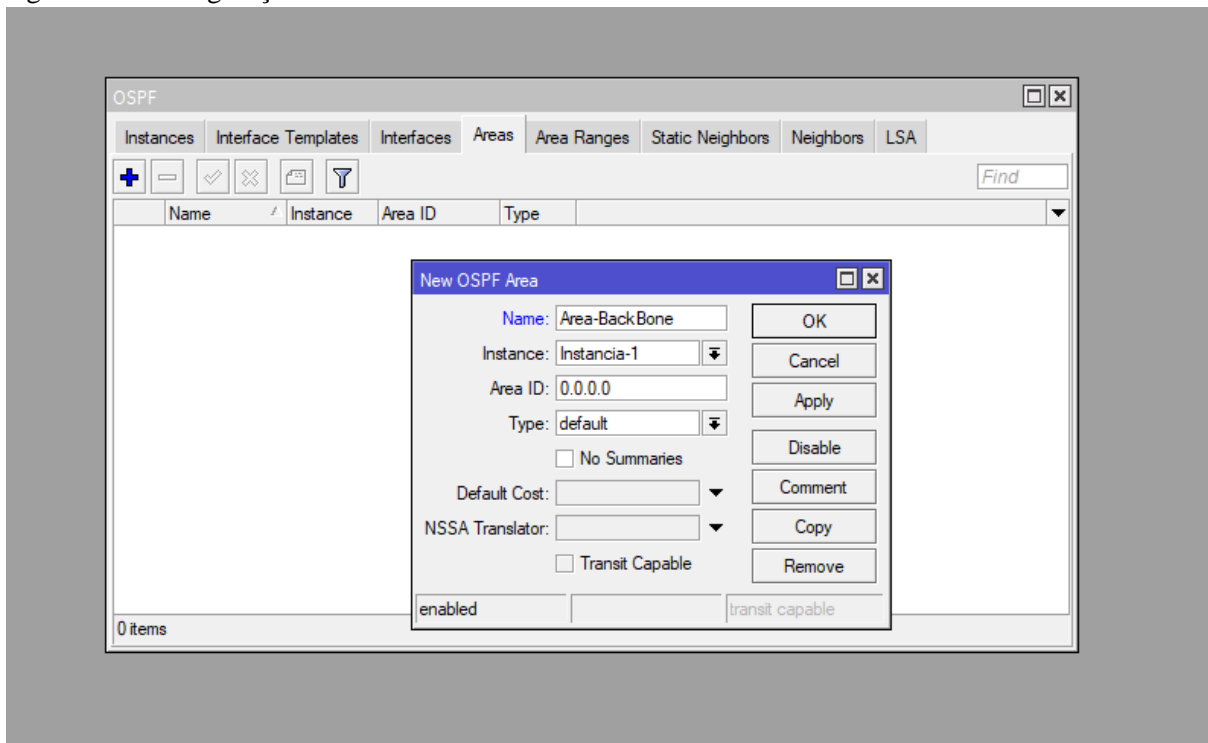
Figura 14 - Configurações OSPF da área Backbone



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Aqui podemos verificar a configuração da instância e ospf id. Os dados configurados aqui foram: a instância do ospf, servido nesse caso para organizar as áreas, o uso da versão OSPFv2 que é aplicada sobre o IPv4, Router ID que funciona como identificador do roteador para as áreas configuradas.

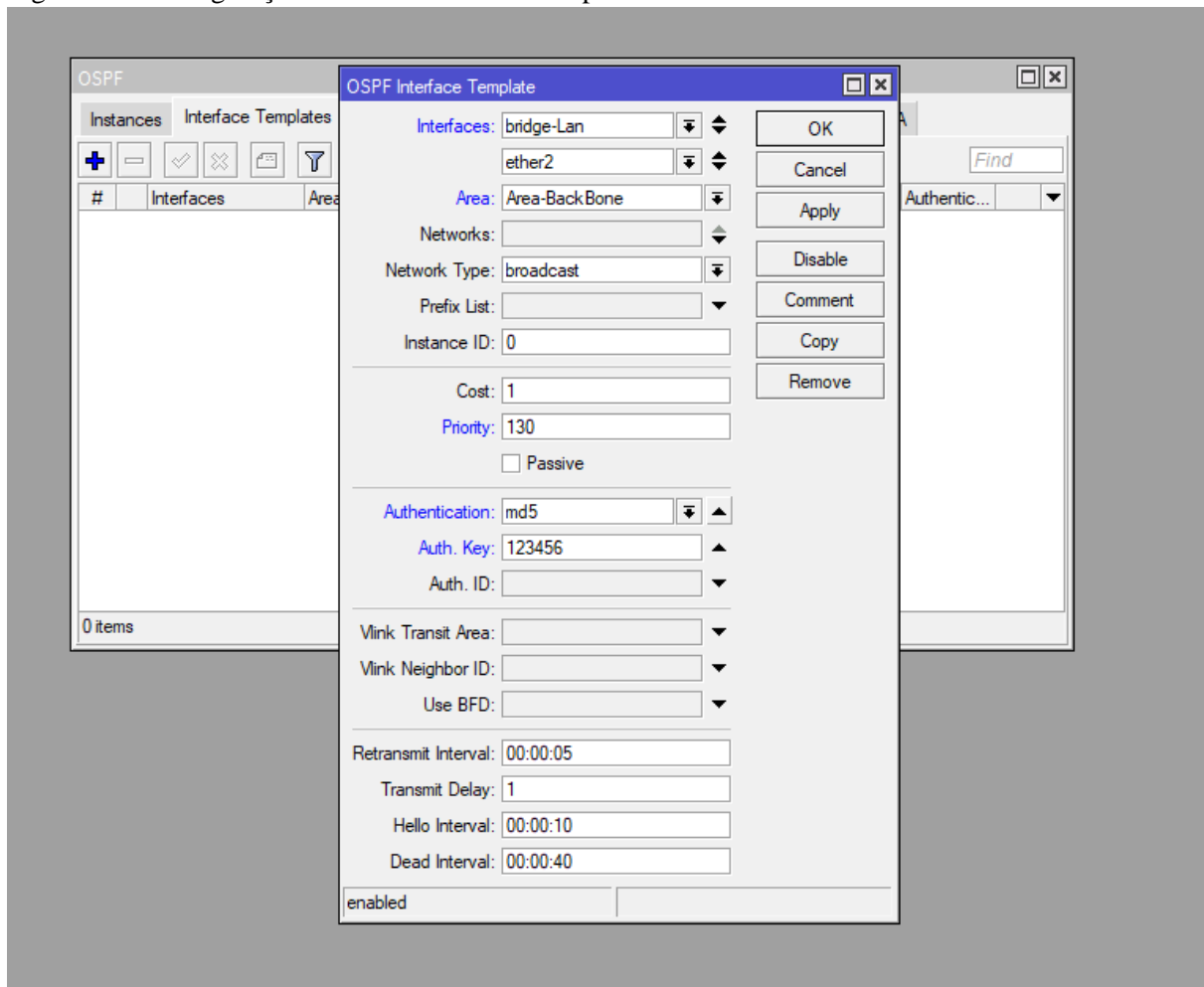
Figura 15 - Configuração da área backbone



Fonte: Simulador Eve-Ng.

As informações configuradas aqui são: Nome da área, configuração de qual instância a área faz parte, a Área ID que identifica a área comum dos roteadores e type que define qual o tipo de área que no caso é default.

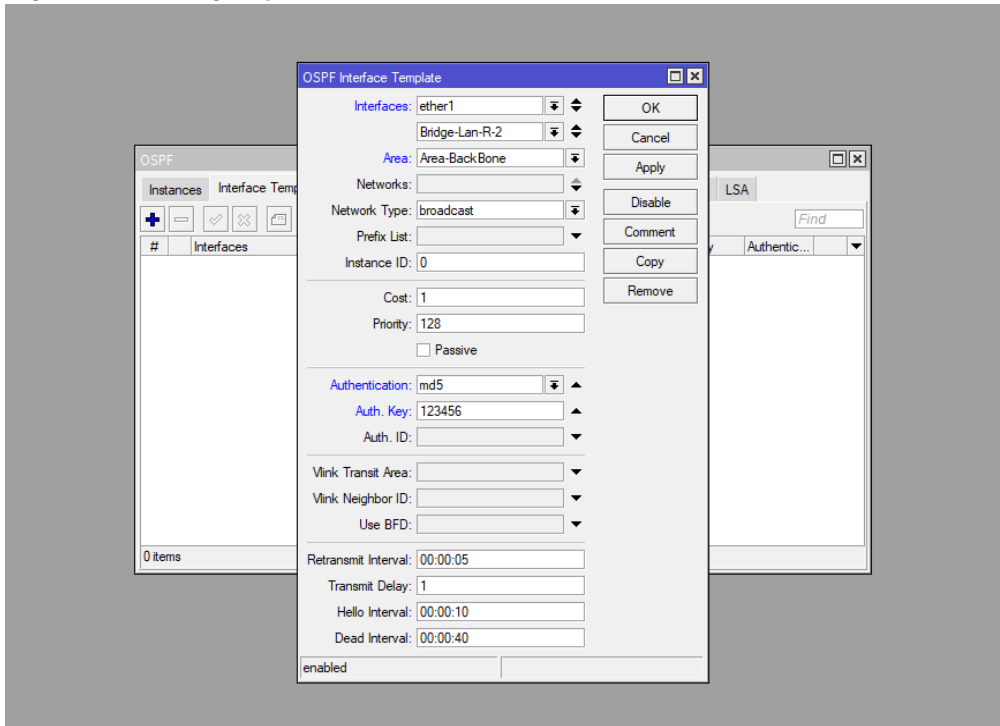
Figura 16 - Configuração de interfaces da área ospf R1



Fonte: Simulador Eve-Ng.

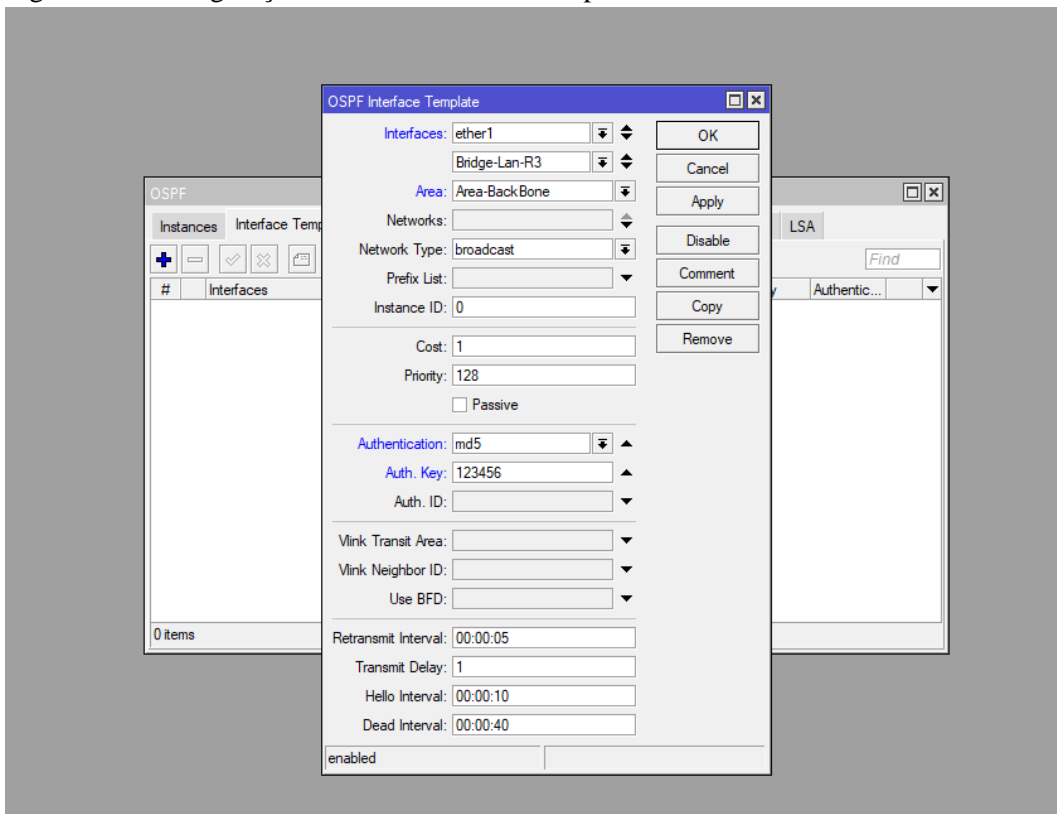
Na figura acima configuramos quais interfaces do roteador que fazem parte da área ospf, qual a área que essas interfaces fazem parte, a Network type que define o tipo de rede, a priority que no caso de uma rede Broadcast irá impactar no processo de escolha do roteador DR e BDR, a authentication que irá definir o tipo de autenticação e senha a serem usados para segurança dos roteadores que fazem parte da área ospf.

Figura 17 - Configuração de interface do roteador R2



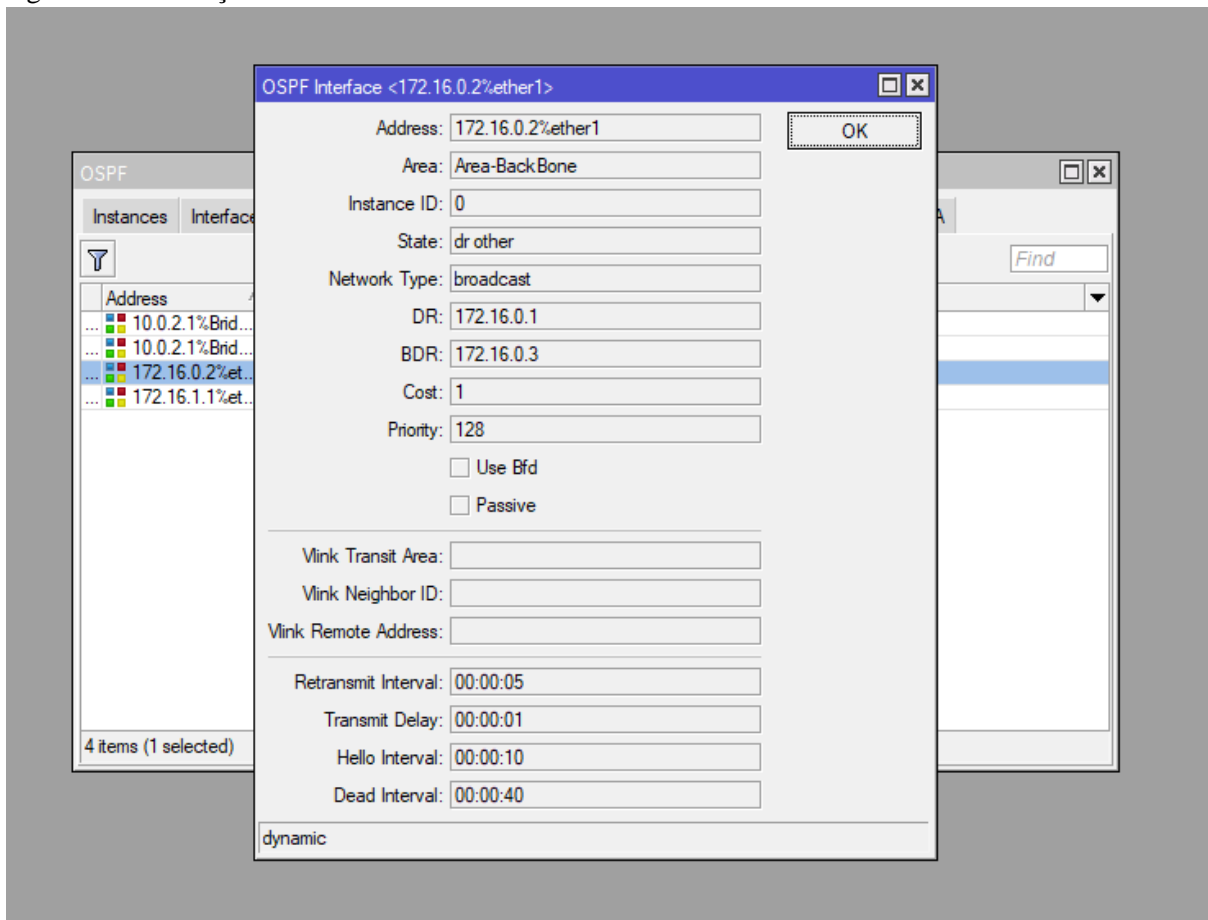
Fonte: Simulador Eve-Ng.

Figura 18 - Configuração de interfaces da área ospf no roteador roteador R3



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Figura 19 - Definição de DR e BDR



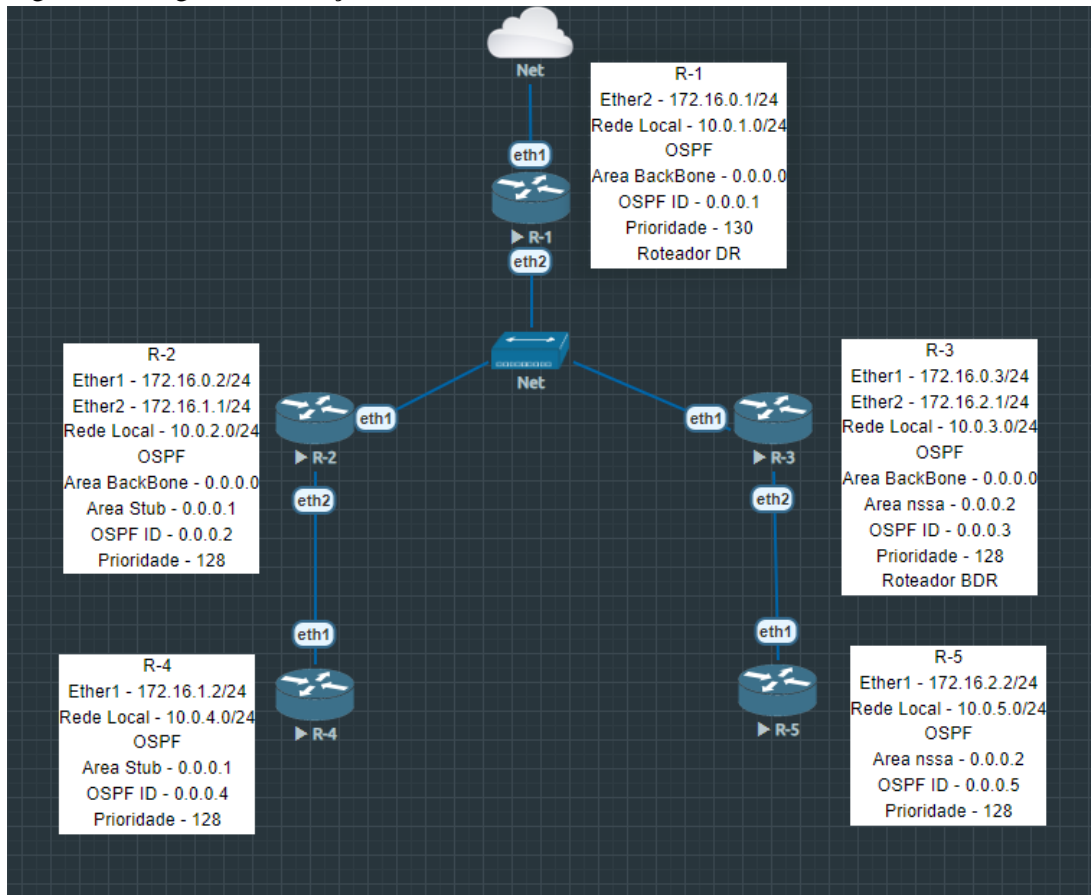
Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na figura acima podemos observar as informações sobre a definição de DR e BDR, como mostrado na configuração do roteador R1 na prioridade maior, dessa forma transformando-o no roteador DR, e como os roteadores R2 e R3 têm prioridade igual e portanto o desempate fica com o router id maior que no caso fica sendo o roteador R3.

2.8.2 Segunda Simulação

Nessa segunda simulação foram adicionados 2 novos roteadores com configuração de área stub e nssa. Nessa simulação os roteadores R2 e R4 formam a área stub, enquanto que os roteadores R3 e R5 formam a área nssa.

Figura 20 - Segunda simulação.



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Roteador R-2. Ether2 - 172.16.1.1/24; Rede Local - 10.0.2.0/24; OSPF Area Stub - 0.0.0.1; OSPF ID - 0.0.0.2; Prioridade – 128.

Figura 21 - Tabela de roteamento do roteador 2 área Stub

```
[admin@R-2] > ip route/ print
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, o - OSPF
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, DISTANCE
  DST-ADDRESS    GATEWAY          DISTANCE
D Ao 10.0.1.0/24  172.16.0.1%etherl  110
D Ac 10.0.2.0/24  Bridge-Lan-R-2    0
D Ao 10.0.3.0/24  172.16.0.3%etherl  110
D Ao 10.0.4.0/24  172.16.1.2%ether2  110
D Ao 10.0.5.0/24  172.16.0.3%etherl  110
D Ac 172.16.0.0/24 etherl            0
D Ac 172.16.1.0/24 ether2           0
D Ao 172.16.2.0/24 172.16.0.3%etherl  110
```

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na imagem acima podemos verificar as novas entradas de rotas para as novas áreas para o roteador R2, podemos observar as redes dos roteadores R4 e R5, as entradas das redes 10.0.4.0/24 e 10.0.5.0/24 pertencem aos roteadores R4 e R5 respectivamente.

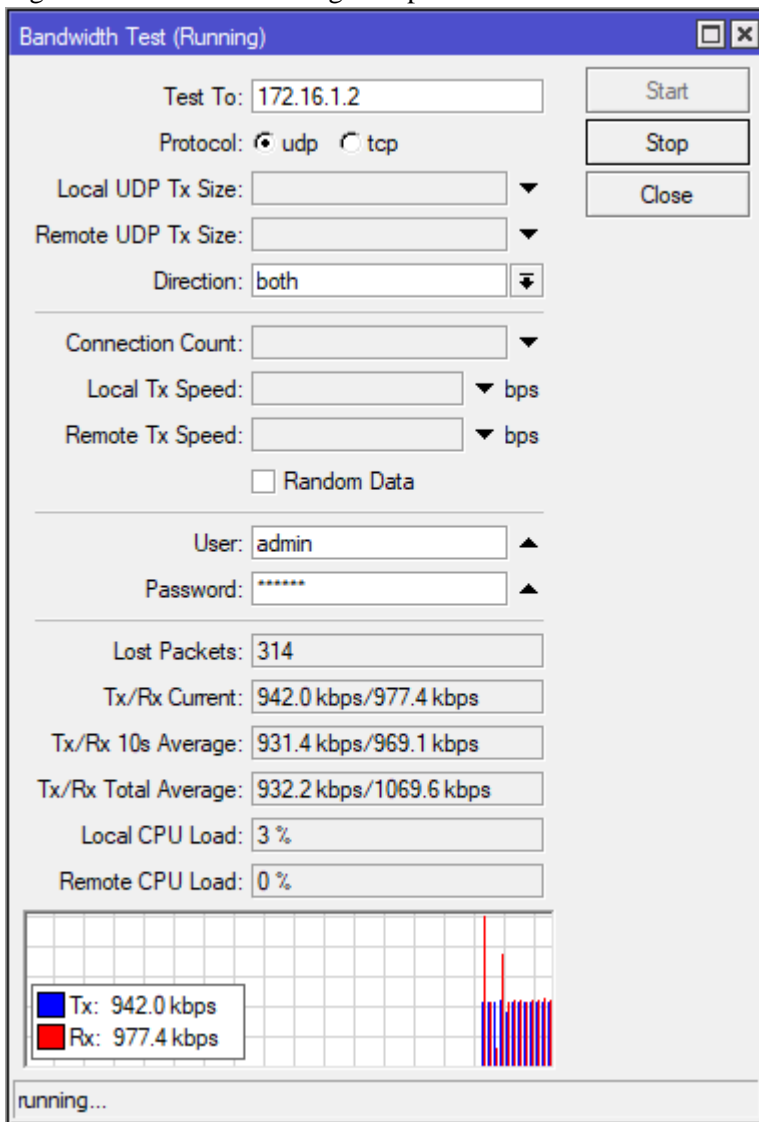
Figura 22 - Registro de LSA do roteador R2 área Stub

OSPF										
Instances Interface Templates Interfaces Areas Area Ranges Static Neighbors Neighbors LSA										
T										
	Instance	Area	Type	Originator	ID	Link	Link In...	Sequence	Age	
DS	Instanc...	ospf-area...	inter-area-prefix	0.0.0.2	172.16.2.0		0	80000001	290	
DS	Instanc...	ospf-area...	inter-area-prefix	0.0.0.2	10.0.5.0		0	80000001	290	
DS	Instanc...	ospf-area...	inter-area-prefix	0.0.0.2	10.0.3.0		0	80000001	290	
DS	Instanc...	ospf-area...	inter-area-prefix	0.0.0.2	10.0.1.0		0	80000001	290	
D	Instanc...	Area-Back...	network	0.0.0.1	172.16.0.1		0	80000002	299	
D	Instanc...	Area-Back...	router	0.0.0.1	0.0.0.1		0	80000005	299	
D	Instanc...	Area-Back...	inter-area-prefix	0.0.0.3	172.16.2.0		0	80000001	340	
D	Instanc...	Area-Back...	inter-area-prefix	0.0.0.3	10.0.5.0		0	80000001	327	
D	Instanc...	Area-Back...	inter-area-prefix	0.0.0.3	10.0.3.0		0	80000001	340	
D	Instanc...	Area-Back...	router	0.0.0.3	0.0.0.3		0	80000005	300	
DS	Instanc...	Area-Back...	inter-area-prefix	0.0.0.2	10.0.4.0		0	80000001	326	
D	Instanc...	ospf-area...	router	0.0.0.4	0.0.0.4		0	80000003	339	
DS	Instanc...	Area-Back...	inter-area-prefix	0.0.0.2	172.16.1.0		0	80000001	339	
DS	Instanc...	ospf-area...	inter-area-prefix	0.0.0.2	172.16.0.0		0	80000001	339	
DS	Instanc...	Area-Back...	inter-area-prefix	0.0.0.2	10.0.2.0		0	80000001	339	
DS	Instanc...	ospf-area...	router	0.0.0.2	0.0.0.2		0	80000003	332	
DS	Instanc...	Area-Back...	router	0.0.0.2	0.0.0.2		0	80000005	292	

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na figura acima podemos observar as LSAs trocadas entre os roteadores das novas áreas.

Figura 23 - Análise de tráfego R2 para R4.



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Podemos observar no fluxo de teste de banda que mesmo na área stub a troca de pacotes não compromete a banda.

Roteador R-4. Ether1 - 172.16.1.2/24; Rede Local - 10.0.4.0/24; OSPF Area Stub - 0.0.0.1; OSPF ID - 0.0.0.4; Prioridade – 128.

Figura 24 - Tabela de roteamento do roteador R4 área Stub

```
[admin@R-4] > ip route/ print
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, o - OSPF
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, DISTANCE
  DST-ADDRESS    GATEWAY          DISTANCE
DÀo 10.0.1.0/24   172.16.1.1%ether1  110
DÀo 10.0.2.0/24   172.16.1.1%ether1  110
DÀo 10.0.3.0/24   172.16.1.1%ether1  110
DÀc 10.0.4.0/24   bridgel          0
DÀo 10.0.5.0/24   172.16.1.1%ether1  110
DÀo 172.16.0.0/24 172.16.1.1%ether1  110
DÀc 172.16.1.0/24 ether1            0
DÀo 172.16.2.0/24 172.16.1.1%ether1  110
```

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na figura acima podemos verificar as novas entradas de rotas para as novas áreas no roteador R4, podemos observar a rede dos roteadores agora acessíveis, as entradas das redes 10.0.1.0/24, 10.0.2.0/24, 10.0.3.0/24 e 10.0.5.0/24 pertencem aos roteadores R1, R2, R3 e R5 respectivamente.

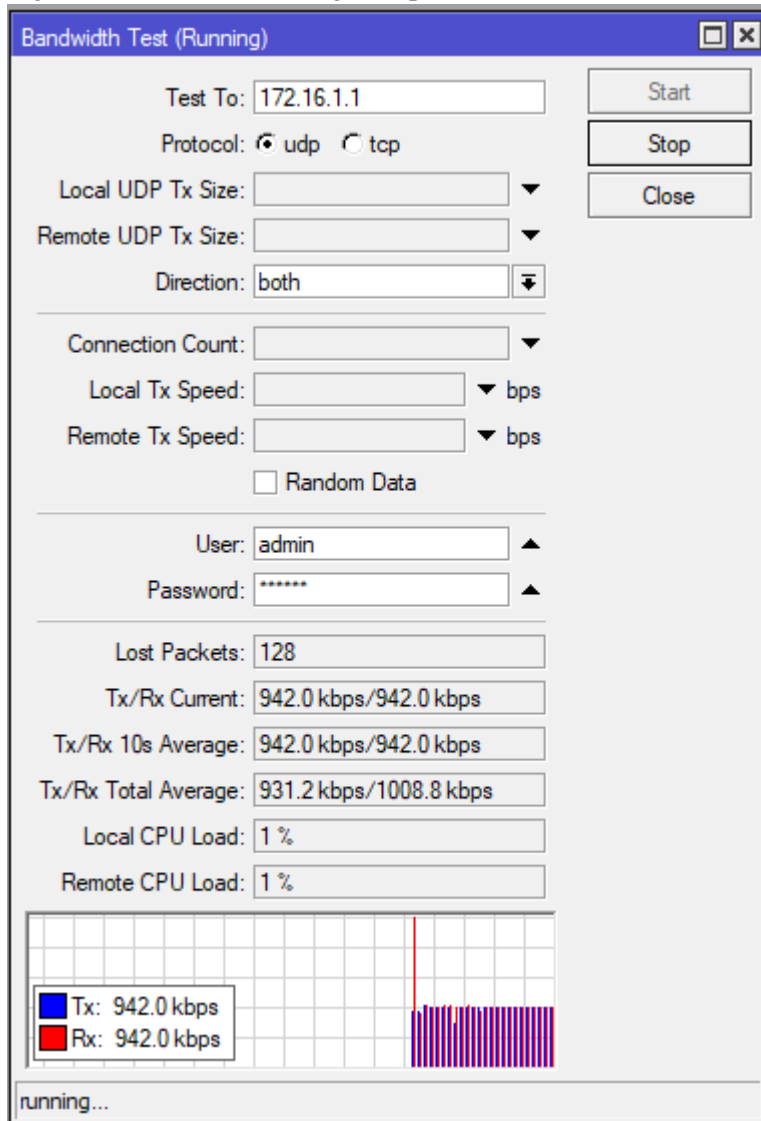
Figura 25 - Registro de LSA do roteador R4 área Stub

OSPF																																																																																																		
Instances	Interface Templates	Interfaces	Areas	Area Ranges	Static Neighbors	Neighbors	LSA																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Instance</th> <th>Area</th> <th>Type</th> <th>Originator</th> <th>ID</th> <th>Link</th> <th>Link In...</th> <th>Sequence</th> <th>Age</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D</td> <td>ospf-in...</td> <td>ospf-area...</td> <td>inter-area...</td> <td>0.0.0.2</td> <td>172.16.2.0</td> <td></td> <td>0</td> <td>80000001</td> <td>571</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>ospf-in...</td> <td>ospf-area...</td> <td>inter-area...</td> <td>0.0.0.2</td> <td>10.0.5.0</td> <td></td> <td>0</td> <td>80000001</td> <td>571</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>ospf-in...</td> <td>ospf-area...</td> <td>inter-area...</td> <td>0.0.0.2</td> <td>10.0.3.0</td> <td></td> <td>0</td> <td>80000001</td> <td>571</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>ospf-in...</td> <td>ospf-area...</td> <td>inter-area...</td> <td>0.0.0.2</td> <td>10.0.1.0</td> <td></td> <td>0</td> <td>80000001</td> <td>571</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>ospf-in...</td> <td>ospf-area...</td> <td>inter-area...</td> <td>0.0.0.2</td> <td>172.16.0.0</td> <td></td> <td>0</td> <td>80000001</td> <td>615</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>ospf-in...</td> <td>ospf-area...</td> <td>router</td> <td>0.0.0.2</td> <td>0.0.0.2</td> <td></td> <td>0</td> <td>80000003</td> <td>614</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DS</td> <td>ospf-in...</td> <td>ospf-area...</td> <td>router</td> <td>0.0.0.4</td> <td>0.0.0.4</td> <td></td> <td>0</td> <td>80000003</td> <td>607</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>											Instance	Area	Type	Originator	ID	Link	Link In...	Sequence	Age			D	ospf-in...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.2	172.16.2.0		0	80000001	571		D	ospf-in...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.2	10.0.5.0		0	80000001	571		D	ospf-in...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.2	10.0.3.0		0	80000001	571		D	ospf-in...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.2	10.0.1.0		0	80000001	571		D	ospf-in...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.2	172.16.0.0		0	80000001	615		D	ospf-in...	ospf-area...	router	0.0.0.2	0.0.0.2		0	80000003	614		DS	ospf-in...	ospf-area...	router	0.0.0.4	0.0.0.4		0	80000003	607	
Instance	Area	Type	Originator	ID	Link	Link In...	Sequence	Age																																																																																										
D	ospf-in...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.2	172.16.2.0		0	80000001	571																																																																																									
D	ospf-in...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.2	10.0.5.0		0	80000001	571																																																																																									
D	ospf-in...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.2	10.0.3.0		0	80000001	571																																																																																									
D	ospf-in...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.2	10.0.1.0		0	80000001	571																																																																																									
D	ospf-in...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.2	172.16.0.0		0	80000001	615																																																																																									
D	ospf-in...	ospf-area...	router	0.0.0.2	0.0.0.2		0	80000003	614																																																																																									
DS	ospf-in...	ospf-area...	router	0.0.0.4	0.0.0.4		0	80000003	607																																																																																									

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na figura acima podemos observar as entradas de LSAs para áreas disponíveis na simulação, pode-se observar o compartilhamento de rotas que são da área backbone (ospf id 0.0.0.0).

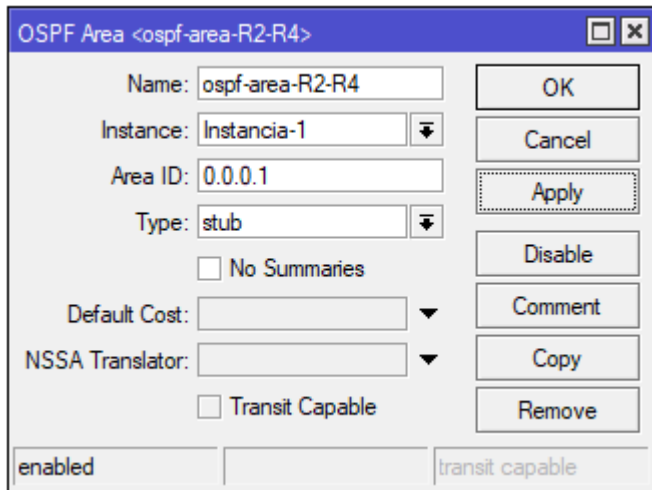
Figura 26 - Análise de tráfego R4 para R2.



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Podemos observar no fluxo de teste de banda que mesmo na área stub a troca de pacotes não compromete a banda.

Figura 27 - Configuração de área no roteador 2 para área stub.



OSPF Area <ospf-area-R2-R4>

Name: ospf-area-R2-R4

Instance: Instancia-1

Area ID: 0.0.0.1

Type: stub

No Summaries

Default Cost: [dropdown]

NSSA Translator: [dropdown]

Transit Capable

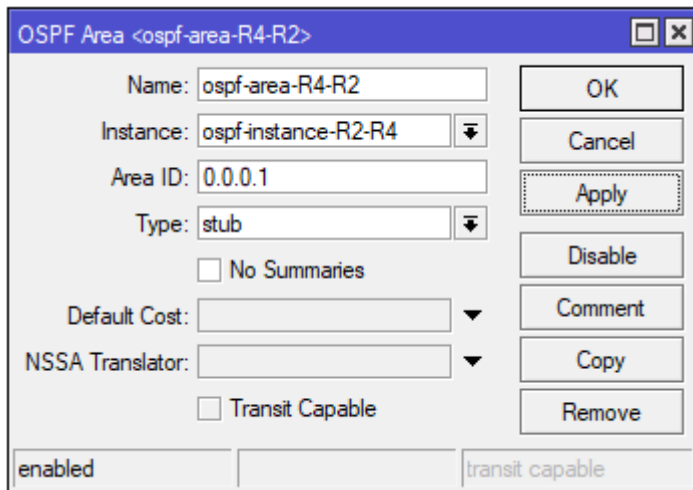
enabled transit capable

Buttons: OK, Cancel, Apply, Disable, Comment, Copy, Remove

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na figura acima podemos observar a configuração da nova área a ser usada como stub entre o roteador R2 e R4. A figura acima apresenta a configuração do roteador R2.

Figura 28 - Configuração de área no roteador 4 para área stub.



OSPF Area <ospf-area-R4-R2>

Name: ospf-area-R4-R2

Instance: ospf-instance-R2-R4

Area ID: 0.0.0.1

Type: stub

No Summaries

Default Cost: [dropdown]

NSSA Translator: [dropdown]

Transit Capable

enabled transit capable

Buttons: OK, Cancel, Apply, Disable, Comment, Copy, Remove

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na figura acima podemos observar a configuração da nova área a ser usada como stub entre o roteador R4 e R2. A figura acima apresenta a configuração do roteador R4.

Roteador R-3. Ether2 - 172.16.2.1/24; Rede Local - 10.0.3.0/24; OSPF Area nssa - 0.0.0.2; OSPF ID - 0.0.0.3; Prioridade – 128; Roteador BDR.

Figura 29 - Tabela de roteamento do roteador R3 área nssa

```
[admin@R-3] > ip route/ print
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, o - OSPF
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, DISTANCE
  DST-ADDRESS    GATEWAY          DISTANCE
DÀo 10.0.1.0/24   172.16.0.1%ether1  110
DÀo 10.0.2.0/24   172.16.0.2%ether1  110
DÀc 10.0.3.0/24   Bridge-Lan-R3     0
DÀo 10.0.4.0/24   172.16.0.2%ether1  110
DÀo 10.0.5.0/24   172.16.2.2%ether2  110
DÀc 172.16.0.0/24 ether1             0
DÀo 172.16.1.0/24 172.16.0.2%ether1  110
DÀc 172.16.2.0/24 ether2             0
```

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na figura acima podemos verificar as novas entradas de rotas para as novas áreas no roteador R3, podemos observar a rede dos roteadores agora acessíveis, as entradas das redes 10.0.4.0/24 e 10.0.5.0/24 pertencem aos roteadores R4 e R5 respectivamente.

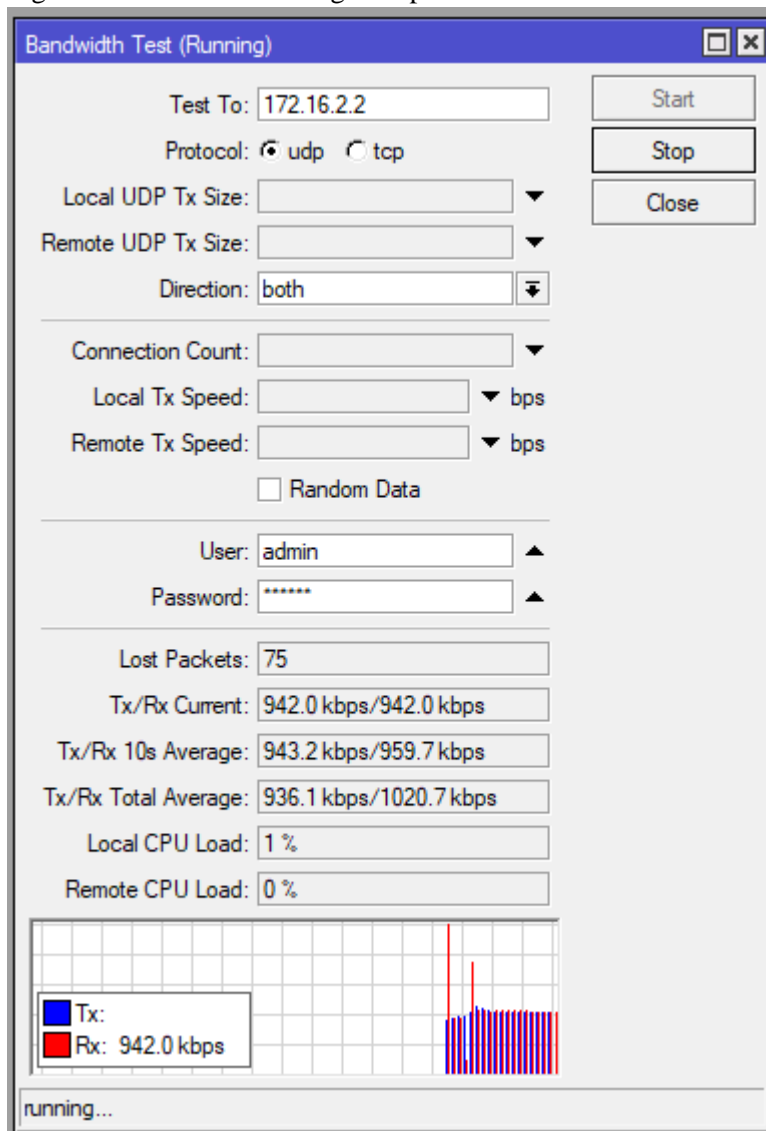
Figura 30 - Registro de LSA do roteador R3 área nssa

OSPF										
Instances	Interface Templates	Interfaces	Areas	Area Ranges	Static Neighbors	Neighbors	LSA			
Instance	Area	Type	Originator	ID	Link	Link In...	Sequence	Age		
DS	Instanc...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.3	172.16.1.0		0	80000001	817	
DS	Instanc...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.3	10.0.4.0		0	80000001	817	
DS	Instanc...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.3	10.0.2.0		0	80000001	817	
DS	Instanc...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.3	10.0.1.0		0	80000001	820	
D	Instanc...	Area-Back...	network	0.0.0.1	172.16.0.1		0	80000002	827	
D	Instanc...	Area-Back...	router	0.0.0.1	0.0.0.1		0	80000005	827	
D	Instanc...	Area-Back...	inter-area...	0.0.0.2	172.16.1.0		0	80000001	867	
D	Instanc...	Area-Back...	inter-area...	0.0.0.2	10.0.4.0		0	80000001	854	
D	Instanc...	Area-Back...	inter-area...	0.0.0.2	10.0.2.0		0	80000001	867	
D	Instanc...	Area-Back...	router	0.0.0.2	0.0.0.2		0	80000005	827	
DS	Instanc...	Area-Back...	inter-area...	0.0.0.3	10.0.5.0		0	80000001	854	
D	Instanc...	ospf-area...	router	0.0.0.5	0.0.0.5		0	80000003	866	
DS	Instanc...	Area-Back...	inter-area...	0.0.0.3	172.16.2.0		0	80000001	867	
DS	Instanc...	ospf-area...	inter-area...	0.0.0.3	172.16.0.0		0	80000001	867	
DS	Instanc...	Area-Back...	inter-area...	0.0.0.3	10.0.3.0		0	80000001	867	
DS	Instanc...	ospf-area...	router	0.0.0.3	0.0.0.3		0	80000003	860	
DS	Instanc...	Area-Back...	router	0.0.0.3	0.0.0.3		0	80000005	820	

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na figura acima podemos observar as entradas de LSAs para áreas disponíveis na simulação, pode-se observar o compartilhamento de rotas que são da área backbone (ospf id 0.0.0.0).

Figura 31 - Análise de tráfego R3 para R5



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Pode-se observar que a banda de tráfego não é significativamente afetada pelo uso da área ospf tipo nssa, permitindo que a troca de pacotes entre os roteadores ocorra de forma fluida.

Roteador R-5. Ether1 - 172.16.2.2/24; Rede Local - 10.0.5.0/24; OSPF Area nssa - 0.0.0.2; OSPF ID - 0.0.0.5; Prioridade - 128

Figura 32 - Tabela de roteamento do roteador R5 área nssa

```
[admin@R-5] > ip route/ print
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, o - OSPF
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, DISTANCE
   DST-ADDRESS   GATEWAY           DISTANCE
DAo 10.0.1.0/24  172.16.2.1%ether1    110
DAo 10.0.2.0/24  172.16.2.1%ether1    110
DAo 10.0.3.0/24  172.16.2.1%ether1    110
DAo 10.0.4.0/24  172.16.2.1%ether1    110
DAc 10.0.5.0/24  bridgel             0
DAo 172.16.0.0/24 172.16.2.1%ether1    110
DAo 172.16.1.0/24 172.16.2.1%ether1    110
DAc 172.16.2.0/24 ether1               0
```

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na figura acima podemos verificar as novas entradas de rotas para as novas áreas no roteador R5, podemos observar a rede dos roteadores agora acessíveis, as entradas das redes 10.0.1.0/24, 10.0.2.0/24, 10.0.3.0/24 e 10.0.4.0/24 pertencem aos roteadores R1, R2, R3 e R4 respectivamente.

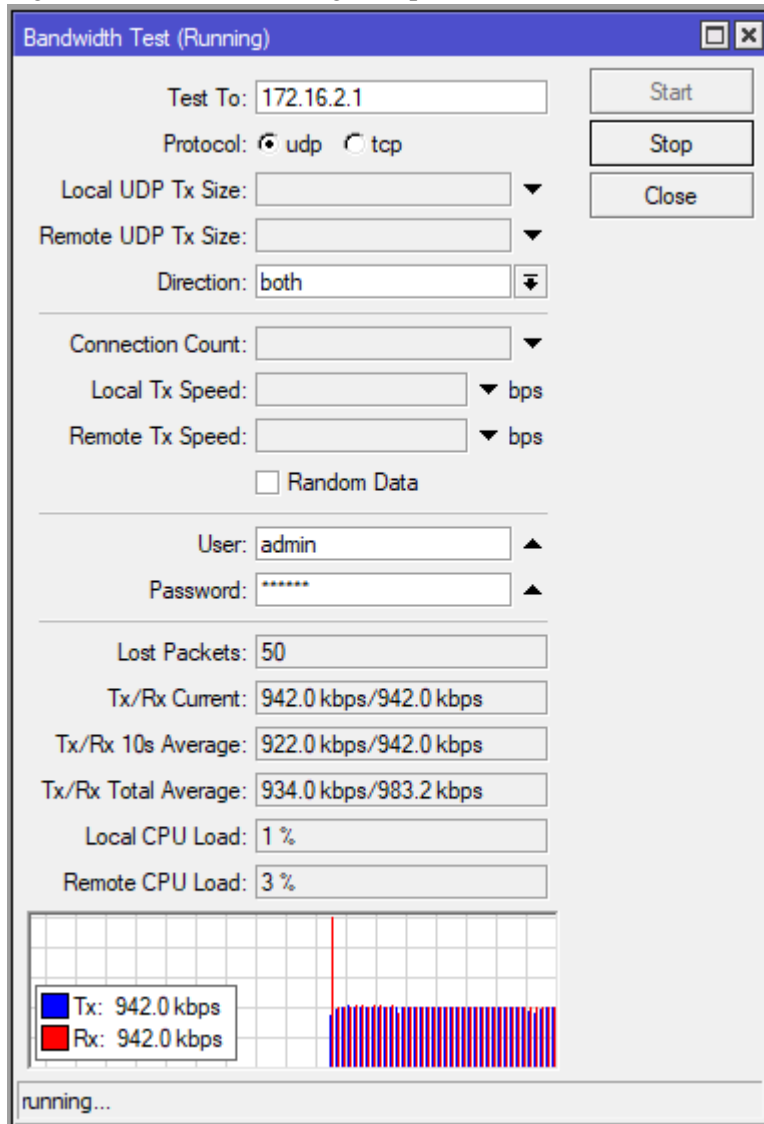
Figura 33 - Registro de LSA do roteador R5 área nssa

OSPF										
Instances Interface Templates Interfaces Areas Area Ranges Static Neighbors Neighbors LSA										
Y										
	Instance	Area	Type	Originator	ID	Link	Link In...	Sequence	Age	
D	ospf-in...	ospf-area-NSSA	inter-area-prefix	0.0.0.3	172.16.1.0		0	80000001	1131	
D	ospf-in...	ospf-area-NSSA	inter-area-prefix	0.0.0.3	10.0.4.0		0	80000001	1131	
D	ospf-in...	ospf-area-NSSA	inter-area-prefix	0.0.0.3	10.0.2.0		0	80000001	1131	
D	ospf-in...	ospf-area-NSSA	inter-area-prefix	0.0.0.3	10.0.1.0		0	80000001	1134	
D	ospf-in...	ospf-area-NSSA	inter-area-prefix	0.0.0.3	172.16.0.0		0	80000001	1175	
D	ospf-in...	ospf-area-NSSA	router	0.0.0.3	0.0.0.3		0	80000003	1174	
DS	ospf-in...	ospf-area-NSSA	router	0.0.0.5	0.0.0.5		0	80000003	1168	

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na figura acima podemos observar as entradas de LSAs para áreas disponíveis na simulação, pode-se observar o compartilhamento de rotas que são da área backbone (ospf id 0.0.0.0).

Figura 34 - Análise de tráfego R5 para R3



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Assim como na conclusão da análise de desempenho de tráfego do roteador R3 pode-se notar que não há grandes tráfegos do uso de área ospf nssa.

Figura 35 - Configuração de área nssa no roteador roteador 3

OSPF Area <ospf-area-NSSA-R3-R5>

Name: ospf-area-NSSA-R3-R5

Instance: Instancia-1

Area ID: 0.0.0.2

Type: nssa

No Summaries

Default Cost:

NSSA Translator: candidate

Transit Capable

enabled transit capable

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na figura acima podemos observar a configuração de área nssa entre o roteador R3 e R5.

Figura 36 - Configuração de área nssa no roteador roteador 5

OSPF Area <ospf-area-NSSA-R5-R3>

Name: ospf-area-NSSA-R5-R3

Instance: ospf-instance-R5-R3

Area ID: 0.0.0.2

Type: nssa

No Summaries

Default Cost:

NSSA Translator: candidate

Transit Capable

enabled transit capable

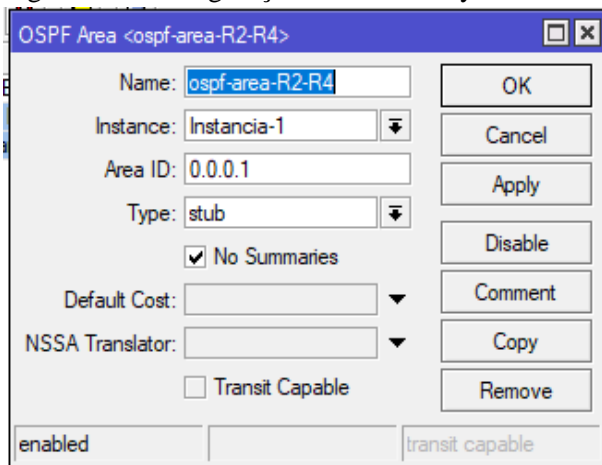
Fonte: Simulador Eve-Ng.

Na figura acima podemos observar a configuração de área nssa entre o roteador R5 e R3.

2.8.3 Terceira Simulação

Essa simulação consiste em transformar as áreas stub e nssa da simulação anterior em totally stub e totally nssa, dessa forma as lsa que divulgam rotas inter áreas, nesse caso as áreas que abrangem os roteadores R-4 e R-5 só conheceram rotas internas, com a diferença que na área totally nssa permite um roteador ASBR.

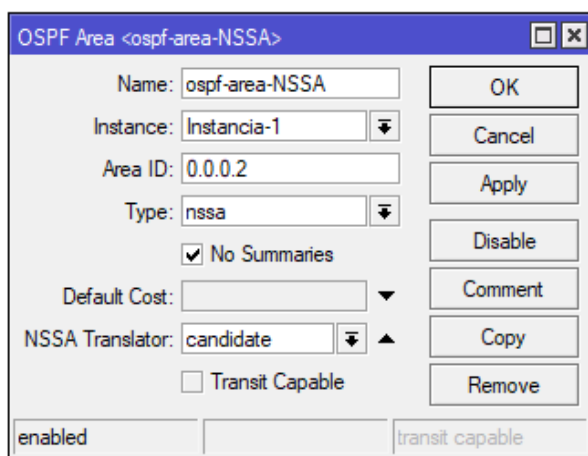
Figura 37 - Configuração de área totally stub no roteador 4 e 2



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Marcando a opção “No Summaries” tornamos a área stub em totally stub.

Figura 38 - Configuração de área totally nssa no roteador 5 e 3



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Marcando a opção “No Summaries” tornamos a área nssa em totally nssa.

Roteador R-4; Ether1 - 172.16.1.2/24; Rede Local - 10.0.4.0/24; OSPF Area Totally Stub - 0.0.0.1; OSPF ID - 0.0.0.4; Prioridade - 128

Figura 39 - Tabela de roteamento do roteador R4 área totally stub

```
[admin@R-4] > ip route/ print
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, o - OSPF
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, DISTANCE
   DST-ADDRESS   GATEWAY           DISTANCE
DAo 10.0.2.0/24  172.16.1.1%ether1    110
DAc 10.0.4.0/24  bridge1            0
DAc 172.16.1.0/24 ether1              0
```

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Podemos observar as entradas de rotas compartilhadas na área configurada, é possível notar que as entradas para os outros roteadores não estão mais disponíveis devido a configuração de área totally stub, apresentando somente a rota para a rede local do roteador R2.

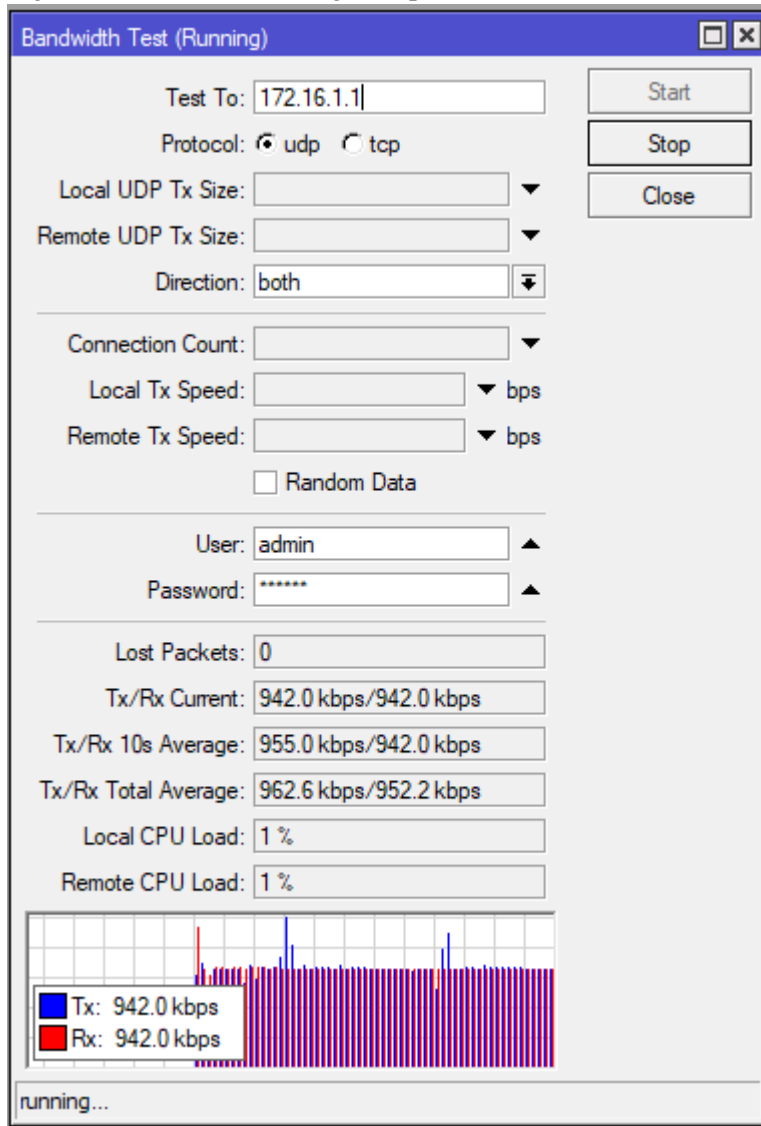
Figura 40 - Registro de LSA do roteador R4 área totally stub

OSPF																																											
Instances	Interface Templates	Interfaces	Areas	Area Ranges	Static Neighbors	Neighbors	LSA																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Instance</th> <th>Area</th> <th>Type</th> <th>Originator</th> <th>ID</th> <th>Link</th> <th>Link In...</th> <th>Sequence</th> <th>Age</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D</td> <td>ospf-in...</td> <td>ospf-area-R2-R4</td> <td>router</td> <td>0.0.0.2</td> <td>0.0.0.2</td> <td></td> <td>0</td> <td>80000003</td> <td>43</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DS</td> <td>ospf-in...</td> <td>ospf-area-R2-R4</td> <td>router</td> <td>0.0.0.4</td> <td>0.0.0.4</td> <td></td> <td>0</td> <td>80000008</td> <td>42</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>											Instance	Area	Type	Originator	ID	Link	Link In...	Sequence	Age			D	ospf-in...	ospf-area-R2-R4	router	0.0.0.2	0.0.0.2		0	80000003	43		DS	ospf-in...	ospf-area-R2-R4	router	0.0.0.4	0.0.0.4		0	80000008	42	
Instance	Area	Type	Originator	ID	Link	Link In...	Sequence	Age																																			
D	ospf-in...	ospf-area-R2-R4	router	0.0.0.2	0.0.0.2		0	80000003	43																																		
DS	ospf-in...	ospf-area-R2-R4	router	0.0.0.4	0.0.0.4		0	80000008	42																																		

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Podemos observar novamente na figura acima as LSAs trocadas na área, pode-se observar que as únicas LSAs permitidas são as de roteador que divulgam as rotas locais de cada roteador pertencente a área.

Figura 41 - Análise de tráfego R4 para R2



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Pode-se notar que o uso da área totally stub entre os roteadores R4 e R2 não gera impacto considerável na banda disponível.

Roteador R-5. Ether1 - 172.16.2.2/24; Rede Local - 10.0.5.0/24; OSPF Area totally nssa - 0.0.0.2; OSPF ID - 0.0.0.5; Prioridade – 128.

Figura 42 - Tabela de roteamento do roteador R5 área totally nssa

```
[admin@R-5] > ip route/ print
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, o - OSPF
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, DISTANCE
   DST-ADDRESS   GATEWAY           DISTANCE
DAo 10.0.3.0/24   172.16.2.1%ether1    110
DAc 10.0.5.0/24   bridgel            0
DAc 172.16.2.0/24 ether1              0
```

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Podemos observar as entradas de rotas compartilhadas na área configurada, é possível notar que as entradas para os outros roteadores não estão mais disponíveis devido a configuração de área totally nssa, apresentando somente a rota para a rede local do roteador R3.

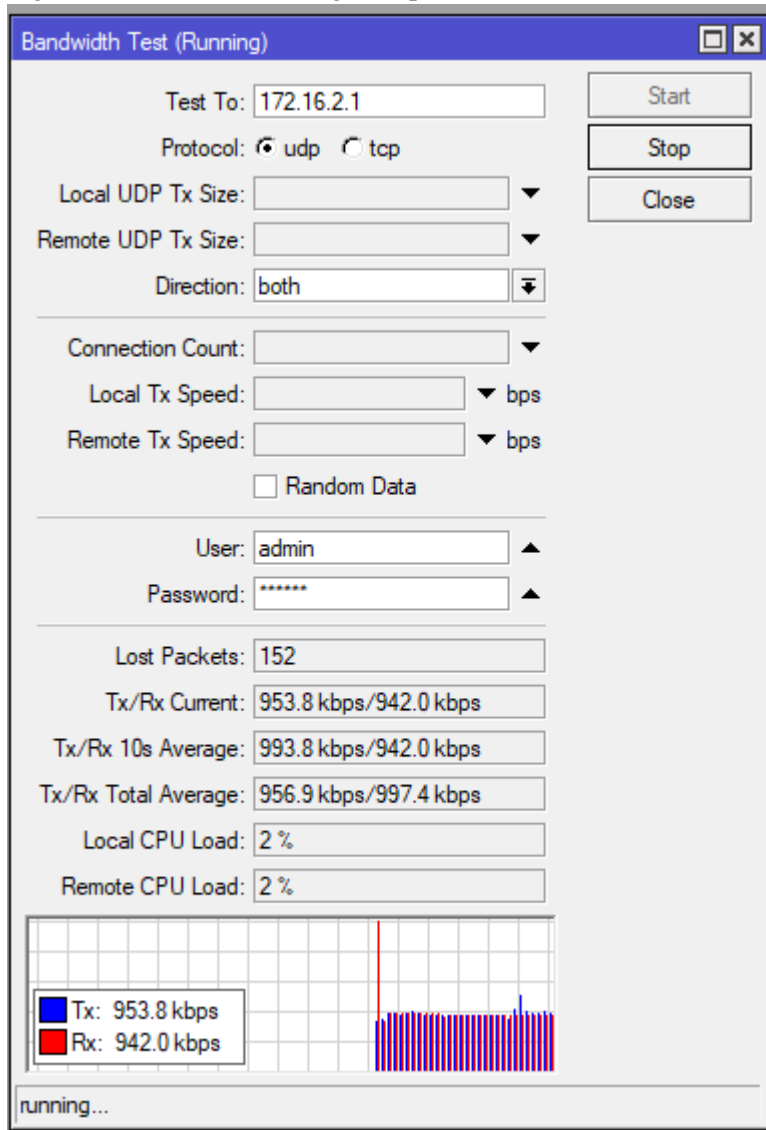
Figura 43 - Registro de LSA do roteador R5 área totally nssa

OSPF										
Instances	Interface Templates	Interfaces	Areas	Area Ranges	Static Neighbors	Neighbors	LSA			
<input type="text"/>										
	Instance	Area	Type	Originator	ID	Link	Link In...	Sequence	Age	
D	ospf-in...	ospf-area-...	router	0.0.0.3	0.0.0.3		0	80000007	346	
DS	ospf-in...	ospf-area-...	router	0.0.0.5	0.0.0.5		0	80000007	372	

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Podemos observar na figura acima as LSAs trocadas na área, pode-se observar que as únicas LSAs permitidas são as de roteador que divulgam as rotas locais de cada roteador pertencente a área.

Figura 44 - Análise de tráfego R5 para R3

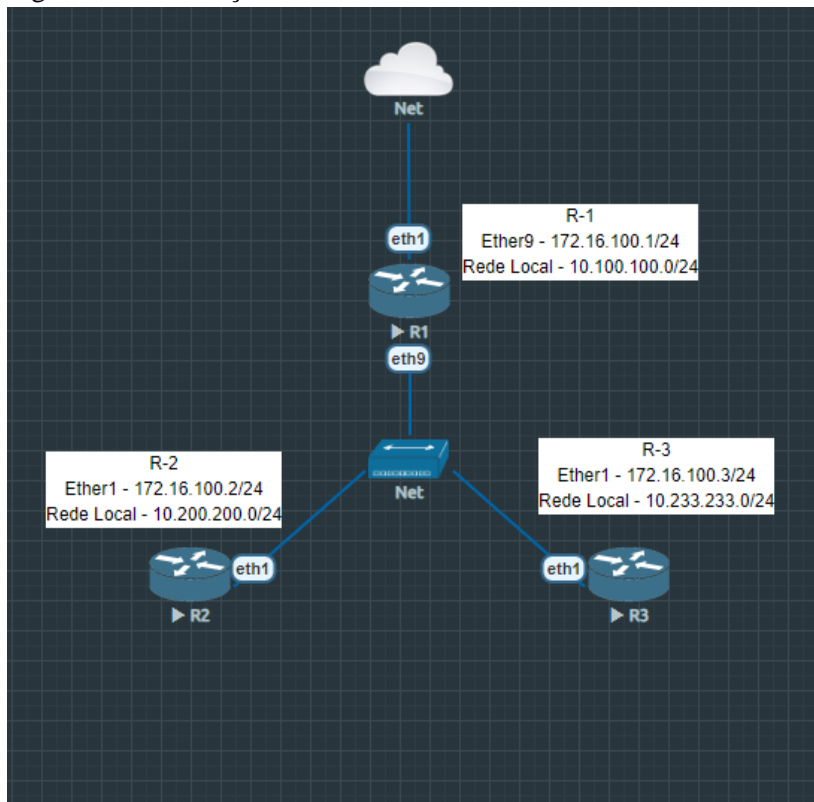


Fonte: Simulador Eve-Ng.

Pode-se notar que não há alto uso de banda disponível pela área totally nssa. O teste foi realizado fazendo uma conexão com o roteador R3 que está na mesma área totally nssa com o roteador R5.

2.9 Simulação com RIP

Figura 45 - Simulação RIP



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Nesta simulação, foram realizadas as seguintes configurações para o protocolo RIP. A rede local que conecta os roteadores foi definida na faixa de IP 172.16.100.0/24, com o roteador R-1 atribuído ao endereço 172.16.100.1/24, o R-2 ao endereço 172.16.100.2/24 e o R-3 ao endereço 172.16.100.3/24. Isso garante que os roteadores possam se comunicar entre si na camada de rede.

2.9.1 Configuração de rede RIP

As configurações para implementar a rede RIP são iguais em todos os roteadores da simulação, as imagens abaixo demonstram essa configuração.

Figura 46 - Configuração de instância R1, R2 e R3

RIP Instance <Instancia-Principal>

Name:

VRF:

AFI:

Input Filter:

Output Filter:

Select Output Filter:

Redistribute: connected static rip ospf bgp vpn dhcp fantasy modem bgp-mpls-vpn

Originate Default:

Routing Table:

Route Timeout:

Route GC Timeout:

Update Interval:

enabled

OK
Cancel
Apply
Disable
Copy
Remove

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Configuração de instância para roteadores R1, R2 e R3. Aqui encontramos as seguintes configurações: name, que representa o nome para identificação da instância de organização da rede RIP; VRF que identifica qual tabela de roteamento deve ser usada na rede RIP; A opção AFI que identifica a família de endereço IP a ser usada; E por fim a opção redistribute para estabelecer que as rotas devem ser redistribuídas são as conectadas.

Figura 47 - Configuração de interfaces

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Estabelecer as interfaces que fazem parte da rede RIP, a qual instância elas pertencem e modo de funcionamento, nesse caso o strict que fará tanto envio quanto recebimento de novas rotas.

Roteador R1. Ether9 - 172.16.100.1/24. Rede Local - 10.100.100.0/24.

Figura 48 - Tabela de roteamento R1

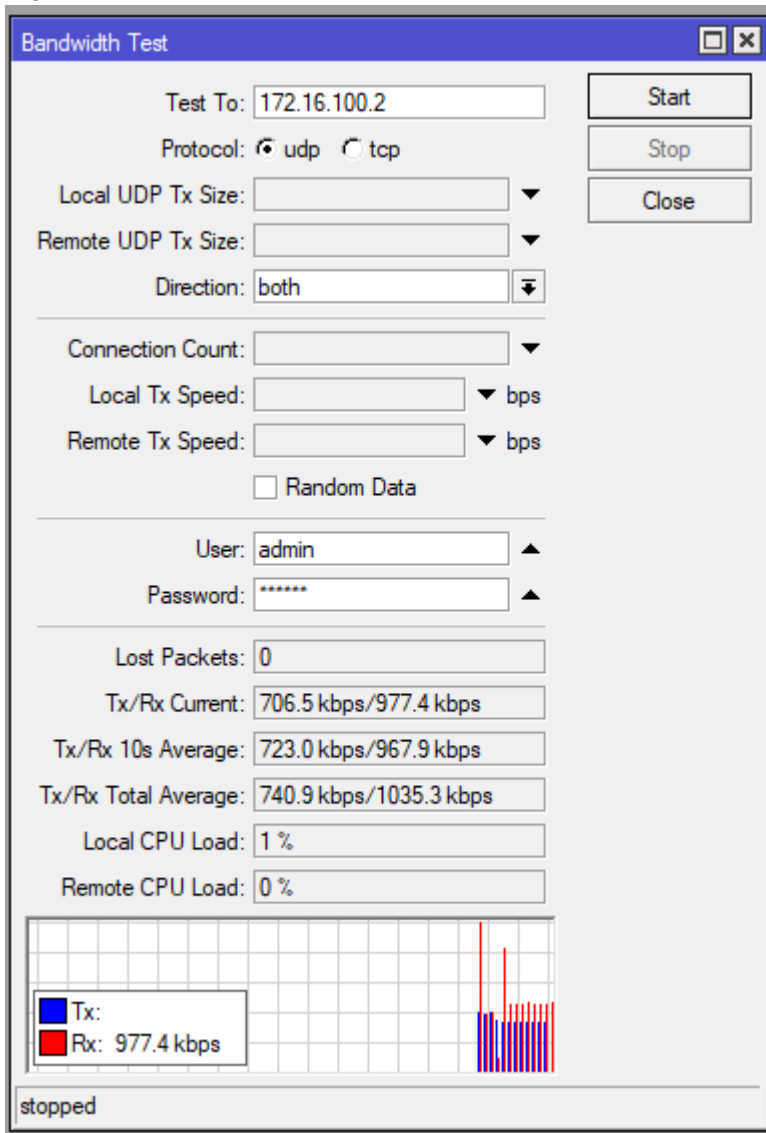
```
[admin@R1] > ip route/ print
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, r - RIP, d - DHCP
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, DISTANCE
  DST-ADDRESS      GATEWAY           DISTANCE
DAd 0.0.0.0/0      192.168.15.2      1
DAc 10.100.100.0/24  bridgel           0
DAr 10.200.200.0/24  172.16.100.2%ether9 120
DAr 10.233.233.0/24  172.16.100.3%ether9 120
DAc 172.16.100.0/24  ether9            0
DAc 192.168.15.0/24  ether1            0
```

Fonte: Simulador Eve-Ng.

A tabela de roteamento apresenta as entradas das rotas para encaminhamento dos pacotes de rede. No caso da tabela acima são apresentadas as entradas, podemos identificar as

entradas feitas pelo protocolo RIP que estão identificados com “DAr” que significa, dinâmico, ativo e rip.

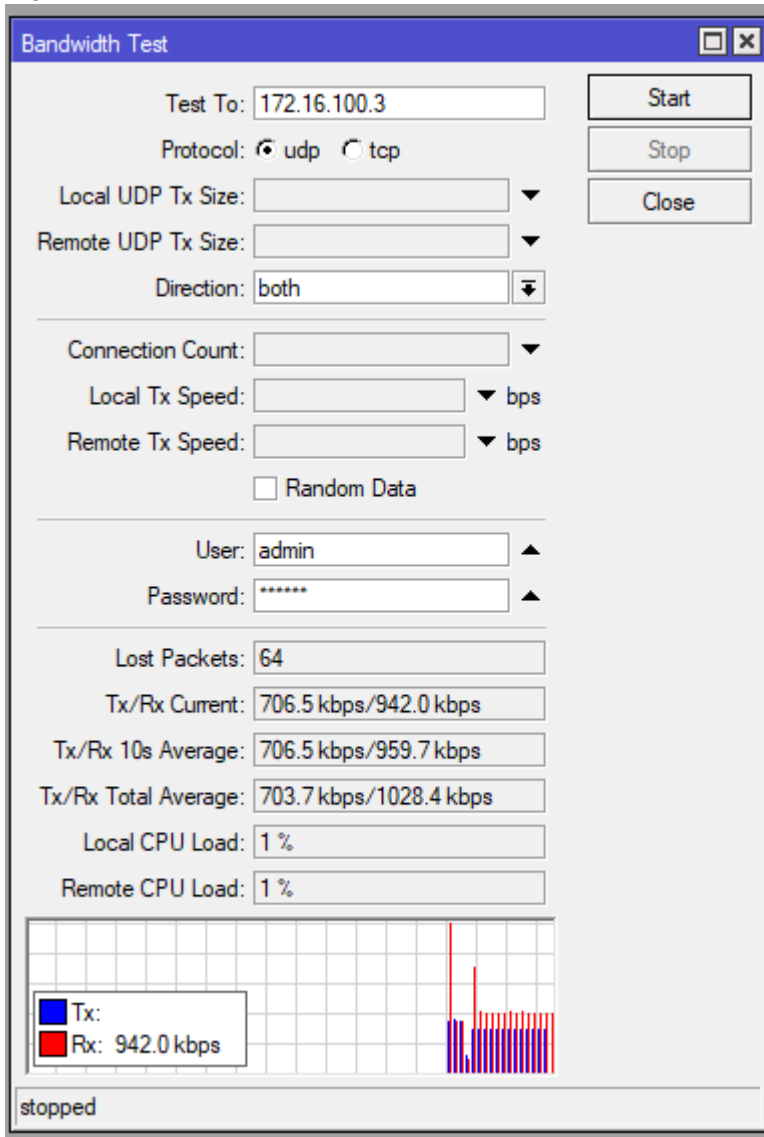
Figura 49 - Teste de banda entre R1 e R2



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Seguindo o padrão dos testes feitos com o OSPF o teste acima foi realizado usando a ferramenta Torch do RouterOS, usando os seguintes parâmetros: o ip do roteador de destino, o tipo de protocolo a ser usado para a troca de pacotes, a autenticação para realizar o teste. Podemos verificar que o uso do protocolo RIP não apresenta grande interferência no uso de banda entre os roteadores. Devido ao uso da licença gratuita do RouterOS há uma limitação de banda de 1 mbps (Megabit por segundo).

Figura 50 - Teste de banda entre R1 e R3



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Seguindo o padrão dos testes feitos com o OSPF o teste acima foi realizado usando a ferramenta Torch do RouterOS, usando os seguintes parâmetros: o ip do roteador de destino, o tipo de protocolo a ser usado para a troca de pacotes, a autenticação para realizar o teste. Podemos verificar que o uso do protocolo RIP não apresenta grande interferência no uso de banda entre os roteadores. Devido ao uso da licença gratuita do RouterOS há uma limitação de banda de 1 mbps (Megabit por segundo). No momento do teste houve uma perda de pacotes, porém logo foi estabilizado.

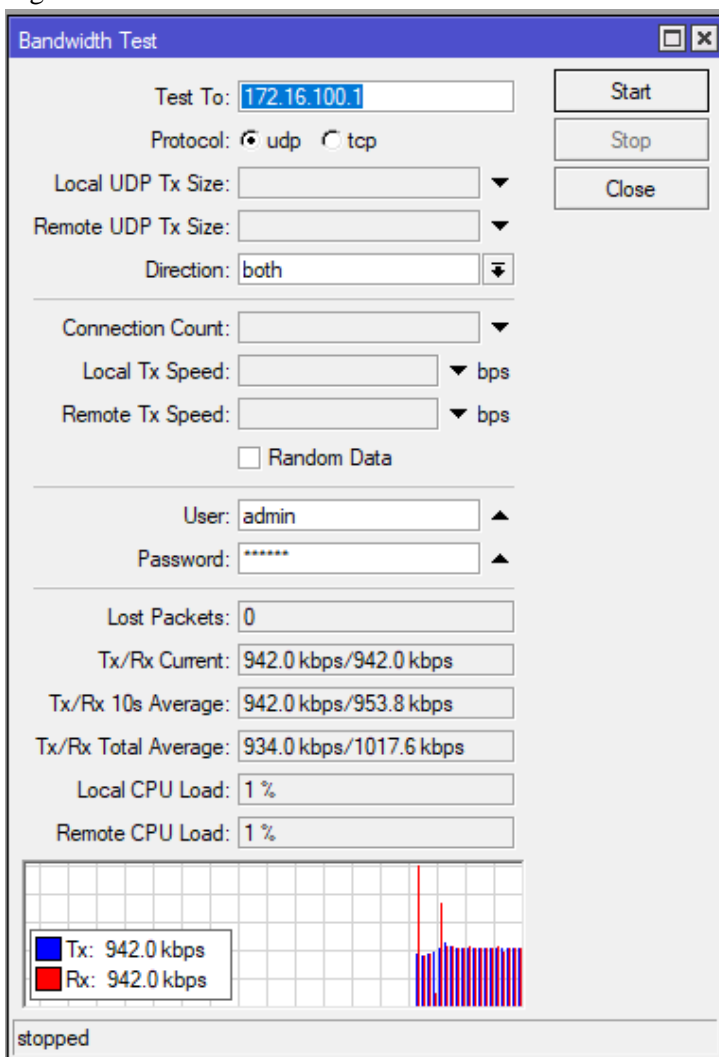
Roteador R2. Ether1 - 172.16.100.2/24; Rede Local - 10.200.200.0/24

Figura 51 - Tabela de roteamento R2

```
[admin@R2] > ip route/ print
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, r - RIP
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, DISTANCE
  DST-ADDRESS      GATEWAY          DISTANCE
DAr 10.100.100.0/24 172.16.100.1%ether1 120
DAc 10.200.200.0/24 bridge1          0
DAr 10.233.233.0/24 172.16.100.3%ether1 120
DAc 172.16.100.0/24 ether1           0
DAr 192.168.15.0/24 172.16.100.1%ether1 120
```

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Figura 52 - Teste de banda entre R2 e R1

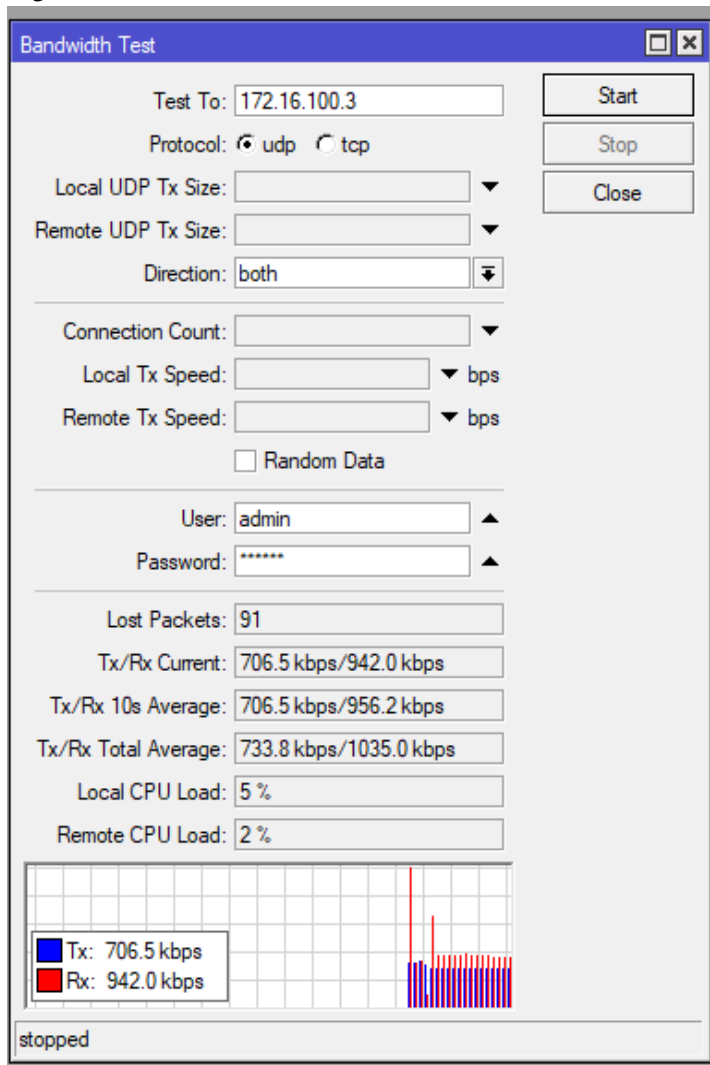


Fonte: Simulador Eve-Ng.

Seguindo o padrão dos testes feitos com o OSPF o teste acima foi realizado usando a ferramenta Torch do RouterOS, usando os seguintes parâmetros: o ip do roteador de destino, o

tipo de protocolo a ser usado para a troca de pacotes, a autenticação para realizar o teste. Podemos verificar que o uso do protocolo RIP não apresenta grande interferência no uso de banda entre os roteadores. Devido ao uso da licença gratuita do RouterOS há uma limitação de banda de 1 mbps (Megabit por segundo).

Figura 53 - Teste de banda entre R2 e R3



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Usando os seguintes parâmetros: o ip do roteador de destino, o tipo de protocolo a ser usado para a troca de pacotes, a autenticação para realizar o teste. Podemos verificar que o uso do protocolo RIP não apresenta grande interferência no uso de banda entre os roteadores. Devido ao uso da licença gratuita do RouterOS há uma limitação de banda de 1 mbps (Megabit por segundo).

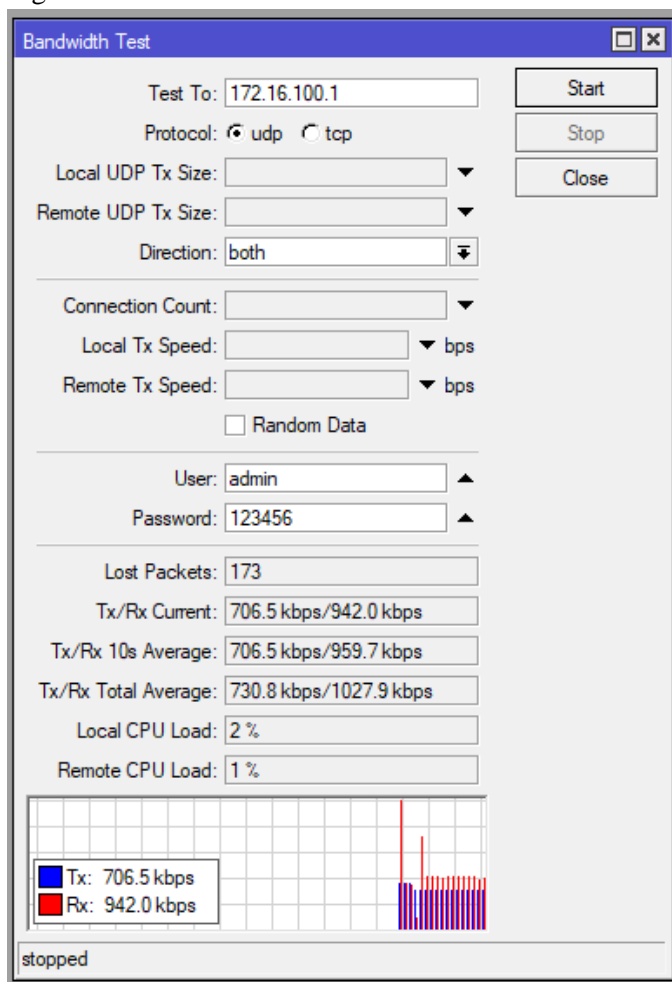
Roteador R3. Ether1 - 172.16.100.3/24; Rede Local - 10.233.233.0/24.

Figura 54 - Tabela de roteamento R3

```
[admin@R3] > ip route/ print
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, r - RIP
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, DISTANCE
  DST-ADDRESS      GATEWAY          DISTANCE
DAr 10.100.100.0/24 172.16.100.1%ether1 120
DAr 10.200.200.0/24 172.16.100.2%ether1 120
DAc 10.233.233.0/24 bridgel          0
DAc 172.16.100.0/24 ether1           0
DAr 192.168.15.0/24 172.16.100.1%ether1 120
```

Fonte: Simulador Eve-Ng.

Figura 55 - Teste de banda entre R3 e R1

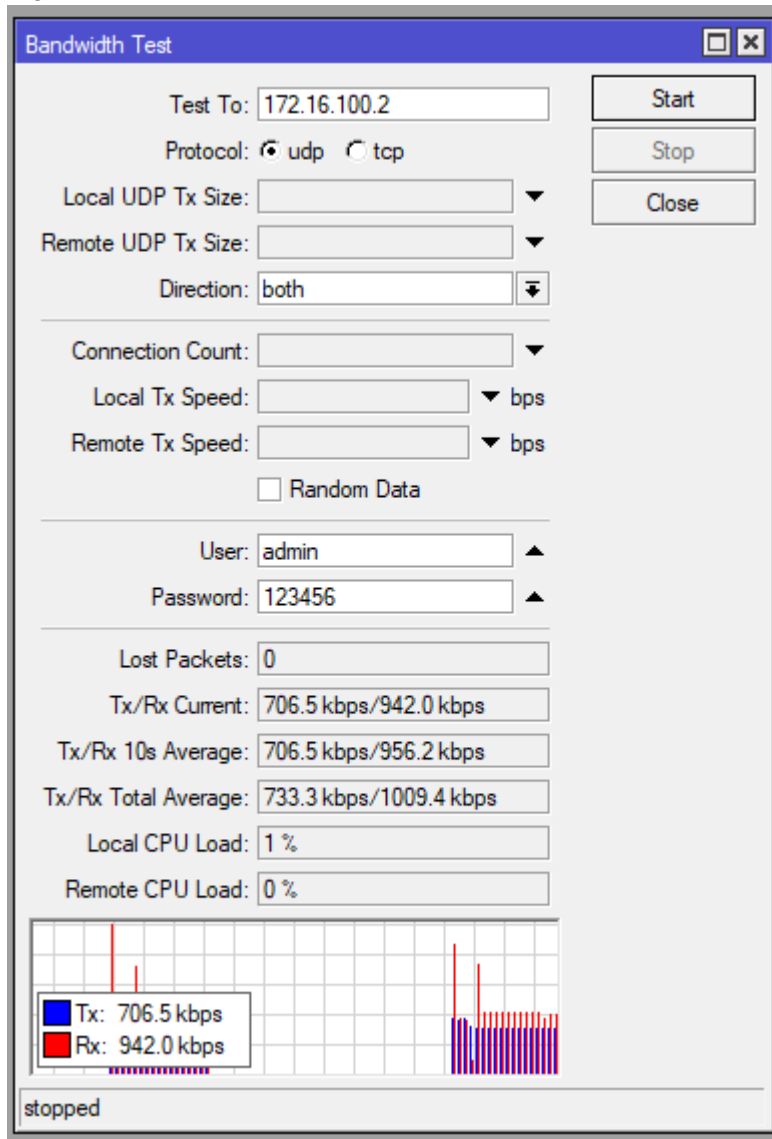


Fonte: Simulador Eve-Ng.

Usando os seguintes parâmetros: o ip do roteador de destino, o tipo de protocolo a ser usado para a troca de pacotes, a autenticação para realizar o teste. Podemos verificar que o uso do protocolo RIP não apresenta grande interferência no uso de banda entre os roteadores.

Devido ao uso da licença gratuita do RouterOS há uma limitação de banda de 1 mbps (Megabit por segundo). No instante da captura do teste houve perda de dados, mais relevante em relação ao teste anterior.

Figura 56 - Teste de banda entre R3 e R2



Fonte: Simulador Eve-Ng.

Usando os seguintes parâmetros: o ip do roteador de destino, o tipo de protocolo a ser usado para a troca de pacotes, a autenticação para realizar o teste. Podemos verificar que o uso do protocolo RIP não apresenta grande interferência no uso de banda entre os roteadores. Devido ao uso da licença gratuita do RouterOS há uma limitação de banda de 1 mbps (Megabit por segundo).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os protocolos OSPFv2 e RIP, quando implementados em ambientes de roteamento dinâmico, apresentam características distintas que atendem a diferentes necessidades de redes IP. Este estudo, realizado utilizando o ambiente de simulação EVE-NG e o sistema operacional RouterOS para roteadores MikroTik, proporcionou uma visão detalhada das funcionalidades, desempenho e aplicações práticas de ambos os protocolos, destacando seus benefícios e limitações.

O OSPFv2 demonstrou ser uma solução robusta e eficiente, com uma capacidade superior para estabelecer roteamento dinâmico e convergência rápida. Sua arquitetura de estado de enlace permite uma adaptação eficiente a mudanças na topologia da rede, ajustando as rotas automaticamente para manter a conectividade com alta precisão e agilidade. No caso do RIP ainda havia a atualização da tabela com o recebimento de novos pacotes a cada 30 segundos, levando a uma convergência mais lenta em relação ao OSPF.

O OSPFv2 se destacou pela sua habilidade em compartilhar rotas de maneira eficaz entre os roteadores, assegurando que todas as sub-redes e destinos estejam disponíveis para todos os dispositivos da rede. Isso promove uma comunicação fluida e confiável, essencial para a integração de componentes de rede variados. No RIP o compartilhamento das rotas ocorreu sem problemas gerando conectividade entre os roteadores presentes na simulação, como não há limitações de quais rotas podem ser distribuídas na rede RIP, todas as rotas se tornaram acessíveis dentro da área RIP.

A implementação do OSPFv2 mostrou um impacto mínimo no desempenho geral da rede simulada. O consumo de banda se manteve dentro dos limites aceitáveis, evidenciando a eficiência do protocolo em otimizar o uso dos recursos disponíveis sem comprometer a qualidade da rede. O RIP não apresentou grandes impactos durante a simulação, devido ao baixo número de roteadores presentes as atualizações a cada 30 segundos não interferiram na largura de banda.

O ambiente EVE-NG revelou-se uma ferramenta valiosa para a simulação e análise do OSPFv2 e RIP, permitindo a criação de cenários variados e a validação de seu comportamento em condições controladas. A plataforma facilitou a extração de conclusões relevantes e aprofundou a compreensão dos protocolos.

O estudo do OSPFv2 e RIP contribuiu significativamente para a compreensão de suas funcionalidades, desempenho e aplicações práticas. Esses aprendizados podem ser aplicados para otimizar o desempenho e a confiabilidade de redes IP reais, ajudando na redução da

latência, aumento da disponibilidade de recursos e garantindo um roteamento eficiente e escalável.

O RIP, embora simples e fácil de configurar, demonstrou limitações em termos de escalabilidade e convergência quando comparado ao OSPFv2. O RIP, com seu algoritmo de vetor de distância, possui um tempo de convergência mais lento. Também podemos observar que a configuração de áreas inibe a divulgação de rotas indesejadas para outros roteadores, oferecendo opções de otimização de rotas através das áreas.

O OSPFv2 se consolidou como uma solução de roteamento dinâmico altamente eficiente e escalável, capaz de atender às demandas de redes IP modernas. Embora o RIP continue a ser uma opção válida para redes menores e menos complexas, o OSPFv2 oferece vantagens significativas em termos de velocidade de convergência, compartilhamento de rotas e eficiência de recursos. A implementação do OSPFv2 e RIP no RouterOS, validada por simulações no EVE-NG, confirmam suas viabilidades e versatilidade em diversos cenários, oferecendo uma solução robusta para a otimização de redes IP.

REFERÊNCIAS

EVE-NG Community. (n.d.). **EVE-NG Documentation**. Disponível em: <https://www.eve-ng.net/index.php/community>. Acesso em: 05 dez. 2023.

FOROUZAN, B. A. **Comunicação de dados e redes de computadores**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2008. 1132p.

IETF. **RFC 1723: RIP Version 2**. Disponível em: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc1723>. Acesso em: 20 jan. 2024.

IETF. **RFC 2328: OSPF Version 2**. Disponível em: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2328.txt>. Acesso em: 20 jan. 2021.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. **Redes de computadores e a Internet: uma abordagem top-down**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 656p.

MikroTik. (n.d.). **MikroTik RouterOS Documentation - OSPF**. Disponível em: <https://help.mikrotik.com/docs/display/ROS/OSPF>. Acesso em: 10 jan. 2024.

RFC 2328. (1998). **OSPF Version 2. The Internet Society (ISOC)**. Disponível em: <https://datatracker.ietf.org/group/ospf>. Acesso em: 10 jan. 2024.