

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

PEDRO OTÁVIO ZOLINI ORTELANI

ANÁLISE DA CONVERGÊNCIA DE ROTEAMENTO DINÂMICO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2017

PEDRO OTÁVIO ZOLINI ORTELANI

ANÁLISE DA CONVERGÊNCIA DE ROTEAMENTO DINÂMICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação, do Departamento Acadêmico de Informática, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Foronda

PONTA GROSSA

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA CONVERGÊNCIA DE ROTEAMENTO DINÂMICO

por

PEDRO OTÁVIO ZOLINI ORTELANI

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 13 de Junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Augusto Foronda
Orientador

Prof. Dr. Richard Duarte Ribeiro
Membro titular

Prof. Rafael dos Passos Canteri
Membro titular

Prof. Dr. Ionildo José Sanchez
Responsável pelo Trabalho de Conclusão de
Curso

Prof. Dr. Erikson Freitas de Moraes
Coordenador do curso

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho à minha família e
amigos.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Augusto Foronda, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Aos meus amigos que de alguma maneira me ajudaram durante este período.

A minha noiva e companheira Rafaela.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria impossível vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Ao aumentar a nossa capacidade de obter, processar e distribuir informações, o processamento da informação, cada vez mais complexa, cresce ainda mais rapidamente.

(TANENBAUM, Andrew, 2003)

RESUMO

ORTELANI, Pedro Otávio Zolini. **Análise da Convergência de Roteamento Dinâmico**. 2017. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

A proposta deste trabalho de conclusão de curso é avaliar dois protocolos de roteamento dinâmicos: RIP e OSPF. O foco é a sua capacidade de recuperação perante uma mudança em sua topologia. A maneira com a qual estes protocolos foram analisados faz uso de dados recebidos pelos testes como o gasto de CPU durante a convergência e tempo de adaptação à mudança na topologia. A manipulação de temporizadores internos modifica estes valores dando ênfase para o uso de diferentes recursos da rede. Durante os testes e a partir dos resultados foi possível entender como os protocolos convergem e verificar a maneira mais otimizada de modificar estes parâmetros, com o objetivo de buscar atingir uma configuração onde o gasto desses recursos seja diminuído.

Palavras chaves: Redes. Convergência. RIP. OSPF.

ABSTRACT

ORTELANI, Pedro Otávio Zolini. **Dynamic Routing Convergence Analysis**. 2017. 64 p. Work of Conclusion Course (Graduation in Computer Science) - Federal University of Technology - Paraná. Ponta Grossa, 2017.

The purpose of this course completion work is to evaluate two dynamic routing protocols: RIP and OSPF. The focus is on your ability to recover from a change in your topology. The way in which these protocols were compared makes use of information received by the tests such as CPU usage during convergence and adaptation time to update the topology. The manipulation of internal timers modifies these values giving emphasis to the use of different network resources. During the tests and from the tests results it was possible to understand how the protocols converge and verify the optimized way of modifying these parameters, in order to reach a configuration where the expenditure of these resources is reduced.

Keywords: Networks. Convergence. RIP. OSPF.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Camadas TCP/IP.....	15
Figura 2 – Rede Redundante.....	19
Figura 3 - Configuração de Temporizadores.....	22
Figura 4 – Topologia de Configuração RIP.....	23
Figura 5 – Configuração Exemplo RIP.....	23
Figura 6 – Topologia de Exemplo RIP.....	25
Figura 7 – Topologia de Exemplo RIP (Sem <i>Router4</i>).....	26
Figura 8 – Configuração de Largura de Banda OSPF.....	28
Figura 9 – Topologia Exemplo OSPF.....	28
Figura 10 – Exemplo Código de Configuração OSPF.....	29
Figura 11 – Exemplo Configuração SPF.....	30
Figura 12 – Exemplo Configuração LSA.....	30
Figura 13 – Topologia 1.....	36
Figura 14 – Configuração PC1.....	37
Figura 15 – Configuração <i>Router1</i>	38
Figura 16 – Configuração <i>Router3</i>	39
Figura 17 – Configuração <i>Router2</i>	40
Figura 18 – Configuração PC2.....	40
Figura 19 – Topologia 2.....	41
Figura 20 – Configuração <i>Router1</i> RIP.....	44
Figura 21 – Configuração <i>Router2</i> RIP.....	44
Figura 22 – Configuração <i>Router3</i> RIP.....	45
Figura 23 – Configuração Temporizadores RIP Teste 2.....	46
Figura 24 – Configuração Temporizadores RIP Teste 3.....	47
Figura 25 – Configuração Roteador <i>Router1</i> OSPF.....	49
Figura 26 – Configuração Roteador <i>Router2</i> OSPF.....	50
Figura 27 – Configuração Roteador <i>Router3</i> OSPF.....	50
Figura 28 – Configuração SPF <i>Throttle</i> Teste 2.....	52
Figura 29 – Configuração LSA <i>Throttle</i> Teste 3.....	52
Figura 30 – Configuração SPF <i>Throttle</i> Teste 4.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico de Tempo de Convergência Protocolo RIP.....	48
Gráfico 2 – Gráfico de Custo de CPU na Convergência Protocolo RIP.....	48
Gráfico 3 – Gráfico de Tempo de Convergência Topologia 1 OSPF.....	53
Gráfico 4 – Gráfico de Custo de CPU na Convergência Topologia 1 OSPF.....	54
Gráfico 5 – Gráfico de Tempo de Convergência Topologia 2 RIP.....	56
Gráfico 6 – Gráfico de Gasto de CPU na Convergência Topologia 2 RIP.....	57
Gráfico 7 – Gráfico de Tempo de Convergência Topologia 2 OSPF.....	59
Gráfico 8 – Gráfico de Gasto de CPU na Convergência Topologia 2 OSPF.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de IP da Topologia 1.....	36
Tabela 2 – Relação de IP da Topologia 2.....	42
Tabela 3 – Redes da Vizinhança Topologia 1.....	43
Tabela 4 – Valores dos Parâmetros do Timer RIP.....	45
Tabela 5 – Valores dos Parâmetros dos Temporizadores SPF e LSA.....	51
Tabela 6 – Redes da Vizinhança Topologia 2.....	55

LISTA DE ACRÔNIMOS

CPU	<i>Central Processing Unit</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
LSA	<i>Link-State Advertisement</i>
OSPF	<i>Open Shortest Path First</i>
RIP	<i>Routing Information Protocol</i>
SPF	<i>Short Path First</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivo Geral.....	13
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
1.3 METODOLOGIA.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 PROTOCOLOS DE ROTEAMENTO DINÂMICO.....	16
2.2 CONVERGÊNCIA.....	18
2.3 PROTOCOLO RIP.....	20
2.3.1 Configuração RIP.....	22
2.3.2 Convergência Protocolo RIP.....	24
2.4 PROTOCOLO OSPF.....	26
2.4.1 Configuração OSPF.....	27
2.4.2 Convergência Protocolo OSPF.....	29
2.5 SIMULADOR GNS3.....	33
3 DESENVOLVIMENTO.....	35
3.1 TOPOLOGIA.....	35
3.1.1 Topologia 1.....	35
3.1.2 Configuração da Topologia 1.....	37
3.1.3 Topologia 2.....	41
3.1.4 Configuração da Topologia 2.....	42
3.2 TOPOLOGIA 1 COM RIP.....	43
3.2.1 Configuração RIP (Topologia 1).....	44
3.2.2 Simulação RIP (Topologia 1).....	45
3.3 TOPOLOGIA 1 COM OSPF.....	49
3.3.1 Configuração OSPF (Topologia 1).....	49
3.3.2 Simulação OSPF (Topologia 1).....	50
3.4 TOPOLOGIA 2 COM RIP.....	54
3.4.1 Configuração RIP (Topologia 2).....	55
3.4.2 Simulação RIP (Topologia 2).....	56
3.5 TOPOLOGIA 2 COM OSPF.....	57
3.5.1 Configuração OSPF (Topologia 2).....	57
3.5.2 Simulação OSPF (Topologia 2).....	58
4 CONCLUSÃO.....	61
5 TRABALHOS FUTUROS.....	62
REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

Redes de comunicação foram desenvolvidas com o foco de compartilhar recursos dentro de um ambiente cooperativo, estes recursos podem ser tanto informações como periféricos. O acesso a estes recursos é importante pois eles facilitam o trabalho de pessoas dentro do ambiente empresarial. Redes de comunicação podem variar bastante em seu tamanho, desde pequenas redes locais até grandes redes empresariais nas quais existe uma matriz conectada a várias filiais, podem ocorrer vários problemas na comunicação entre estes pontos da rede devido a falhas ou a própria manutenção da rede (TANEMBAUM, 2003).

Uma solução para esta indisponibilidade de serviços é a redundância, que pode agir gerando rotas alternativas entre dois pontos de rede garantindo a comunicação entre eles mesmo que sua rota principal pare de funcionar. Entre as redundâncias, na camada de rede, existe o roteamento dinâmico, que é capaz de se atualizar automaticamente quando a rede passa por alguma modificação topológica. Existem alguns protocolos de roteamento dinâmico, entre eles estão o RIP (*Routing Information Protocol*) e OSPF (*Open Shortest Path First*). Estes dois protocolos possuem desempenhos diferentes e tem comportamentos distintos em relação a convergência. Este trabalho analisa e simula estes dois protocolos quanto a sua convergência, utilizando como parâmetro o tempo de reajuste das rotas da rede para verificar qual dos protocolos se ajusta melhor a adversidades e qual o efeito da alteração de parâmetros no tempo de convergência.

1.1 OBJETIVOS

Neste item serão citados os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

1.1.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é fazer a análise da convergência dos protocolos RIP e OSPF quando ocorrem mudanças na topologia da rede, buscando

perceber as diferenças no uso de CPU e no tempo que a rede leva para se atualizar, que causam os seus parâmetros de funcionamento.

1.1.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos deste trabalho a simulação dos protocolos RIP e OSPF, a análise e configuração de parâmetros de protocolos e a análise de desempenho considerando o tempo de convergência e o gasto de CPU.

1.2 JUSTIFICATIVA

Tal estudo é necessário pois com o grande tráfego de dados dentro de uma rede e, devido à importância desta comunicação dentro de um ambiente de trabalho, deve ser realizado um controle da rede para garantir que a troca de informações entre os usuários ocorra de maneira satisfatória, seja essa maneira apenas a garantia da entrega do pacote como também realizar a transmissão de dados de maneira otimizada.

Realizando um estudo comparativo entre os protocolos analisados é possível achar a opção mais satisfatória para se aplicar numa determinada rede, garantindo assim uma eficiência maior no processo de troca de informações.

1.3 METODOLOGIA

Com base em uma análise teórica da convergência de rede com protocolos de roteamento dinâmico RIP e OSPF, uma simulação foi realizada com o uso de uma ferramenta de simulação chamada GNS3.

Duas topologias serão testadas durante a simulação realizada, ambas com redundâncias, sendo sua diferença o tamanho das topologias e também a sua complexidade. Durante essa simulação uma queda na rota vista como principal irá acontecer fazendo com que a rede atualize as informações de suas rotas, o tempo e gasto na CPU para realizar essa atualização serão analisados.

A simulação ocorreu com modificação nos valores dos temporizadores de cada protocolo, buscando assim perceber o quanto esses parâmetros influenciam na convergência da rede e também no seu funcionamento. Com a simulação realizada

será apontado os valores obtidos a partir dos testes para a análise do que eles representam.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Em uma rede LAN (*Local Area Network*) ou WAN (*Wide Area Network*) tem vários pontos interligados, estes pontos podem ser computadores ou até mesmo periféricos que trabalham em conjunto realizando tarefas. Para que consigam trabalhar utilizando seus recursos eles devem ser capazes de se comunicar dentro do ambiente da rede, essa comunicação ocorre com o uso de um pacote de regras chamado de protocolos, um exemplo de um conjunto de protocolos é o TCP/IP (TCP – *Transmission Control Protocol*, IP – *Internet Protocol*) (SOARES, 1995).

Com o conjunto de protocolos TCP/IP é possível realizar troca de informações utilizando a Internet, dentro deste conjuntom existem diversos protocolos que são divididos em quatro camadas: camada de aplicação, camada de transporte, camada de internet e camada de acesso à rede (COMER, 2006).

Os protocolos e suas utilidades são indicados pela Figura 1:

Figura 1 - Camadas TCP/IP

		Protocolos
Aplicação	Define o protocolo de aplicação e a maneira como o programa realiza os serviços da camada de transporte.	HTTP, Telnet, SMTP, DHCP
Transporte	Define o nível de serviço e o status da conexão, para ser utilizado na movimentação de dados.	TCP, UDP
Internet	Responsável pela transformação dos dados em pacotes e o seu roteamento.	IP, ICMP
Rede	Especifica como os dados são transmitidos fisicamente pela rede, como os bits são transformados para serem entendidos pelo hardware.	Ethernet, Token Ring

Fonte: Autoria Própria Adaptado de Academia CISCO

Na camada de aplicação existe uma conversão de textos para o formato que a rede utiliza para a troca de informação, nesta camada existem protocolos que

realizam um sistema de nomes, onde o domínio da informação é transformado em endereço IP, possui a configuração de *hosts* que é responsável pela atribuição de um IP ao cliente, possui protocolos responsáveis por tratamento de envio e recepção de e-mails e arquivos, e existe também o protocolo HTTP responsável por trocar mensagens referentes ao ambiente Web. Na camada de transporte existem UDP e TCP, ambos permitem que um processo envie pacotes a outro ponto da rede, mas a sua diferença está no fato de UDP não realizar uma confirmação se a transmissão ocorreu de forma correta, enquanto o TCP faz essa verificação (COMER, 2006).

Na camada de Internet a informação é transformada em pacotes e endereçada ao seu destino, a rede então fornece um *feedback* sobre a ocorrência de erros dentro do ambiente da rede e então o pacote passa pelos protocolos de roteamento para que a informação seja entregue. A camada de rede indica a topologia que a rede assumirá, isso influencia na maneira como a transmissão de dados será tratada e como o *hardware* trabalhará em conjunto com a rede para a transmissão destes dados (KUROSE, 2003).

2.1 PROTOCOLOS DE ROTEAMENTO DINÂMICO

Os protocolos de roteamento dinâmico atuam na camada da Internet. Com a rede configurada, eles agem de maneira a garantir o envio de pacotes tendo como preocupação manter o funcionamento da rede mesmo que um imprevisto ocorra. O foco deste trabalho é destacar esse funcionamento, bem como, a maneira como estes protocolos atuam dentro da camada da Internet (TANENBAUM, 2011).

Protocolos de roteamento dinâmico vieram para facilitar a troca de informação entre roteadores. Cada protocolo traz novas funcionalidades e maneiras diferentes de fazer o seu funcionamento interno. Sendo que cada protocolo nada mais é do que um conjunto de regras, algoritmos e mensagens que acontecem dentro da rede ditando sua organização. Além do funcionamento da rede no geral, os protocolos de roteamento dinâmico têm objetivos mais específicos, entre eles, atualização sempre que redes remotas forem adicionadas, escolher um melhor caminho para a sua rede sempre que ela sofrer alguma alteração, convergir a rede (TANENBAUM, 2011).

Redes dinâmicas podem ser divididas em dois tipos, as que utilizam vetores de distância e as que utilizam *link-state*. As redes de vetores de distância utilizam uma estrutura de dados para guardar a informação referente a quais redes ela atinge e qual o custo para a atingir pelo melhor caminho, enquanto as redes *link-state* possuem em cada nó de sua topologia a representação de todas as ligações da rede no formato de um grafo (COMER, 2006).

Como algumas funcionalidades novas são adicionadas, os protocolos de roteamento dinâmico precisam de mais ferramentas do que as redes de roteamento estático. Três ferramentas mais específicas aparecem neste tipo de rede, são elas: estruturas de dados, mensagens e algoritmos. As estruturas de dados são utilizadas no formato de tabelas onde praticamente toda a informação do roteamento é armazenada, além de pontos atingidos pela rede, seus vizinhos, possíveis caminhos a serem tomados. Essas informações são todas armazenadas na memória RAM do próprio roteador (TANENBAUM, 2011).

A rede sempre está apta a sofrer alguma alteração por ser dinâmica, e é através das mensagens que ela consegue se atualizar sempre que algum erro ou até mesmo uma manutenção de rede ocorra. Essas mensagens podem aparecer de várias maneiras, mensagens de checagem quanto aos vizinhos existentes, propagação de tabelas de roteamento, pois quando ocorre alguma atualização essa informação vai sendo passado de roteador a roteador, ponto a ponto. E algumas outras funções não relacionadas a convergência da rede também podem fazer uso de mensagens (FELIPPETTI, 2009).

Além de executar algumas funções básicas da rede, os algoritmos têm um dos papéis mais importantes dentro do roteamento dinâmico que é encontrar um novo melhor caminho quando um caminho principal deixa de existir, ou quando a rede recebe uma atualização fazendo com que o antigo melhor caminho não seja mais o caminho ótimo. Com o uso de todas essas novas ferramentas a maior vantagem que os protocolos de roteamento dinâmicos provêm é a capacidade de atualização constante da rede, fazendo isso de maneira automática, ou seja, sem a necessidade de interferência de um administrador da rede (FELIPPETTI, 2009).

Algumas diferenças importantes entre esse tipo de roteamento e o estático podem ser apontadas como um aspecto decisivo para escolher qual tipo de roteamento deve ser selecionado para ser implantado em uma rede. Os protocolos de roteamento dinâmico têm como vantagem o fato de serem adaptáveis a qualquer

tamanho de rede, desde que ela possua vários roteadores. Lembrando que a atualização da topologia da rede e das tabelas de roteamento ocorre por meio de mensagens entre os roteadores, o que significa que quanto mais roteadores existirem na rede maior será o número de mensagens enviadas para realizar a atualização (SILVA, 2013).

Essa facilidade de manutenção traz consigo uma maior dificuldade na hora da criação da rede como um todo, como ela deve ser uma rede que funciona e se atualiza sozinha alguns novos parâmetros de configuração devem ser adicionados em sua configuração, o que é visto como uma desvantagem em relação aos protocolos estáticos. Como o administrador da rede interfere pouco com o seu funcionamento, esta rede fica menos sujeita a verificações o que a torna menos segura, exigindo assim uma configuração mais complexa para garantir que as mensagens sejam enviadas da maneira como o proprietário da rede deseja (TANENBAUM, 2011).

Devido fato da rede sempre buscar o melhor caminho possível rotas estáticas não são definidas, ou seja, a rota a ser utilizada para o envio de pacotes depende exclusivamente da topologia da rede utilizada, sendo o custo da rota podendo ser definido por algumas variáveis como largura de banda e número de saltos entre um a origem e o destino do pacote (TANENBAUM, 2011).

2.2 CONVERGÊNCIA

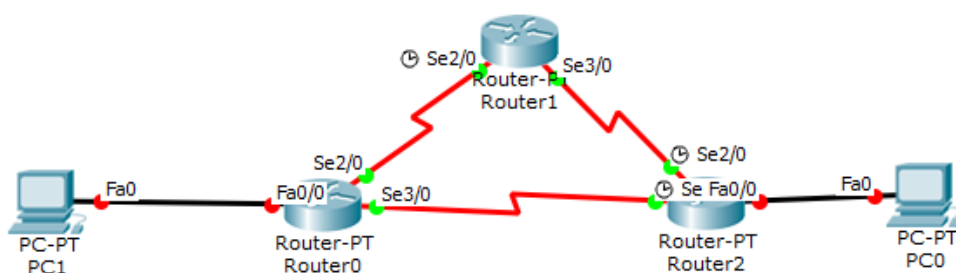
Como apontado anteriormente as redes com protocolos de roteamento dinâmico têm a capacidade de se atualizar e realizar sua manutenção independentes de um administrador de redes, essa mudança na rede recebe o nome de convergência e pode acontecer de diversas maneiras dependendo do protocolo sendo utilizado. É importante apontar que o processo de convergência, independente de como é feito, sempre faz uso de mensagens e de um algoritmo para atualizar suas rotas, atualizando assim suas tabelas de roteamento com a nova topologia adquirida (COMER, 2006).

A rede possui um estado de repouso onde a topologia da rede foi inteira armazenada dentro das tabelas de roteamento, o algoritmo que define os caminhos já foram executados e tudo funciona normalmente até que uma mudança na topologia é percebida causando o início do processo de convergência dessa rede.

Quando este processo inicia e o protocolo de roteamento é ativado todos os roteadores começam a enviar mensagens uns para os outros com o objetivo de se atualizarem com relação a nova topologia, sendo que a convergência da rede só é totalmente realizada quando todos os roteadores estiverem devidamente informados sobre as mudanças, este processo leva tempo e tem um custo no formato de tráfego de mensagens (COMER, 2006).

A partir da imagem a seguir é possível identificar um exemplo simples de como a rede está antes do processo de convergência da mesma. Uma rede com três roteadores (Router0, Router1 e Router2) foi configurada com um protocolo de roteamento dinâmico. A métrica de custo do protocolo utilizado é o número de saltos de um roteador para o outro, uma mensagem enviada do PC1 para o PC0 passaria pela rede entre o Router0 e o Router2 por ter um salto a menos do que o caminho redundante.

Figura 2 – Rede Redundante



Fonte: Autoria Própria

Se durante a transmissão desses pacotes a rede que está sendo utilizado como o caminho padrão for derrubada, a rede começa a mandar pacotes para verificar um novo melhor caminho, fazendo então a sua convergência, que neste caso ocorreria alterando a rota para as redes entre o Router0 e o Router1 e depois do Router1 para o Router2, atingindo assim a rede do PC0. Este processo leva um tempo diferente dependendo do protocolo de roteamento dinâmico utilizado.

Uma maneira de medir a qualidade de um protocolo de roteamento dinâmico é a partir deste tempo de convergência, quanto menor este tempo mais rápido a

rede pode voltar a seu funcionamento, sendo classificado como o melhor protocolo aquele que atinge um equilíbrio satisfatório entre tempo de convergência e tráfego de informações. Cada roteador envia a todos os seus vizinhos as novas informações de sua tabela, e os mesmos vizinhos vão repetindo isso até que a rede inteira tenha sido atingida. Já com todas as rotas fixadas em suas estruturas de dados, o algoritmo então roda para encontrar o caminho que melhor atinge as necessidades propostas pela rede, essas informações então são passadas aos roteadores por meio de mensagens, finalizando assim o processo de convergência (TANENBAUM, 2011).

2.3 PROTOCOLO RIP

O protocolo RIP é um dos primeiros protocolos de roteamento dinâmico criados, teve como propósito inicial ser um protocolo de uso em redes pequenas, tendo como tamanho máximo uma rede que possua até 16 “hops”, que representam saltos ou a distância entre os roteadores da rede. Pela sua maneira de funcionar ser mais simples e menos otimizada em relação a outros protocolos, como por exemplo o OSPF, ele tem um alto tempo de convergência, onde redes simples podem demorar mais de alguns minutos para convergir (KUROSE, 2003).

Alguns parâmetros são definidos no RIP a partir do conceito de vetor de distância, como por exemplo, o protocolo RIP faz uso de uma mensagem de atualização das tabelas de roteamento a cada 30 segundos, sendo que a cada vez que esse período é ativado ele reenvia para toda a rede as tabelas de roteamento da mesma. É utilizada uma medida de distância da rede chamada de “hops” para definir a distância das rotas e o protocolo faz uso do algoritmo de *Bellman-Ford* para determinar qual é a melhor nova rota dentro de sua topologia. Este é um algoritmo de busca de caminho mínimo onde cada aresta, que representam a ligação entre os pontos da rede, possui peso, e a partir deste peso é realizado o cálculo para definir a menor rota (TANENBAUM, 2011).

A decisão do caminho a ser utilizado é baseada em sua maior parte no número de hops, sendo outros parâmetros utilizados no caso de existirem duas rotas com o mesmo número de saltos, como por exemplo largura de banda. O RIP já possui uma versão aprimorada chamada de RIPv2, esta em relação à antiga possui

algumas funcionalidades a mais como autenticação criptografada entre os roteadores, o uso de *multicast* para o envio de mensagens de atualização e, além das funcionalidades a mais, existe o fato de ela conseguir conversar com redes configuradas com RIP em sua primeira versão (FELIPPETTI, 2009).

A principal diferença entre as duas versões do RIP (RIPv1 e RIPv2) é o fato do RIPv1 não ter as máscaras de subredes na atualização das tabelas de roteamento e por causa disso o RIPv1 não suporta o uso de subredes com tamanho variável, limitando assim o tamanho da rede. O RIPv2 inclui as máscaras de subredes na sua atualização das tabelas de roteamento, permitindo que seja possível existirem redes com máscaras de subrede de tamanho diferente dentro de um mesmo cenário. Durante a configuração da rede o roteador entende como padrão que o protocolo utilizado é o RIPv1, caso queira utilizar o RIPv2 deve ser especificado (FELIPPETTI, 2009).

Assim como outros protocolos de roteamento, o RIP possui alguns componentes que definem seu funcionamento, sua eficiência é determinada a partir dos seguintes fatores: tempo de convergência, as métricas do roteamento RIP, sua estabilidade e seus temporizadores (COMER, 2006).

A métrica básica do protocolo RIP é o número de saltos ou “*hops*”, isso significa que seguindo o padrão do protocolo, a rota escolhida para enviar pacotes de um ponto da rede para outro será sempre aquela que passar pelo menor número de roteadores no processo. Porém é possível dentro do RIP alterar essa rota e forçar o protocolo a enviar o pacote por um outro caminho, que pode não ser o menor, por possuir um maior número de saltos, mas por algum motivo é o preferido (TANENBAUM, 2011).

O protocolo RIP possui quatro temporizadores básicos, o *Update Timer*, o *Invalid Timer*, o *Hold-down Timer* e o *Flush timer*. O *Update Timer* tem como função definir o intervalo de tempo no qual o RIP irá enviar uma atualização da tabela de roteamento da rede, sendo que o *default* deste timer já vem configurado no valor de 30 segundos. O *Invalid Timer* diz quanto tempo uma rota irá permanecer dentro da tabela de roteamento após ser marcada como uma rota inválida. Este timer se inicializa novamente quando uma alteração ocorre na rota que foi vista como inválida, se após o seu tempo ser finalizado a rota permanecer inválida ela é marcada como inatingível, mas não apagada da tabela de roteamento. O valor *default* do *Invalid Timer* é de 180 segundos (SILVA, 2013).

O *Hold-down Timer* é responsável por marcar o tempo que rotas podem ser mantidas como inatingíveis na tabela de roteamento antes de serem apagadas, sendo que o RIP não aceita atualizações em rotas inatingíveis antes do fim desse temporizador. O valor *default do Hold-down Timer* é de 180 segundos. O último dos temporizadores é chamado de *Flush-Timer* e tem como *default* o valor de 240 segundos, seu objetivo é dizer quanto tempo uma rota pode ficar na tabela de roteamento antes de ser apagada, se nenhuma atualização dessa rota é feita, este timer funciona paralelamente ao *Invalid Timer* e vai apagar a rota 60 segundos após ela ter sido marcada como inválida (SILVA, 2013).

Os valores dos temporizadores do RIP devem ser a mesma para todos os roteadores presentes na rede, a configuração com valores diferente pode causar instabilidades dentro da rede. A configuração dos temporizadores é feita a partir do código mostrado na figura 3, sendo os parâmetros os tempos para os temporizadores *Update Timer*, *Invalid Timer*, *Hold-down Timer* e *Flush timer*, respectivamente (SILVA, 2013).

Figura 3 - Configuração de Temporizadores

```
Router(config)#router rip
Router(config-router)#timers basic 30 180 180 240
Router(config-router)#
```

Fonte: Aatoria Própria

Cada um destes parâmetros possui papéis diferentes dentro da configuração e por isso seus valores podem variar independentemente do restante, porém todos eles agem durante o processo de convergência da rede. Uma configuração reduzindo esses valores pode vir a causar uma diminuição no tempo de convergência da rede, porém como eles seriam ativados mais do que o normal isso também geraria um tráfego maior do que a rede gera no seu valor padrão de configuração (FELIPPETTI, 2009).

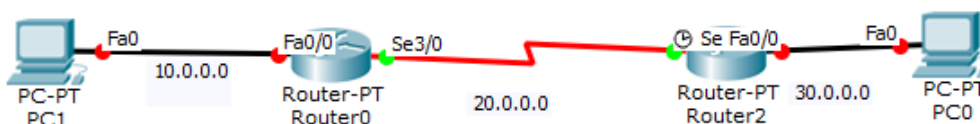
2.3.1 Configuração RIP

O RIP apresenta uma vantagem em relação aos protocolos estáticos pela sua configuração inicial ser simples, e caso alguma mudança na rede ocorra uma nova configuração não é necessária, apenas deve ser aguardado que o processo de

convergência dela se encerre. Essa configuração inicial é mais fácil até que outros protocolos de roteamento dinâmico como o OSPF, mas essa simplicidade acarreta algumas desvantagens para o RIP como um tráfego maior de informações (TANENBAUM, 2011).

Sua configuração começa quando os IPs das redes estiverem configurados, ela ocorre em cada um dos roteadores presentes na rede dizendo quais redes aquele roteador enxerga, com isso a distribuição de pacotes para a atualização das tabelas de roteamento já pode acontecer. Seguindo o exemplo de uma rede com apenas dois roteadores mostrado pela figura 4 (SILVA, 2013).

Figura 4 – Topologia de Configuração RIP



Fonte: Autoria Própria

Tendo em vista que todos os componentes desta rede já foram configurados com o seu IP e que as redes que compõem este sistema são as demonstradas na imagem (10.0.0.0, 20.0.0.0 e 30.0.0.0) nós podemos iniciar a configuração do protocolo nos roteadores Router0 e Router 2. Para ambas as redes devem ser apontadas as redes que elas são vizinhas utilizando o seguinte trecho de código, para Router0 e Router2 respectivamente (SILVA, 2013).

Figura 5 – Configuração Exemplo RIP

```
Router(config)#router rip
Router(config-router)#network 10.0.0.0
Router(config-router)#network 20.0.0.0

Router(config)#router rip
Router(config-router)#network 20.0.0.0
Router(config-router)#network 30.0.0.0
```

Fonte: Autoria Própria

Com essas configurações definidas dentro dos roteadores, eles começam a enviar os dados das redes que são de sua vizinhança para todos os roteadores próximos, espalhando assim para toda a rede todos os pontos atingíveis da mesma. Com essa informação a tabela de roteamento é criada e o algoritmo de decisão da rota gera as melhores rotas para que a rede comece a funcionar (COMER, 2006).

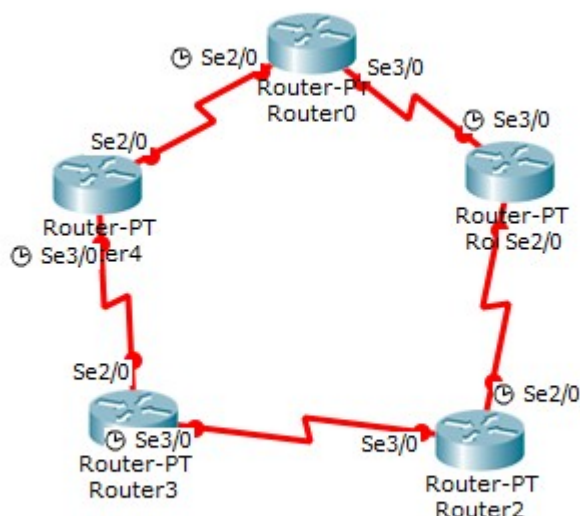
2.3.2 Convergência Protocolo RIP

O RIP envia mensagens regulares de atualização (o padrão do protocolo é que essas mensagens sejam enviadas a cada 30 segundos) e também quando alguma mudança na rede é identificada. Essa mensagem é identificada nos pontos na rede sempre armazenando o número de saltos para encontrar os roteadores, gerando assim as novas rotas, sendo que os roteadores mantêm em sua memória apenas as melhores rotas (aquelas com o menor número de “hops”) encontradas até então. Após todas as rotas serem traçadas os roteadores começam a transmitir entre si as informações dessas rotas para serem armazenadas em suas tabelas de roteamento. Este envio acontece independente do intervalo de atualização padrão do protocolo (TANENBAUM, 2011).

A convergência sempre ocorre de maneira a guardar os melhores caminhos possíveis dentro da topologia da rede, a cada envio de mensagem para os vizinhos é enviado no pacote as rotas que ele enxerga até então com o custo gerado por cada uma delas. A partir deste custo o roteador que recebeu este pacote pode atualizar sua tabela com os melhores valores recebidos pelos seus vizinhos, mantendo sempre os caminhos com o menor número de saltos entre os roteadores (COMER, 2006).

A propagação da mensagem ocorre de um roteador para os demais, sendo o roteador origem aquele onde a mudança de configuração ocorreu. Quando todos os roteadores tiverem sido atingidos pela atualização e todas as suas tabelas de roteamento tiverem sido modificadas eles enviam uma mensagem de retorno para que os demais roteadores também se atualizem e conheçam o restante do funcionamento da topologia utilizada (SOARES, 1995). A Figura 6 representa uma topologia utilizada para exemplificar o funcionamento do protocolo RIP.

Figura 6 – Topologia de Exemplo RIP

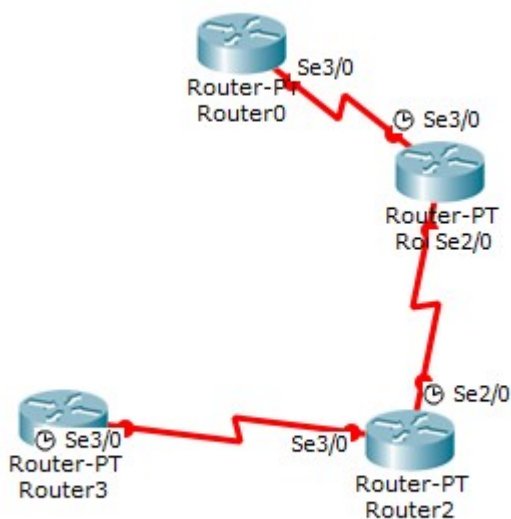


Fonte: Autoria Própria

Com esta rede devidamente convergida o melhor caminho entre os roteadores Router0 e Router3 seria pelo Router4 e teria o custo de 2 saltos. Este Router4 foi dado como inativo na rede durante a ativação de um dos temporizadores, automaticamente esse caminho recebe como custo o valor 16 (padrão dentro do funcionamento do protocolo para redes inatingíveis), como o roteador removido da topologia atinge diretamente os roteadores Router3 e Router0 os dois são os primeiros a começarem a se atualizar (SILVA, 2013).

Primeiramente eles marcam em sua tabela de roteamento as suas redes vizinhas para então enviar uma mensagem para os roteadores vizinhos, fazendo com que eles também possam modificar suas tabelas. Os roteadores vizinhos anotam as redes atingíveis e os seus respectivos custos para então também devolverem essa informação para todos os seus vizinhos, esse processo se repete até que todos os roteadores tenham consigo uma tabela de roteamento completa com todos os IPs atingíveis e também o custo gerado para cada um deles (TANENBAUM, 2011).

Figura 7 – Topologia de Exemplo RIP (Sem Router4)



Fonte: Autoria Própria

Com a rede completamente convergida o caminho ótimo entre os dois roteadores inicialmente citados (Router0 e Router3) seria outro. O caminho antigo consistia em um salto na rede entre os roteadores Router0 e Router4 e outro salto do Router4 para o Router3, o que resultava em custo de dois saltos. O novo caminho passa por todos os roteadores ativos da rede e possui um custo de três saltos, sendo que cada roteador está em uma ponta da topologia que antes era em formato de anel e agora tem um só caminho.

2.4 PROTOCOLO OSPF

O OSPF é um protocolo que utiliza *link-state* no lugar de vetores de distância quando está decidindo caminhos a serem seguidos dentro de uma rede. A informação contida em *link-state* é relativamente mais leve do que uma tabela de roteamento completa, o que faz com que a atualização do protocolo OSPF ocorra mais rapidamente do que em protocolos de vetor de distância como o protocolo RIP. Todos os roteadores dentro de uma topologia configurada com o protocolo OSPF possuem uma base de dados idêntica de *link-state*, nesta base de dados está contida uma lista de todos os roteadores atingíveis assim como os seus vizinhos diretos (TANENBAUM, 2011).

O protocolo OSPF possui algumas vantagens em relação ao RIP quando falamos sobre velocidade de reação ou até mesmo métrica para a seleção de caminhos. As mensagens de atualização do OSPF ocorrem mais esporadicamente do que as do protocolo RIP, o que gera um tráfego menor na rede, e a base de dados de *link-state* atualiza instantaneamente quando ocorre uma mudança, não tendo que esperar as informações dos outros temporizadores vinculados ao protocolo (COMER, 2006).

As decisões de roteamento são feitas em cima do custo das rotas, seja qual for a métrica utilizada, no RIP por exemplo são saltos, enquanto no OSPF o que é analisado é a largura de banda dos determinados trechos da rede. Esta largura de banda da rede pode ser configurada segundo a vontade do administrador da rede e respeitando também os limites do meio físico utilizado para o funcionamento da rede, essa configuração ocorre de maneira a ditar caminhos preferidos para a utilização da rede (MOY, 1998).

O algoritmo utilizado para a determinação das novas melhores rotas é chamado de SPF (*Short Path First*), ele é um algoritmo rápido, o que auxilia também a diminuição do tempo de convergência de redes configuradas com o OSPF, porém seu custo de CPU é considerado alto (TANENBAUM, 2011).

2.4.1 Configuração OSPF

A configuração do OSPF é feita quando todas as interfaces dos roteadores já estiverem devidamente configuradas com seus IPs. Cada roteador deve receber um comando de configuração que é dividido em duas partes, a primeira é uma linha que tem como função dar um número de identificação para aquele roteador e dizer que o protocolo a ser utilizado na configuração é o OSPF. A segunda linha da configuração serve para mostrar naquele roteador quais são as redes que ele enxerga, a máscara dessas redes e também a área que ele atinge, sendo que dentro de uma rede pode haver a divisão por áreas (SILVA, 2013).

É possível configurar também o custo de cada rota a ser criada pelo roteador variando o valor da largura de banda de cada enlace da rede, sendo escolhido o trajeto que possui uma maior largura de banda, o que permite o envio de uma quantidade maior de pacotes de dados de um ponto a outro da rede. Diferentes larguras de banda podem ser configuradas para cada enlace da rede (SILVA, 2013).

Figura 8 – Configuração de Largura de Banda OSPF

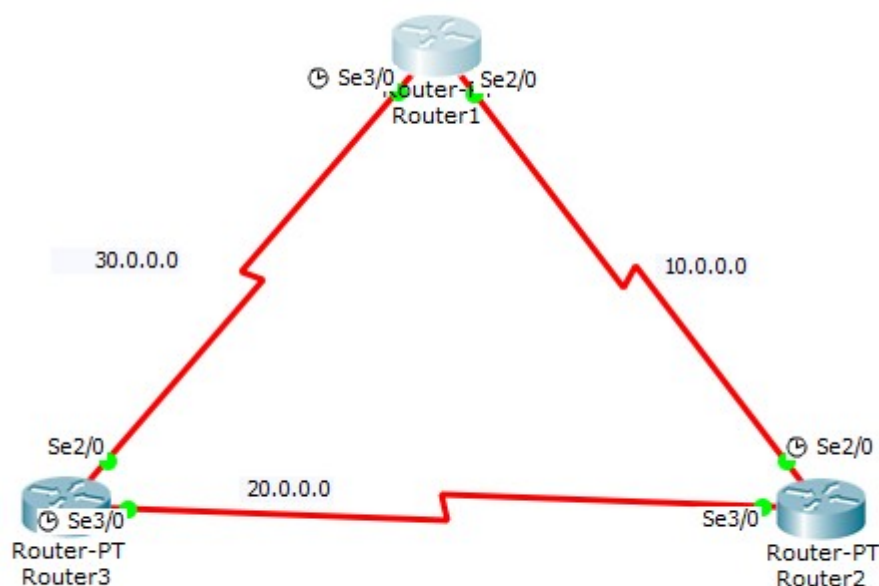
```

Router>en
Router#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router ospf 1
Router(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000
% OSPF: Reference bandwidth is changed.
Please ensure reference bandwidth is consistent across all routers.
Router(config-router)#

```

Fonte: Autoria Própria

Para uma melhor visualização de como é realizada a configuração do protocolo OSPF dentro de uma rede é apresentada, na Figura 9, a seguinte topologia de exemplo.

Figura 9 – Topologia Exemplo OSPF

Fonte: Autoria Própria

Esta topologia faz uso de três roteadores (Router1, Router2 e Router3). A ligação entre esses roteadores é dada pelas redes 10.0.0.0, 20.0.0.0 e 30.0.0.0, para configurar esta rede com o protocolo OSPF é necessário realizar a configuração de cada roteador independentemente, dando um número de identificação para cada e também demonstrar quais as redes que aquele roteador tem em sua vizinhança (SILVA, 2013).

Cada um dos roteadores enxerga apenas duas das três redes presentes na topologia, porém todos estão na mesma área definida como área 0, para que computadores conectados a estes roteadores consigam enviar mensagens entre si, e para que a base de dados de *link-state* seja criada com as melhores rotas deve-se então inserir dentro dos roteadores os parâmetros necessários. A Figura 10 demonstra a configuração destes parâmetros (FELIPPETTI, 2009).

Figura 10 – Exemplo Código de Configuração OSPF

```
Router(config)#router ospf 1
Router(config-router)#network 10.0.0.0 255.0.0.0 area 0
Router(config-router)#network 30.0.0.0 255.0.0.0 area 0
Router(config)#router ospf 2
Router(config-router)#network 10.0.0.0 255.0.0.0 area 0
Router(config-router)#network 20.0.0.0 255.0.0.0 area 0
Router(config-if)#router ospf 3
Router(config-router)#network 20.0.0.0 255.0.0.0 area 0
Router(config-router)#network 30.0.0.0 255.0.0.0 area 0
```

Fonte: Autoria Própria

Cada um dos roteadores recebe uma identificação, no exemplo o Router1 recebe o número de ospf 1, o Router2 o número de ospf 2 e o Router3 o número de ospf 3. As redes que são de sua vizinhança são destacadas assim como suas máscaras e as áreas de atuação das mesmas.

2.4.2 Convergência Protocolo OSPF

O tempo de convergência do protocolo OSPF é calculado pela soma de algumas funções realizadas pelo mesmo durante o processo de atualização, a fórmula para calcular este tempo de convergência é: tempo para a percepção de mudança na topologia + tempo para a propagação do evento + tempo de execução do algoritmo SPF + tempo para a atualização das estruturas de armazenamento de rota (TANENBAUM, 2011).

Assim como no RIP, o tempo que essas ações levam para serem executadas pode ser configurada diminuindo assim o tempo de convergência deste protocolo, como cada etapa da convergência é independente então a mudança nesses parâmetros não precisa seguir uma mudança escalar, é possível mudar apenas o

valor de um parâmetro se essa for a vontade do administrador da rede. Os tempos que podem ser alterados para a mudança no tempo de convergência de uma rede configurada com o protocolo OSPF são o tempo de funcionamento do algoritmo SPF e também a propagação de eventos por meio do gerador de atrasos LSA (*Link-State Advertisement*) (MOY, 1998).

A mudança desses dois parâmetros deve ser a mesma em todos os roteadores pois a configuração de dois valores distintos pode gerar algum erro durante o processo de convergência da rede. Para modificarmos os parâmetros da configuração do algoritmo SPF é necessário ter o conhecimento de três valores apresentados na configuração (SILVA, 2013).

Figura 11 – Exemplo Configuração SPF

```
Router(config)#router ospf 1
Router(config-router)#network 10.0.0.0 255.0.0.0 area 0
Router(config-router)#timers throttle spf 10 100 5000
```

Fonte: Autoria Própria

Como mostrado na Figura 11, a configuração do tempo utilizado pelo SPF utiliza de três valores, o *spf-start*, o *spf-hold* e o *spf-max-wait*. O valor para *spf-start* representa quanto tempo demora para o algoritmo SPF começar a funcionar. Se nenhuma modificação na topologia da rede ocorrer durante este intervalo de tempo o algoritmo é autorizado a começar a calcular novas rotas para a rede. O parâmetro *spf-hold* determina o tempo mínimo entre dois cálculos realizados pelo algoritmo SPF, enquanto o *spf-max-wait* determina o intervalo máximo aguardado entre cálculos do algoritmo SPF, sendo que cada um desses tempos segue uma escala em milissegundos (TANENBAUM, 2011).

Figura 12 – Exemplo Configuração LSA

```
Router(config-router)#router ospf 1
Router(config-router)#network 10.0.0.0 255.0.0.0 area 0
Router(config-router)#timers throttle lsa all 10 100 5000
```

Fonte: Autoria Própria

Os valores que controlam o funcionamento da propagação de eventos também são três, o *lsa-start*, o *lsa-hold* e o *lsa-max-wait*. Assim como no SPF o primeiro valor determina quanto o LSA deve aguardar para propagar as mudanças

de eventos dentro da rede, enquanto os dois parâmetros seguintes têm como função determinar os tempos mínimos e máximos de aguardo entre cada execução das funções do LSA. É importante que a configuração desses dois parâmetros seja feita de maneira que o LSA e o SPF possam trabalhar em paralelo sem um se sobrepor ao outro, caso um temporizador seja configurado com um tempo muito baixo e o outro com um tempo muito alto, o funcionamento deles podem se cancelar (FELIPPETTI, 2009).

Alguns modelos de roteadores como a série ASA da Cisco conseguem rodar duas instâncias do protocolo OSPF em uma mesma rede utilizando interfaces diferentes, o que é necessário quando se quer trabalhar com uma mesma margem de IP em interfaces diferentes. É possível realizar a conversação entre essas duas instâncias para a troca de informação sobre as rotas geradas pela convergência da rede, sendo que essa informação das rotas pode também ser retirada de outros protocolos de roteamento dinâmico como o RIP (SILVA, 2013).

A convergência de uma rede configurada com o protocolo OSPF tem quatro processos principais que ocorrem durante a sua atualização. O primeiro destes processos é o tempo que a rede leva para detectar a falha dentro de sua topologia, existem algumas tecnologias que podem auxiliar no aumento da velocidade de detecção destas mudanças, assim como alguns meios internos do próprio protocolo, um exemplo destes mecanismos internos seria o chamado *FastHello*, esta técnica consiste em diminuir o intervalo de envio de mensagens *Hello* (mensagem trocada entre roteadores vizinhos para que todos saibam qual é a sua vizinhança ativa) para um segundo, fazendo com que no momento em que houver uma mudança na topologia da rede algum roteador note isso no máximo em um segundo (SILVA, 2013).

Porém o uso de *FastHellos* tem um problema, eles acarretam o envio muito frequente de mensagens de controle, o que faz a rede ter um tráfego e gasto de CPU maior do que o normal, em uma topologia onde o número de roteadores é grande isso pode não ser proveitoso já que o número de mensagens *Hello* aumenta consideravelmente. Após a detecção da falha ocorrer a rede deve propagar essa informação para todos os roteadores que permanecem funcionando, essa mudança na rede é apresentada por meio de envios de mensagem de LSA (FELIPPETTI, 2009).

O protocolo OSPF possui um temporizador que controla a frequência com a qual estes tipos de dados são enviados para propagar os eventos da rede, o que é chamado de *LSA generation delay*. Três valores definem a maneira como esse atraso de uma mensagem para a outra será controlado, o primeiro diz de quanto será o intervalo inicial entre o tempo em que a mudança na rede foi percebida e o momento em que a primeira mensagem LSA será enviada, é chamado de *initial interval*. O segundo valor é o intervalo mínimo entre cada envio de mensagem de atualização do *link-state*, chamado de *hold*. Sempre que um evento ocorrer durante o intervalo de envio de mensagem de propagação de eventos, será aguardado o tempo definido pelo parâmetro *hold* até que uma nova mensagem de atualização possa ser enviada (RASTOGI, 1998).

O último e terceiro parâmetro é chamado *max_wait* que é o tempo máximo de espera entre envios de mensagem, sendo que o *hold* pode variar de acordo com as novas mudanças que a rede for sofrendo em sua configuração ou topologia, porém chega em um ponto onde aguardar não é mais possível, este ponto é o parâmetro *max_wait*. A geração de mensagens LSA e o seu envio afetam diretamente o tempo de convergência da rede, por isso é importante saber configurar este temporizador de modo que ele consiga corrigir os problemas com o mínimo de tempo possível. Colocar o valor deste temporizador como zero não é indicado pois em uma situação onde mais de uma mudança na topologia ocorra simultaneamente isso poderia gerar um erro na convergência da rede (RASTOGI, 1998).

Após a propagação dos eventos ter sido completada o algoritmo SPF começa a rodar para gerar as novas rotas a serem utilizadas pela rede. Antigamente quando as CPUs tinham menos poder de processamento, este algoritmo acabava impactando mais sobre o tempo de convergência em redes, isso devido ao seu alto custo de processamento, porém esse impacto foi consideravelmente reduzido com o desenvolvimento da tecnologia de CPUs. Uma versão aprimorada do SPF foi criada, é chamada de SPF Incremental, ela realiza a mesma função do algoritmo SPF porém apenas no ponto onde a rede sofreu alteração (COMER, 2006).

O tempo que este processo leva é dividido em duas partes, a primeira é o tempo que o algoritmo leva para ser executado e trazer as novas rotas e a segunda parte é o tempo gasto para manipular a base de informações de roteamento. A execução do algoritmo pode ter seu tempo reduzido mudando seus parâmetros *spf-*

start, *spf-hold* e *spf-max-wait*, porém essa configuração deve ser pensada com relação à instabilidade da rede, pois mudanças muito frequentes podem acabar prejudicando o funcionamento do algoritmo dependendo do tempo que ele tem guardado para sua execução (COMER, 2006).

Após a execução do algoritmo SPF ser concluída o protocolo OSPF irá atualizar as bases de informação de roteamento para que todos os roteadores conheçam o novo formato da topologia. Este processo é o que leva mais tempo dentro da convergência de redes OSPF, podendo tornar lenta a convergência no caso de uma topologia com vários roteadores. Duas maneiras de reduzir o tempo de atualização da base de informação de roteamento é garantir que sejam atualizadas primeiro as rotas consideradas mais importantes (FELIPPETTI, 2009).

2.5 SIMULADOR GNS3

O simulador utilizado neste trabalho é chamado GNS3, por possuir a sua execução junto ao sistema operacional da máquina utilizada, ele garante uma grande proximidade, no quesito de funcionamento, em relação à uma rede real implementada. Sua instalação ocorre em duas etapas, a primeira é a instalação do próprio simulador, com o instalador disponibilizado pela própria empresa desenvolvedora. A segunda etapa é a definição dos componentes que serão utilizados em sua simulação, após decidido quais roteadores serão utilizados, suas imagens devem ser inseridas dentro do roteador para que ele reconheça o componente e a maneira como ele funciona (SILVA, 2013).

Com as imagens devidamente instaladas é possível iniciar a configuração da rede, as imagens a ser utilizadas na simulação devem ser deslocadas para dentro da rede criada e suas ligações são realizadas a partir de ferramentas do próprio simulador, quando a rede inteira está devidamente conectada ela pode ser ligada a partir de um botão "*play*", para que seja então iniciada a sua configuração a partir do console de cada roteador inserido na rede e também de cada computador. Com a rede completamente configurada esta ferramenta fornece qualquer função que uma rede comum forneceria, como por exemplo envio mensagens e também a geração de relatórios para ser analisado o funcionamento da rede como um todo (SILVA, 2013).

3 DESENVOLVIMENTO

Para dar início ao desenvolvimento da simulação de convergência dos dois protocolos estudados (RIP e OSPF) o primeiro passo a ser tomado é a criação da topologia da rede que servirá como meio de trabalho. Esta rede deve possuir redundância de caminhos para que os protocolos possam achar novas rotas satisfatórias, e assim concluir o envio de pacotes de dados.

3.1 TOPOLOGIA

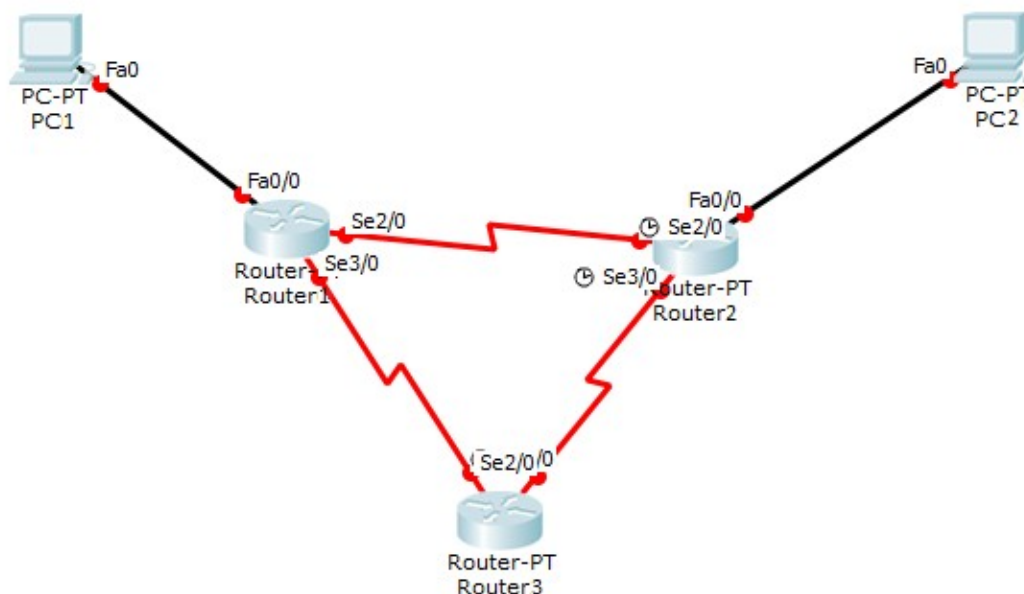
Os testes foram desenvolvidos em duas topologias diferentes, uma delas a menor rede com redundância possível, enquanto a outra tem mais roteadores. Os dois ambientes de teste foram criados para ser possível observar como o desempenho da rede varia com um mesmo protocolo porém com tamanhos diferentes.

3.1.1 Topologia 1

A topologia a ser utilizada durante as simulações foi definida como a menor rede com redundância possível. Os pacotes devem ser enviados de um computador para o outro com a rede configurada, de modo que, em todo passo da simulação as variáveis que influenciem no resultado sejam as mesmas, assim um ambiente de simulação correto pode ser criado. A distribuição da rede utiliza três roteadores ligados em anel e dois computadores conectados aos roteadores nos extremos.

O envio dos pacotes do PC1 para o PC2 e do PC2 para o PC1 tem dois possíveis caminhos, o caminho escolhido por ambos os protocolos como o caminho ótimo deve ser a ligação entre o Router1 e o Router2, pois pelo RIP é o caminho com o menor número de saltos e como a largura de banda de ambos os caminhos é igual o OSPF acaba escolhendo pelo caminho com menor distância. A redundância é feita pela conexão dos roteadores Router1 e Router3, e da ligação do Router3 com o Router2, o que provém uma rota alternativa porém mais custosa. A distribuição da topologia proposta é demonstrada na Figura 13.

Figura 13 – Topologia 1



Fonte: Autoria Própria

As conexões entre os pontos da topologia geram cinco redes, cujos endereços IP são determinados como 10.0.0.0, 20.0.0.0, 30.0.0.0, 40.0.0.0 e 50.0.0.0, todos com máscaras 255.0.0.0. Cada uma dessas ligações gera dois endereços de IP para cada componente, o IP dos roteadores sendo indicado dentro dos computadores como *gateways*. A relação de IP entre esses pontos é indicado pela Tabela 1 (IP configurado na porta do componente da primeira coluna).

Tabela 1 – Relação de IP da Topologia 1

	PC1	Router1	Router2	Router3	PC2
PC1	---	10.0.0.1	---	---	---
Router1	10.0.0.2	---	20.0.0.1	30.0.0.1	---
Router2	---	20.0.0.2	---	40.0.0.2	50.0.0.1
Router3	---	30.0.0.2	40.0.0.1	---	---
PC2	---	---	50.0.0.2	---	---

Fonte: Autoria Própria

A conexão entre o PC1 e o Router1 recebe o endereço 10.0.0.0, sendo o IP do PC1 o 10.0.0.1 e o IP do Router1 o IP 10.0.0.2. A conexão entre o Router1 e Router2 recebe o endereço 20.0.0.0, sendo eles respectivamente 20.0.0.1 e 20.0.0.2. A rede 30.0.0.0 é feita na conexão do Router1 com o Router3,

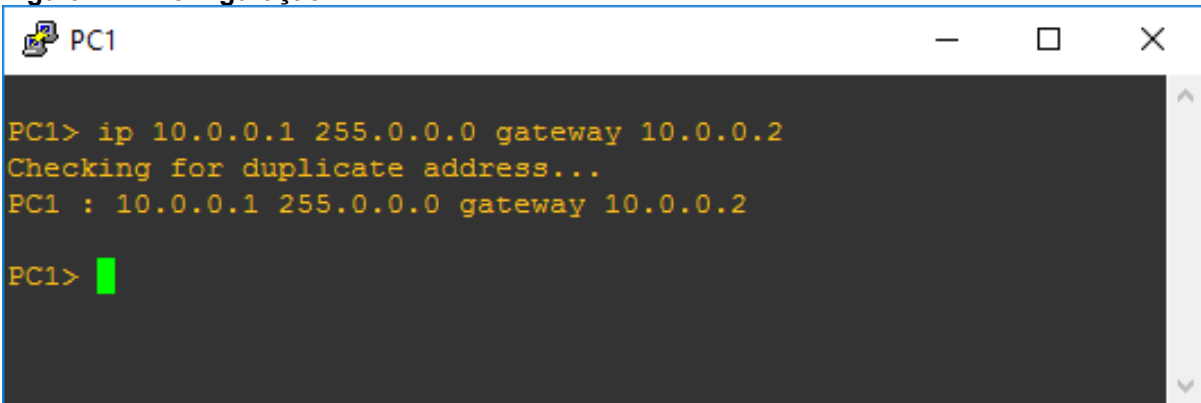
respectivamente 30.0.0.1 e 30.0.0.2. A rede 40.0.0.0 é feita a partir da ligação do protocolo Router3 com o Router2, onde o Router3 tem sua porta configurada como 40.0.0.1 e o Router2 40.0.0.2. A última conexão que ocorre é entre o Router2 e o PC2 e recebe o endereço IP 50.0.0.0, sendo o Router2 50.0.0.1 e o PC2 50.0.0.2.

As ligações entre PCs e Routers são realizadas a partir de portas *FastEthernet* e a ligação entre roteadores acontece utilizando portas Serial. Com a topologia da rede definida o próximo passo é configurar essa rede para que inicie seu funcionamento.

3.1.2 Configuração da Topologia 1

A configuração da rede como um todo é realizada por partes, cada componente da rede deve ser configurado individualmente mas de maneira a conectar todos os pontos da rede e fazer ela funcionar como uma só. O primeiro ponto da rede a ser configurado é o PC1, dentro dele é preciso configurar sua porta f0/0 (*FastEthernet* 0/0) com o seu endereço de IP e a máscara utilizada pela rede. Outro valor a ser determinado aqui é o gateway utilizado pelo computador PC1 para se comunicar com a rede, para esse valor é atribuído o endereço IP determinado para a porta *FastEthernet* 0/0 do roteador Router1 (10.0.0.2). Sua configuração é representada pela Figura 14.

Figura 14 – Configuração PC1



```
PC1> ip 10.0.0.1 255.0.0.0 gateway 10.0.0.2
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.0.1 255.0.0.0 gateway 10.0.0.2

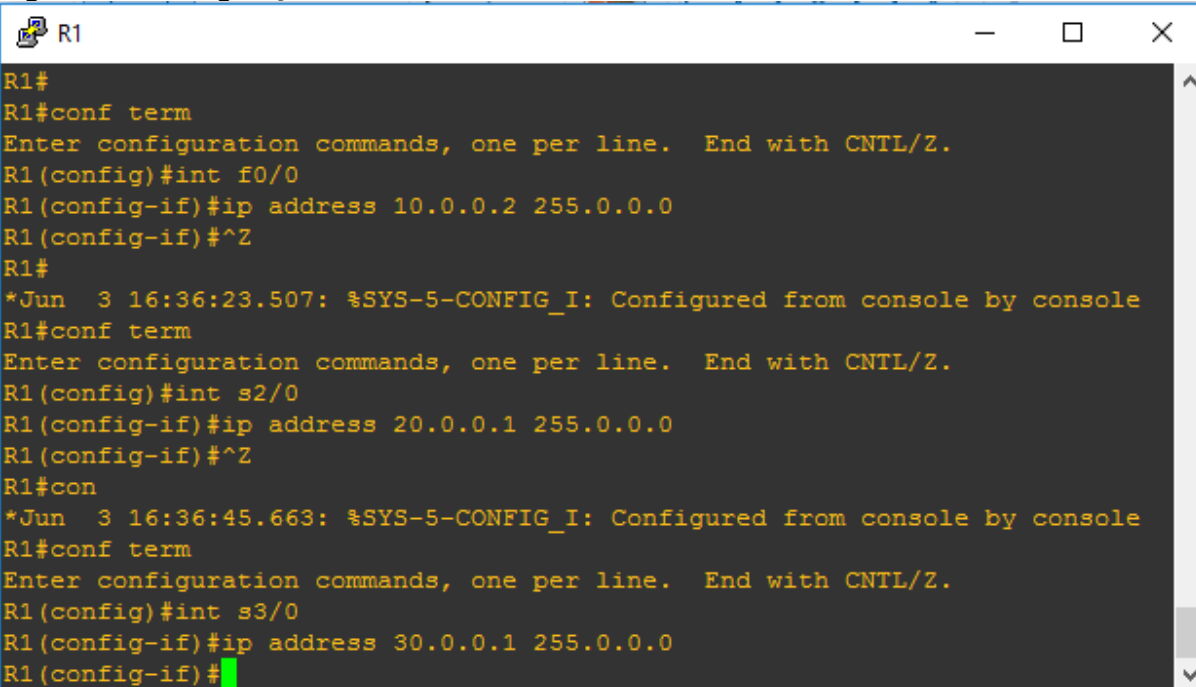
PC1> █
```

Fonte: Autoria Própria

O segundo passo é a configuração do Router1, como esse roteador possui três portas sendo utilizadas é preciso configurar cada uma separadamente. Sua

primeira porta a ser configurada é a porta *FastEthernet* 0/0, que deve ser configurada com o IP 10.0.0.2. A próxima porta a ser configurada é a Serial 2/0 que deve conter o valor IP 20.0.0.1, e por último será configurada a porta Serial 3/0 com o valor de IP 30.0.0.1. Sua configuração é realizada conforme mostrado na Figura 15.

Figura 15 – Configuração Router1

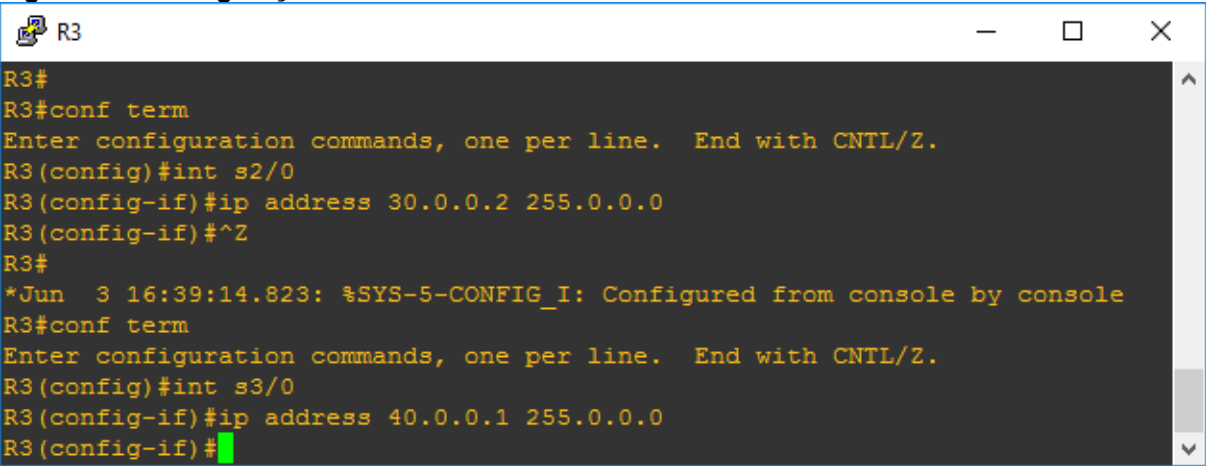


```
R1#
R1#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#int f0/0
R1(config-if)#ip address 10.0.0.2 255.0.0.0
R1(config-if)#^Z
R1#
*Jun 3 16:36:23.507: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#int s2/0
R1(config-if)#ip address 20.0.0.1 255.0.0.0
R1(config-if)#^Z
R1#con
*Jun 3 16:36:45.663: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#int s3/0
R1(config-if)#ip address 30.0.0.1 255.0.0.0
R1(config-if)#
```

Fonte: Autoria Própria

O terceiro passo é a configuração do Router3, esse roteador tem contato com duas redes logo duas portas devem ser configuradas, são elas a porta Serial 2/0 e a porta Serial 3/0. Para a porta Serial 2/0 é atribuído o valor 30.0.0.2 e para a porta Serial 3/0 é atribuído o valor 40.0.0.1, indicando assim seus endereço IP para cada rede a qual este roteador está conectado. Sua configuração é realizada conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 – Configuração Router3

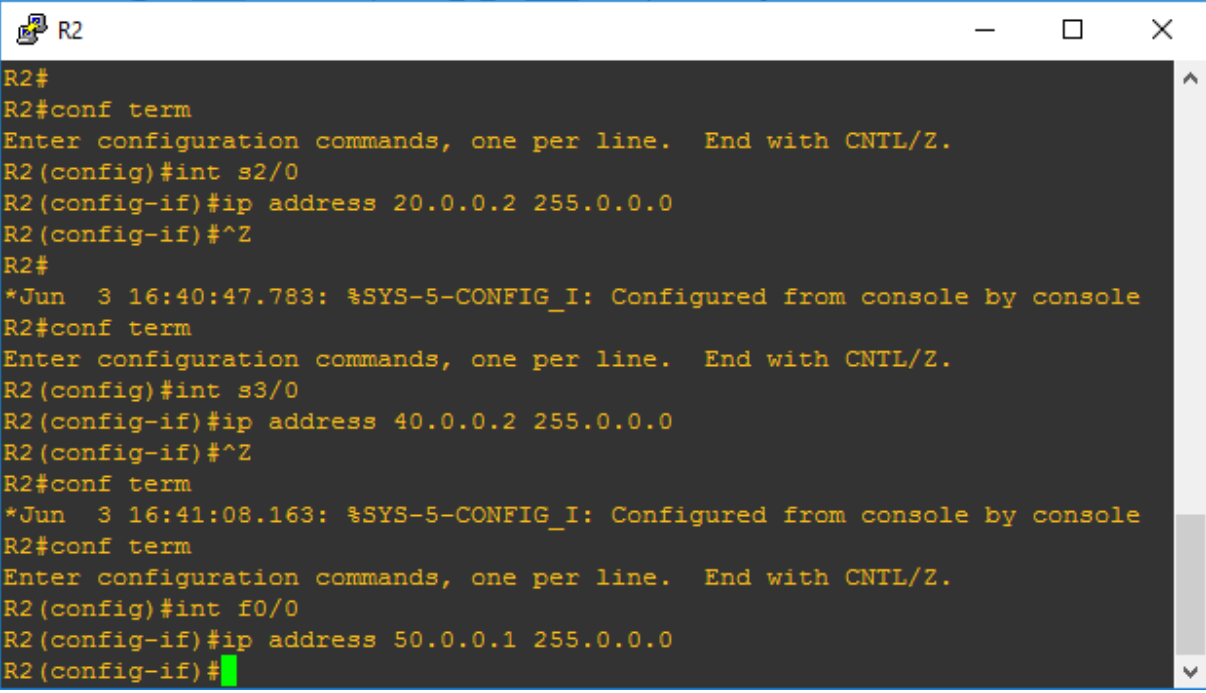


```
R3#
R3#conf term
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R3(config)#int s2/0
R3(config-if)#ip address 30.0.0.2 255.0.0.0
R3(config-if)#^Z
R3#
*Jun 3 16:39:14.823: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R3#conf term
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R3(config)#int s3/0
R3(config-if)#ip address 40.0.0.1 255.0.0.0
R3(config-if)#
```

Fonte: Autoria Própria

O quarto passo é a configuração do Router2, assim como o Router1 ele possui ligação com três redes, a 20.0.0.0, a 40.0.0.0 e a 50.0.0.0 (diferentemente do Router1 que possuía com a rede 10.0.0.0 onde também se ligava a um computador). A sua conexão com o roteador Router1 é feita a partir da porta Serial 2/0, nesta porta é configurado o endereço IP 20.0.0.2. A ligação entre o Router2 e o Router3 é realizada a partir da porta Serial 3/0 que deve ser configurada com o IP 40.0.0.2. E por fim deve ser realizada a configuração da porta que conecta este roteador com o computador PC2 a partir da porta *FastEthernet* 0/0, onde o valor de endereço IP a ser empregado é o valor 50.0.0.1. Sua configuração é realizada conforme mostra a Figura 17.

Figura 17 – Configuração Router2



```
R2#
R2#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#int s2/0
R2(config-if)#ip address 20.0.0.2 255.0.0.0
R2(config-if)#^Z
R2#
*Jun  3 16:40:47.783: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R2#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#int s3/0
R2(config-if)#ip address 40.0.0.2 255.0.0.0
R2(config-if)#^Z
R2#conf term
*Jun  3 16:41:08.163: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R2#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#int f0/0
R2(config-if)#ip address 50.0.0.1 255.0.0.0
R2(config-if)#
```

Fonte: Autoria Própria

O quinto e último passo da configuração da topologia da rede é a configuração da porta do computador PC2 que faz a conexão entre o PC2 e o Router2, a *FastEthernet* 0/0. Para essa porta que está localizada na rede de endereço 50.0.0.0 é atribuído o valor de endereço IP 50.0.0.2, e em seguida deve ser atribuído como gateway para essa rede o valor do endereço de IP da porta *FastEthernet* 0/0 do Router2, pois é por esse roteador que o computador PC2 irá se comunicar com a rede. Sua configuração é realizada conforme mostra a Figura 18.

Figura 18 – Configuração PC2



```
PC2>
PC2> ip 50.0.0.2 255.0.0.0 gateway 50.0.0.1
Checking for duplicate address...
PC1 : 50.0.0.2 255.0.0.0 gateway 50.0.0.1
PC2>
```

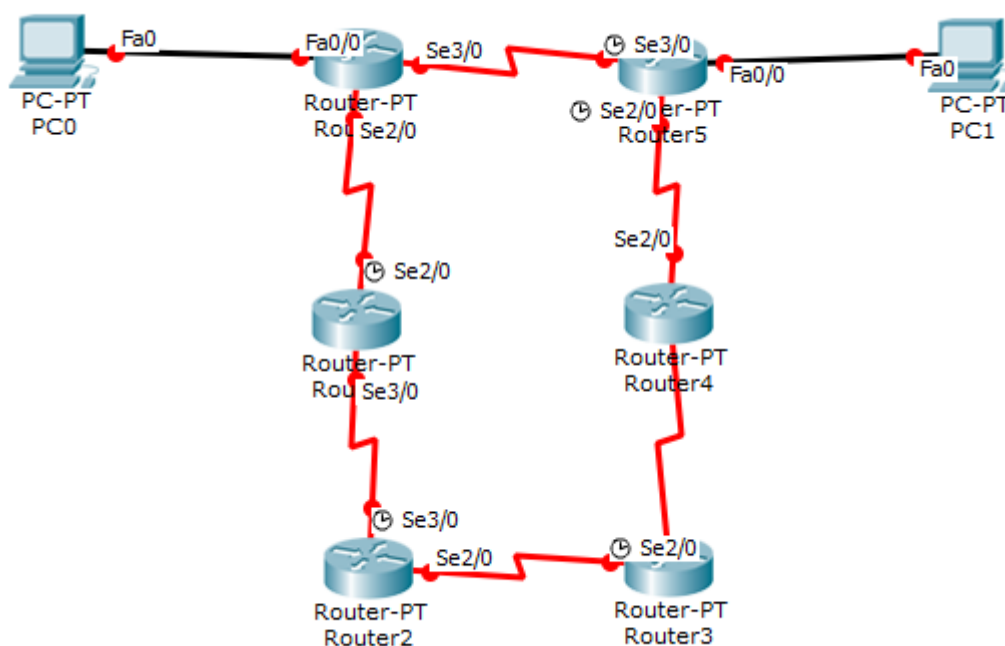
Fonte: Autoria Própria

Com essas etapas de configuração realizadas a rede está pronta para receber os protocolos de roteamento de dinâmico e assim iniciar os testes, o primeiro protocolo a ser testado é o protocolo RIP.

3.1.3 Topologia 2

A topologia 2 apresenta um formato com mais roteadores do que a topologia 1 e tem o seu formato definido como um anel, ela faz uso de seis roteadores e dois computadores, seu formato é representado pela Figura 19.

Figura 19 – Topologia 2



Fonte: Autoria Própria

A distribuição de IP dessa rede foi configurada de modo que os seguintes endereços IP foram utilizados, 10.0.0.0, 20.0.0.0, 30.0.0.0, 40.0.0.0, 50.0.0.0, 60.0.0.0, 70.0.0.0 e 80.0.0.0, todas com máscara 255.0.0.0. A organização com a qual esses endereços IP foram distribuídos é demonstrado pela Tabela 2.

Tabela 2 – Relação de IP da Topologia 2

	PC0	PC1	Router0	Router1	Router2	Router3	Router4	Router5
PC0	---	---	10.0.0.0	---	---	---	---	---
PC1	---	---	---	---	---	---	---	80.0.0.0
Router0	10.0.0.0	---	---	20.0.0.0	---	---	---	70.0.0.0
Router1	---	---	20.0.0.0	---	30.0.0.0	---	---	---
Router2	---	---	---	30.0.0.0	---	40.0.0.0	---	---
Router3	---	---	---	---	40.0.0.0	---	50.0.0.0	---
Router4	---	---	---	---	---	50.0.0.0	---	60.0.0.0
Router5	---	80.0.0.0	70.0.0.0	---	---	---	60.0.0.0	---

Fonte: Autoria Própria

A ligação entre PCs e roteadores acontece a partir de portas *FastEthernet* enquanto a ligação entre roteadores ocorre a partir de portas seriais, assim como na topologia 1. Porém, neste cenário os endereços IP variam de acordo com o que foi demonstrado na Tabela 2.

3.1.4 Configuração da Topologia 2

A configuração começa pelos PCs, o PC0 recebe como valores de configuração o endereço IP 10.0.0.1, e como *gateway* recebe o valor 10.0.0.2. O PC1 recebe como endereço IP o valor 80.0.0.2 e como *gateway* recebe o valor 80.0.0.1.

O primeiro roteador a ser configurado é o Router0, primeiramente deve ser configurada sua porta f0/0 (*FastEthernet* 0/0) com o valor 10.0.0.2, o mesmo do *gateway* do PC0, em seguida sua porta serial 2/0 é configurada com o valor 20.0.0.1, e sua porta serial 3/0 é configurada com o endereço IP 70.0.0.1, terminando assim a configuração do Router0.

O segundo roteador a ser configurado é o Router1, suas duas portas seriais devem ser configuradas, a serial 2/0 recebe o valor 20.0.0.2, enquanto a serial 3/0 recebe o valor 30.0.0.1. O terceiro roteador é o Router2, sua configuração ocorre

colocando o valor 30.0.0.2 para a sua porta serial 3/0 e o valor 40.0.0.1 para a sua porta serial 2/0.

O quarto roteador a ser configurado é o Router4, em sua porta serial 2/0 ele recebe o valor 40.0.0.2 enquanto em sua porta serial 3/0 ele recebe o valor 50.0.0.1. O quinto roteador recebe os valores 50.0.0.2 em sua porta serial 3/0 e 60.0.0.1 em sua porta serial 2/0. O sexto e último roteador tem três valores atribuídos à sua configuração, em sua porta f0/0 ele recebe o endereço IP 80.0.0.1, enquanto em sua porta serial 2/0 recebe o valor 60.0.0.2, e na porta serial 3/0 recebe o valor 70.0.0.2. Com isso a configuração da topologia 2 é encerrada.

3.2 TOPOLOGIA 1 COM RIP

A configuração do protocolo RIP acontece individualmente em cada roteador, é necessário apontar que o protocolo a ser utilizado é o RIP e também o endereço IP de cada rede atingida por aquele roteador sendo configurado. Cada roteador tem a sua vizinhança, as redes próximas a cada roteador são indicadas pela Tabela 3.

Tabela 3 – Redes da Vizinhança Topologia 1

Roteadores	10.0.0.0	20.0.0.0	30.0.0.0	40.0.0.0	50.0.0.0
Router1	X	X	X	--	--
Router2	--	X	--	X	X
Router3	--	--	X	X	--

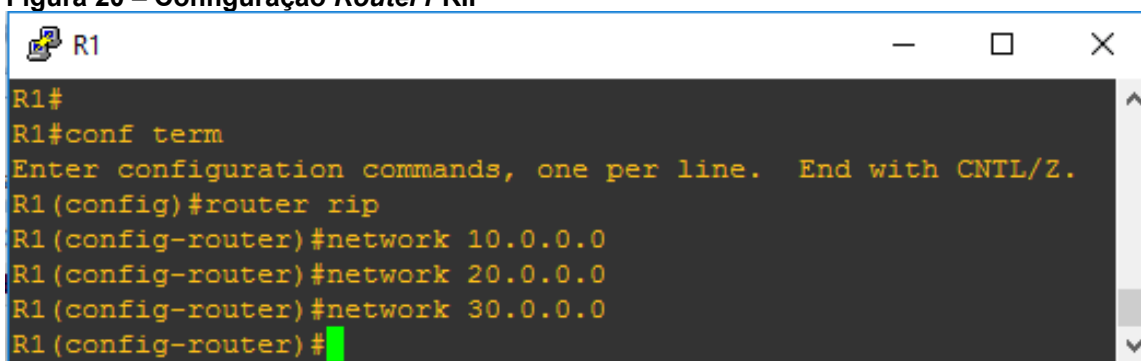
Fonte: Aatoria Própria

Com esses dados pode-se começar a configuração do protocolo, sendo três endereços IP atribuídos para o Router1 (10.0.0.0, 20.0.0.0 e 30.0.0.0), três endereços IP atribuídos para o Router2 (20.0.0.0, 40.0.0.0 e 50.0.0.0) e dois endereços IP atribuídos para o Router3 (30.0.0.0 e 40.0.0.0).

3.2.1 Configuração RIP (Topologia 1)

A configuração de cada roteador é feita separadamente, o primeiro roteador a ser configurado é o Router1, as redes que ele enxerga são 10.0.0.0, 20.0.0.0 e 30.0.0.0, isso deve ser indicado através do console de configuração como mostrado pela Figura 20.

Figura 20 – Configuração Router1 RIP

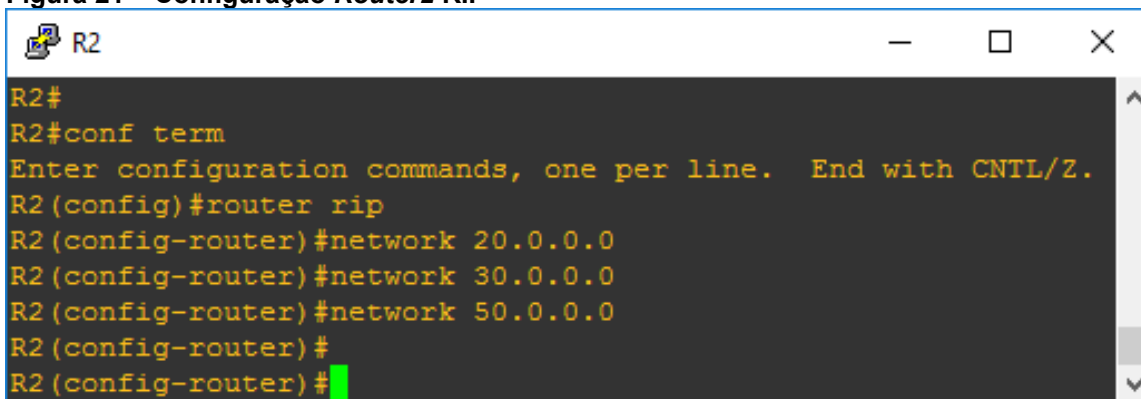


```
R1#
R1#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#router rip
R1(config-router)#network 10.0.0.0
R1(config-router)#network 20.0.0.0
R1(config-router)#network 30.0.0.0
R1(config-router)#
```

Fonte: Aatoria Própria

O segundo passo da configuração do protocolo RIP nessa topologia é configurar o roteador Router2, indicando também o protocolo a ser utilizado e as redes que participam da vizinhança deste protocolo (20.0.0.0, 30.0.0.0 e 50.0.0.0). Essa configuração é representada na Figura 21.

Figura 21 – Configuração Router2 RIP

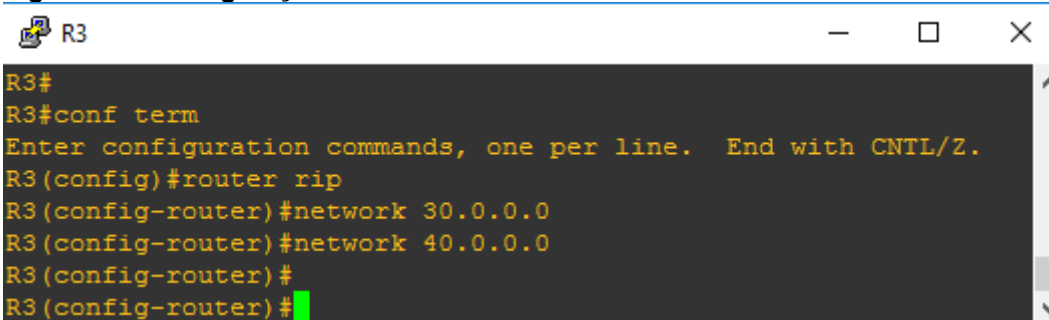


```
R2#
R2#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#router rip
R2(config-router)#network 20.0.0.0
R2(config-router)#network 30.0.0.0
R2(config-router)#network 50.0.0.0
R2(config-router)#
```

Fonte: Aatoria Própria

O terceiro e último passo para a configuração do RIP é indicar o protocolo e redes vizinhas do roteador Router3. O protocolo a ser utilizado é o RIP e suas redes vizinhas são 30.0.0.0 e 40.0.0.0. Sua configuração é representada pela Figura 22.

Figura 22 – Configuração Router3 RIP



```

R3#
R3#conf term
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R3(config)#router rip
R3(config-router)#network 30.0.0.0
R3(config-router)#network 40.0.0.0
R3(config-router)#
R3(config-router)#

```

Fonte: Autoria Própria

Com os três roteadores devidamente configurados quanto ao protocolo de roteamento é possível iniciar a simulação do trabalho proposto.

3.2.2 Simulação RIP (Topologia 1)

Os testes envolvendo o protocolo RIP são desenvolvidos da seguinte maneira, com a rede em funcionamento a rota com menor custo da nossa topologia é pela rede 20.0.0.0, a porta Serial 2/0 do roteador Router1 será desligada forçando a rede a convergir, isso será realizado três vezes, armazenando o tempo que levou para convergir e também o gasto de CPU durante o processo. A cada vez que o teste for executado serão alterados os parâmetros que influenciam no tempo dessa convergência, ou seja, os temporizadores do protocolo. O valor destes parâmetros é indicado pela Tabela 4.

Tabela 4 – Valores dos Parâmetros do Timer RIP

Teste	Update Timer (ms)	Invalid Timer (ms)	Hold-Down Timer (ms)	Flush Timer (ms)
Teste 1	30	120	120	240
Teste 2	20	80	80	160
Teste 3	15	60	60	120

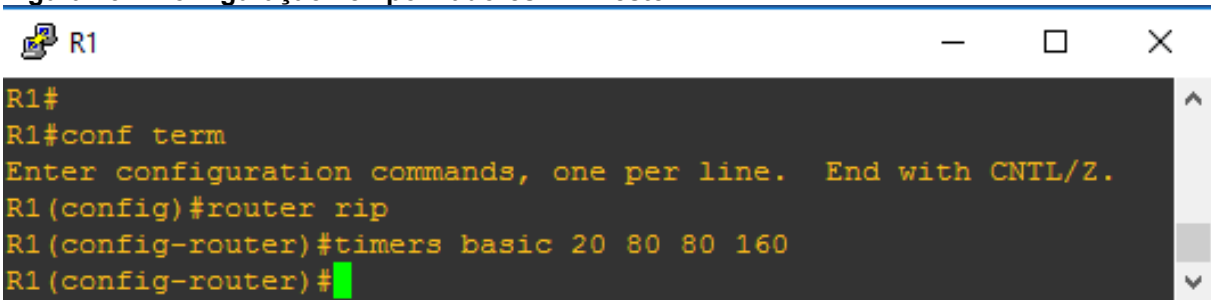
Fonte: Autoria Própria

Para realizar o Teste 1 é preciso apenas configurar os temporizadores *Invalid Timer* e *Hold-Down Timer* pois os outros valores utilizados já vêm por *default* configurados no valor requerido para o teste, após estes dois valores terem sido

configurados é possível ir direto para a realização do teste. Com a execução do primeiro teste se obteve um tempo de convergência de 87 segundos e junto disso um gasto de CPU de 37% da CPU do roteador utilizado durante o processo.

Em seguida, para ser realizado o segundo teste é necessário configurarmos os valores do temporizador, para adquirir uma convergência mais rápida devemos diminuir os valores destes parâmetros, buscando uma resposta mais rápida por parte do protocolo durante seus processos. O valor selecionado foi 2/3 do valor do Teste 1, ou seja, o *Update-Timer* variou de 30 para 20, o *Invalid-Timer* e o *Hold-Down Timer* variaram de 120 para 80, e o *Flush-Timer* variou de 240 para 160. Na Figura 22 está sendo demonstrado o comando para configurar o temporizador dos roteadores.

Figura 23 – Configuração Temporizadores RIP Teste 2



```
R1#
R1#conf term
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R1(config)#router rip
R1(config-router)#timers basic 20 80 80 160
R1(config-router)#
```

Fonte: Autoria Própria

Após configurar os temporizadores dos três roteadores o teste é iniciado desativando novamente a porta Serial 2/0 do roteador Router1. Após a convergência os resultados recebidos são de que a atualização das rotas durou um tempo de 56 segundos e fez uso de 47% da CPU do roteador. Com os resultados do segundo teste do RIP armazenados preparamos então a rede para o teste 3, configurando novamente os valores dos temporizadores RIP, essa configuração é mostrada na Figura 23.

Figura 24 – Configuração Temporizadores RIP Teste 3

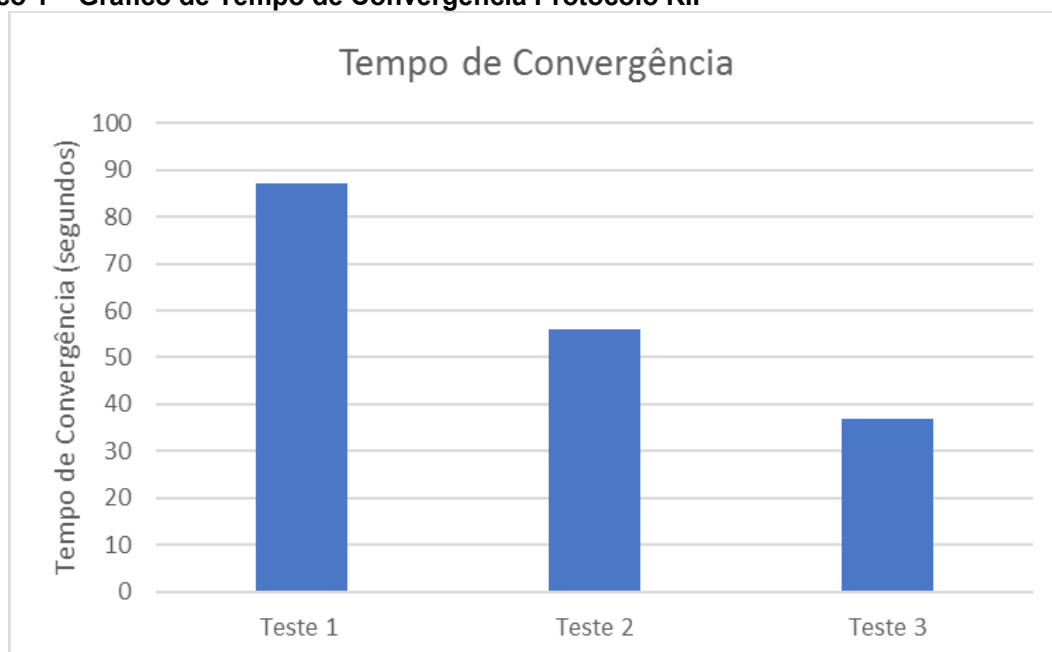
```
R1#
R1#conf term
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R1(config)#router rip
R1(config-router)#timer basic 15 60 60 120
R1(config-router)#
R1(config-router)#
```

Fonte: Autoria Própria

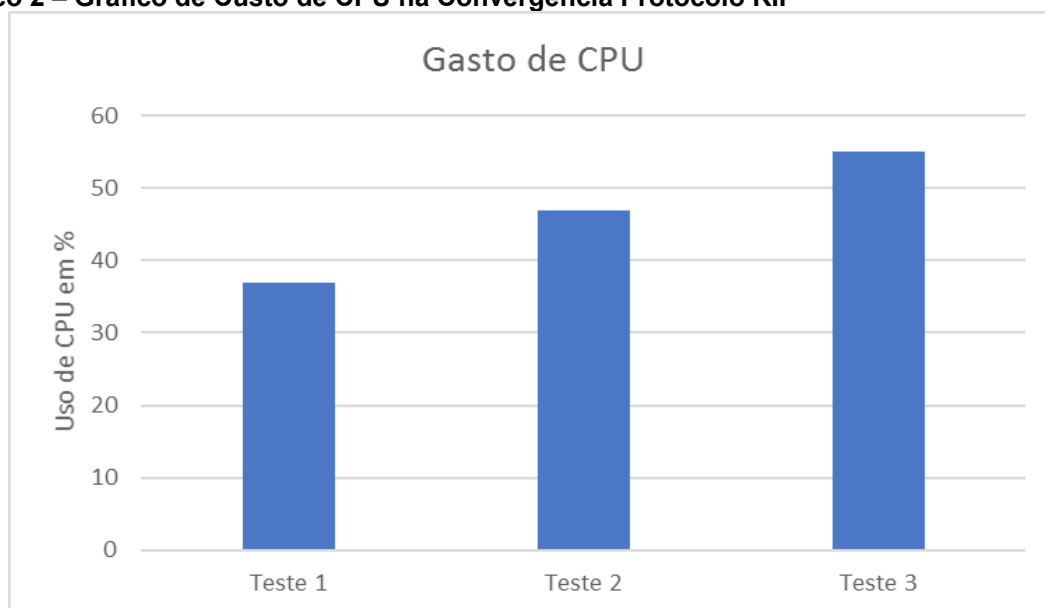
O terceiro teste modifica os valores de parâmetros pela metade em relação ao valor *default*, ou seja, o *Update-Timer* variou de 30 para 15, o *Invalid-Timer* e o *Hold-Down Timer* variaram de 120 para 60, e o *Flush-Timer* variou de 240 para 120. Após configurar novamente os três roteadores com os parâmetros indicados, é iniciado o terceiro e último teste com a rede configurada com o protocolo RIP derrubando a porta Serial 2/0 do roteador Router1.

Os resultados adquiridos por este terceiro teste indicam que a rede demorou um tempo de 37 segundos para convergir e atualizar todas suas tabelas de roteamento e isso gerou um custo de 55% de uso CPU. Os Gráficos 1 e 2 representam os resultados adquiridos pelos testes realizados.

Gráfico 1 – Gráfico de Tempo de Convergência Protocolo RIP



Fonte: Autoria Própria

Gráfico 2 – Gráfico de Custo de CPU na Convergência Protocolo RIP

Fonte: Aatoria Própria

Com esses três testes e seus resultados é possível observar que os temporizadores são uma possível alternativa para acelerar o processo de convergência dentro do protocolo RIP, porém essa ferramenta tem um custo de CPU que cresce conforme o valor destes parâmetros são diminuídos (o que acelera o tempo de convergência).

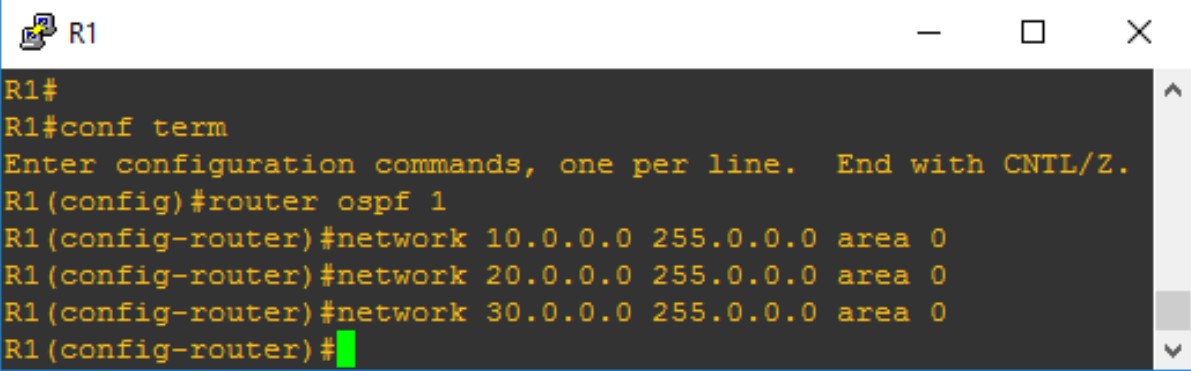
3.3 TOPOLOGIA 1 COM OSPF

Assim como no protocolo RIP a configuração do protocolo OSPF deve ser feita em cada um dos roteadores individualmente, é indicado que o protocolo a ser utilizado é o OSPF e cada um dos roteadores recebe uma numeração, que será adotada 1, 2 e 3 para os roteadores Router1, Router2 e Router3 respectivamente. Durante a configuração do protocolo dentro do roteador é necessário também indicar as redes que ele tem em sua vizinhança e dizer também a qual área pertence aquela rede, no caso da simulação, foi assumida apenas uma área para toda a topologia. Respeitando as vizinhanças citadas pela Tabela 2, apresentada anteriormente, é iniciada a configuração dos roteadores com o protocolo OSPF.

3.3.1 Configuração OSPF (Topologia 1)

O primeiro roteador a receber sua configuração é o Router1, ele tem em sua vizinhança três redes (10.0.0.0, 20.0.0.0 e 30.0.0.0), para esse roteador iremos utilizar a numeração 1 dentro da nossa rede. Sua configuração é demonstrada pela Figura 24.

Figura 25 – Configuração Roteador *Router1* OSPF

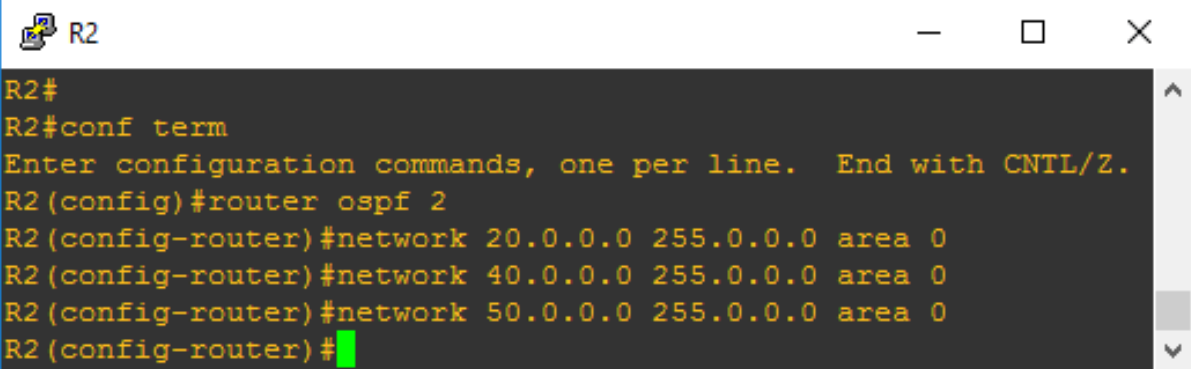


```
R1#
R1#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#network 10.0.0.0 255.0.0.0 area 0
R1(config-router)#network 20.0.0.0 255.0.0.0 area 0
R1(config-router)#network 30.0.0.0 255.0.0.0 area 0
R1(config-router)#
```

Fonte: Autoria Própria

O segundo roteador a ser configurado é o roteador Router2, ele faz vizinhança com os endereços IP 20.0.0.0, 40.0.0.0 e 50.0.0.0, e receberá a numeração 2 na sua configuração OSPF. Sua configuração é demonstrada pela Figura 25.

Figura 26 – Configuração Roteador *Router2* OSPF



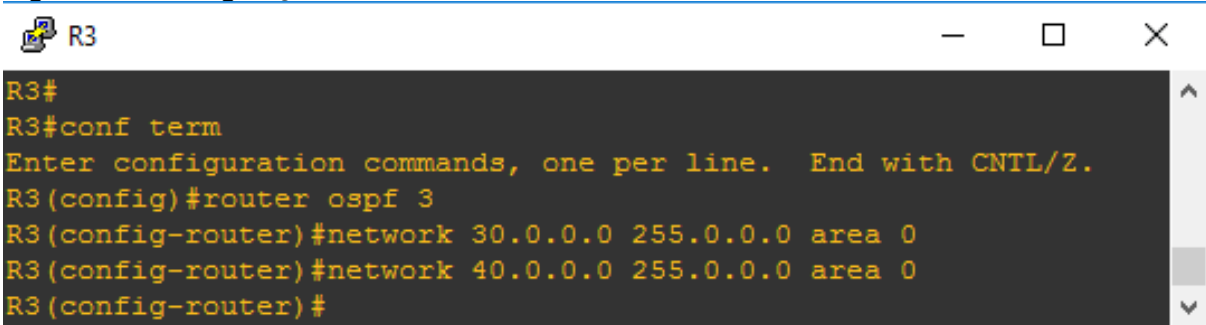
```
R2#
R2#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#router ospf 2
R2(config-router)#network 20.0.0.0 255.0.0.0 area 0
R2(config-router)#network 40.0.0.0 255.0.0.0 area 0
R2(config-router)#network 50.0.0.0 255.0.0.0 area 0
R2(config-router)#
```

Fonte: Autoria Própria

O terceiro e último roteador a ser configurado é o roteador Router3, ele tem em sua vizinhança as redes de endereço IP 30.0.0.0 e 40.0.0.0, e receberá a

numeração 3 na configuração do OSPF. Sua configuração é demonstrada pela Figura 26.

Figura 27 – Configuração Roteador Router3 OSPF



```
R3#
R3#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#router ospf 3
R3(config-router)#network 30.0.0.0 255.0.0.0 area 0
R3(config-router)#network 40.0.0.0 255.0.0.0 area 0
R3(config-router)#
```

Fonte: Autoria Própria

Com os três roteadores devidamente configurados é possível começar o processo da simulação.

3.3.2 Simulação OSPF (Topologia 1)

Os testes envolvendo o OSPF são conduzidos da seguinte maneira, com a rede em seu funcionamento padrão a menor rota será (assim como no RIP) o caminho pela rede 20.0.0.0. A porta Serial 2/0 do Router1 que conecta com o Router2 através dessa rede será desativada, com isso a rede irá começar a se atualizar, isso irá gerar um custo de CPU e também irá durar um tempo. Esse custo de CPU e tempo variam de acordo com a configuração dos dois temporizadores presentes no OSPF, o SPF e o LSA.

São realizados quatro testes, no primeiro é analisada a situação padrão do funcionamento do OSPF onde esses temporizadores não tem o seu valor variado. No segundo teste é modificado apenas o valor do temporizadores SPF, no terceiro teste é variado o valor dos dois temporizadores e no quarto teste é modificado o valor do SPF novamente. Os valores destes parâmetros são demonstrados pela Tabela 4.

Tabela 5 – Valores dos Parâmetros dos Temporizadores SPF e LSA

	<i>Spf-Start</i> (ms)	<i>Spf-Hold</i> (ms)	<i>Spf- Maximum</i> (ms)	<i>Start- Interval</i> (ms)	<i>Hold- Interval</i> (ms)	<i>Max- Interval</i> (ms)

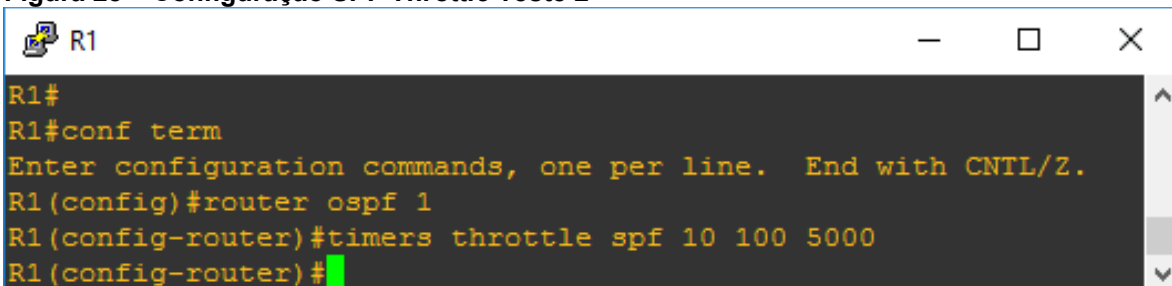
Teste 1	--	--	--	--	--	--
Teste 2	10	100	5000	--	--	--
Teste 3	10	100	5000	10	100	1000
Teste 4	1	10	500	10	100	1000

Fonte: Aatoria Própria

No primeiro teste não é necessário configurar os temporizadores pois será utilizado o valor padrão de configuração deles. Com isso será realizado o teste diretamente, onde é derrubada a conexão pela rota de menor custo da topologia e a convergência é iniciada. Com a execução do primeiro teste se obteve um tempo de convergência de 6 segundos e um gasto de CPU de 15% da CPU do roteador utilizado durante o processo.

Para a realização do Teste 2 é necessário configurarmos os valores do temporizados SPF com os valores previamente escolhidos (10, 100 e 5000). Com isso é esperado uma resposta mais rápida da convergência pois os valores inseridos correspondem a uma fração do que o OSPF utiliza como default. A Figura 27 demonstra a configuração que deve ser realizada nos três roteadores para que os parâmetros do SPF sejam devidamente inseridos no funcionamento da rede.

Figura 28 – Configuração SPF *Throttle* Teste 2



```

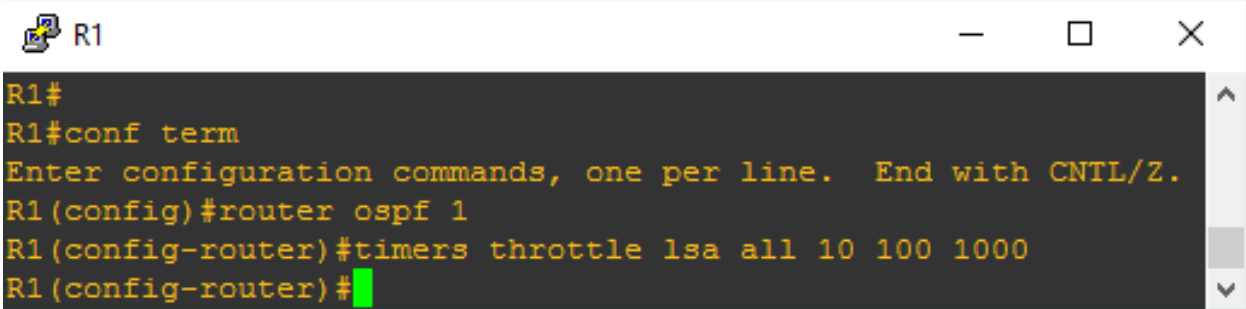
R1#
R1#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#timers throttle spf 10 100 5000
R1(config-router)#

```

Fonte: Aatoria Própria

Terminada a execução do segundo teste os resultados obtidos foram um tempo de convergência de 3 segundos juntamente com um gasto de CPU de 23% da CPU do roteador utilizado durante o processo.

Para iniciar o terceiro teste é necessário configurar o valor do temporizador LSA dos roteadores para os valores mostrados na Tabela 4 (10, 100 e 1000), sua configuração também deve ser realizada em todos os roteadores para padronizar esses parâmetros, o temporizador SPF não precisa ser reconfigurado pois ele possui os mesmos valores para este teste do que possuía no teste anterior. A Figura 28 demonstra a configuração desses parâmetros do temporizados LSA.

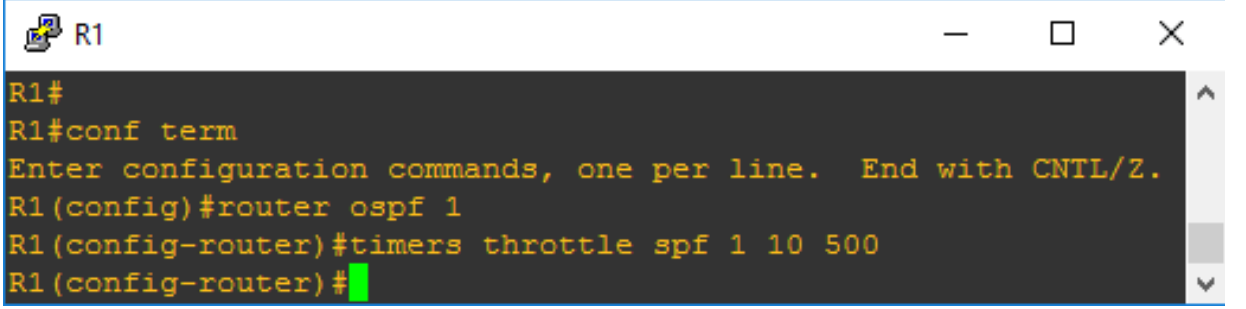
Figura 29 – Configuração LSA *Throttle* Teste 3

```
R1#
R1#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#timers throttle lsa all 10 100 1000
R1(config-router)#
```

Fonte: Autoria Própria

Neste teste foi observado que o tempo de convergência da rede diminuiu em relação ao teste anterior para 1,5 segundos, enquanto o gasto de CPU apresentado aumentou para 29% da CPU do roteador utilizada durante o processo.

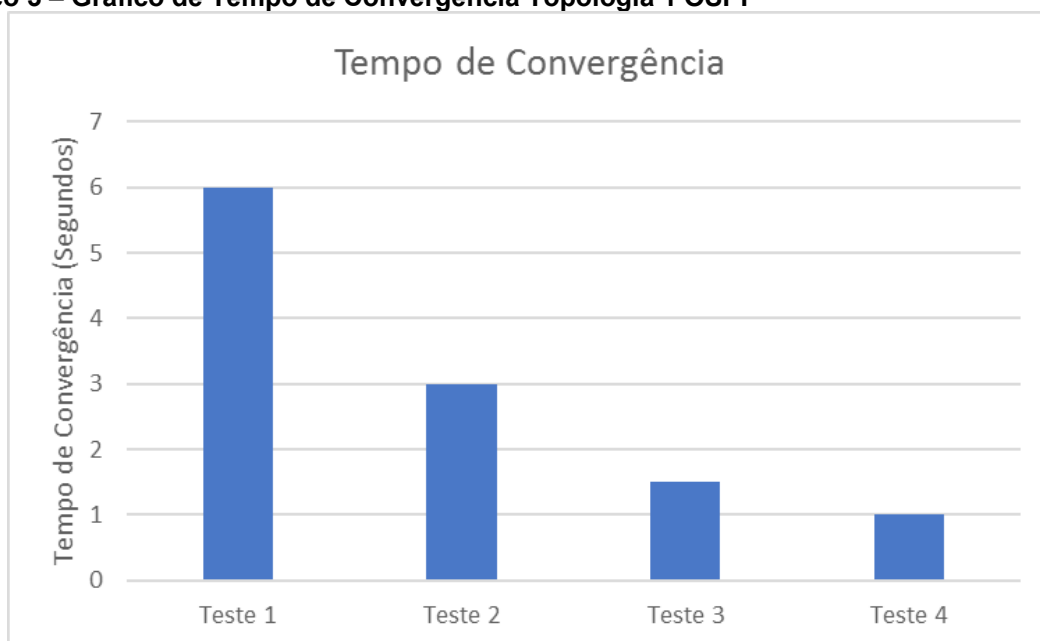
Para a realização do quarto e último teste é necessário reconfigurarmos o valor do temporizador SPF, reduzindo-o ainda mais, tentando buscar uma velocidade ainda mais rápida de convergência para a rede configurada com o OSPF. Os parâmetros do comando *timers throttle spf* serão 1, 10 e 500 respectivamente. Sua configuração é mostrada pela Figura 29.

Figura 30 – Configuração SPF *Throttle* Teste 4

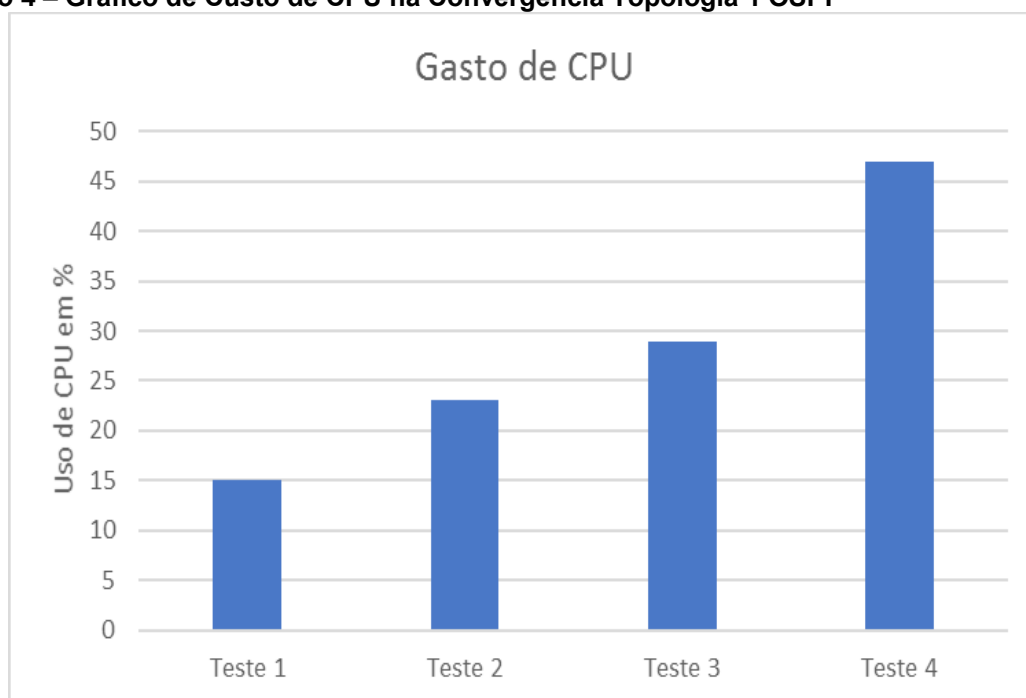
```
R1#
R1#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#timers throttle spf 1 10 500
R1(config-router)#
```

Fonte: Autoria Própria

Após ter os temporizadores devidamente configurados o quarto teste tem início, os resultados adquiridos foram um tempo de convergência de 1 segundo e um gasto de CPU de 47% da CPU utilizada durante o teste. Os resultados obtidos durante todos os testes são representados pelos gráficos 3 e 4.

Gráfico 3 – Gráfico de Tempo de Convergência Topologia 1 OSPF

Fonte: Autoria Própria

Gráfico 4 – Gráfico de Custo de CPU na Convergência Topologia 1 OSPF

Fonte: Autoria Própria

Assim como no protocolo RIP houve uma diminuição no tempo de convergência conforme os temporizadores tiveram seus valores reduzidos, porém essa redução do tempo teve como consequência um aumento no uso de CPU dos roteadores durante a sua atualização.

3.4 TOPOLOGIA 2 COM RIP

A configuração de cada roteador deve ser realizada de maneira separada, dizendo dentro de cada um deles todas as redes vizinhas atingidas pelos mesmos, essas redes atingidas são indicadas pela Tabela 6.

Tabela 6 – Redes da Vizinhança Topologia 2

	10.0.0.0	20.0.0.0	30.0.0.0	40.0.0.0	50.0.0.0	60.0.0.0	70.0.0.0	80.0.0.0
Router0	X	X	---	---	---	---	X	---
Router1	---	X	X	---	---	---	---	---
Router2	---	---	X	X	---	---	---	---
Router3	---	---	---	X	X	---	---	---
Router4	---	---	---	---	X	X	---	---
Router5	---	---	---	---	---	X	X	X

Fonte: Autoria Própria

3.4.1 Configuração RIP (Topologia 2)

Assim como na topologia 1, nesta topologia a configuração do protocolo é feita anterior aos testes, fazendo com que a rede fique em seu estado de funcionamento padrão, para que os testes sejam executados. A configuração é iniciada no Router0, indicando que o protocolo a ser utilizado é o RIP e logo em seguida mostrando as redes que atingem sua vizinhança com o comando *network*, nele são configuradas as redes 10.0.0.0, 20.0.0.0 e 70.0.0.0.

O segundo roteador a ser configurado é o Router1, que tem em sua vizinhança os endereços IP 20.0.0.0 e 30.0.0.0. Em seguida é configurado o Router2 que possui em sua vizinhança as redes 30.0.0.0 e 40.0.0.0. O quarto roteador a ser configurado é o Router3 e ele recebe em sua configuração as redes 40.0.0.0 e 50.0.0.0. O quinto roteador que se conecta com os roteadores Router3 e Router5 se comunica com eles a partir das redes 50.0.0.0 e 60.0.0.0. O sexto e último roteador,

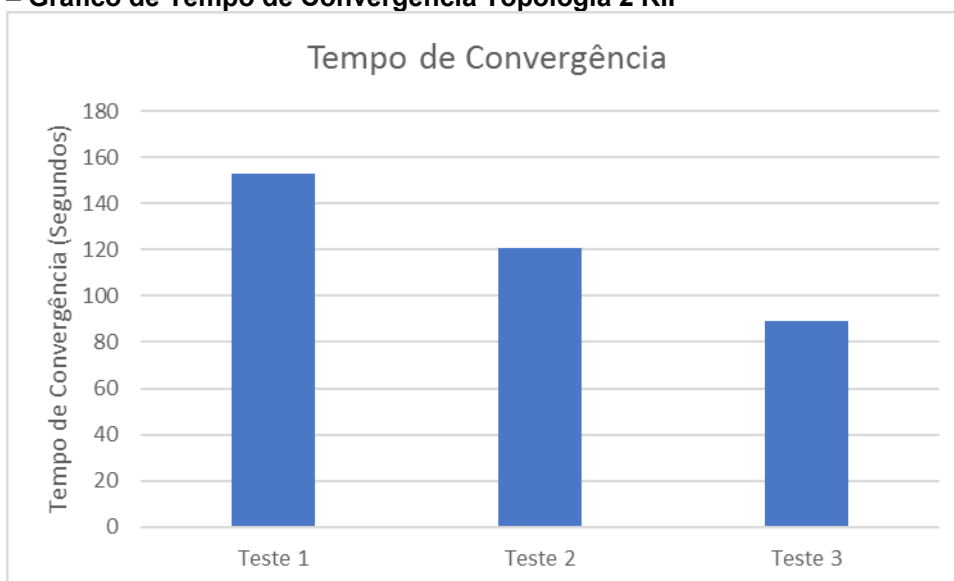
chamado de Router5, tem sua configuração realizada para três redes em sua vizinhança, são elas 60.0.0.0, 70.0.0.0 e 80.0.0.0.

3.4.2 Simulação RIP (Topologia 2)

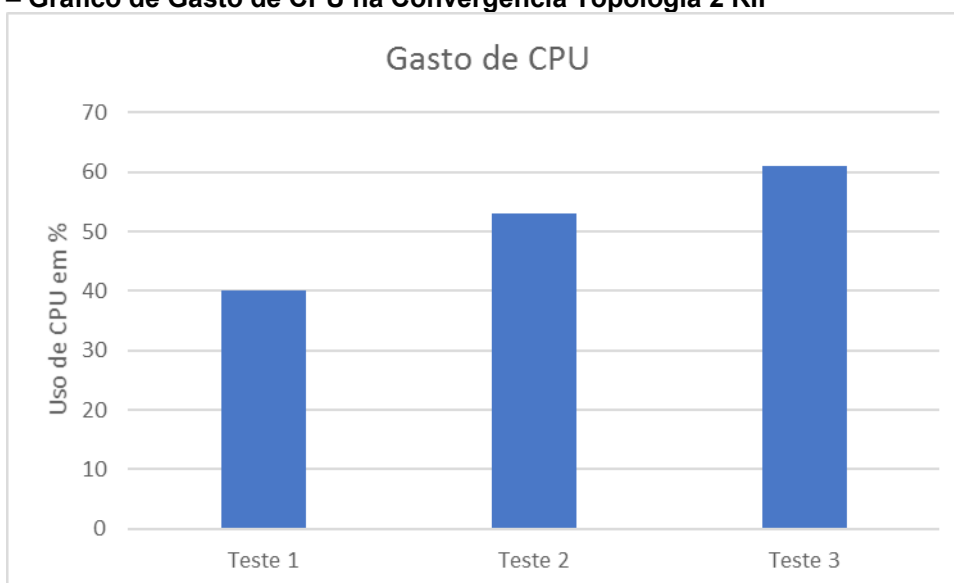
Com a configuração do protocolo RIP concluída é realizada então a configuração do primeiro teste chamado Teste1, onde são variados apenas os valores dos temporizadores *Invalid Timer* e *Hold-Down Timer* para 120 ms, como mostrado anteriormente pela Tabela 4. Com esses valores alterados o teste foi desenvolvido e o resultado obtido foi um tempo de convergência de 153 segundos e um uso de CPU de 40%.

Com o primeiro teste realizado foi efetuado a configuração dos parâmetros para a realização do segundo teste, mudando os valores dos temporizadores *Update Timer* para 20 ms, *Invalid Timer* para 80 ms, *Hold-Down Timer* para 80 ms e *Flush Timer* para 160 ms. Com esses valores o resultado obtido pela simulação foi que o tempo de convergência foi de 121 segundos e o uso de CPU aumentou para 53%.

Faltando apenas o terceiro teste os valores dos temporizadores foram reconfigurados, diminuindo ainda mais os seus valores buscando um tempo de convergência menor. Os valores foram: *Update Timer* alterado para 15 ms, *Invalid Timer* alterado para 60 ms, *Hold-Down Timer* alterado para 60 ms e *Flush Timer* alterado para 120. Com esses valores o resultado obtido a partir da simulação foi um tempo de convergência de 89 segundos e o uso de CPU aumentou para 61%. Os resultados obtidos a partir dessa simulação são representados pelos Gráficos 5 e 6.

Gráfico 5 – Gráfico de Tempo de Convergência Topologia 2 RIP

Fonte: Autoria Própria

Gráfico 6 – Gráfico de Gasto de CPU na Convergência Topologia 2 RIP

Fonte: Autoria Própria

Com este resultado foi possível observar que a manipulação dos temporizadores afeta a rede mesmo com um número maior de roteadores, fazendo seu tempo de convergência diminuir, aumentando assim o gasto de CPU durante o processo de atualização da rede.

3.5 TOPOLOGIA 2 COM OSPF

A configuração de cada roteador deve ser realizada de maneira separada, dizendo dentro de cada um deles a sua identificação, todas as redes vizinhas atingidas pelos mesmos e a área de atuação (área 0 pois toda a rede se encontra na mesma área), essas redes atingidas são indicadas anteriormente pela Tabela 6.

3.5.1 Configuração OSPF (Topologia 2)

Assim como no RIP, deve ser configurado dentro dos roteadores que o protocolo a ser utilizado é o OSPF, além disso, deve ser passado o seu número de identificação dentro da rede e os seus vizinhos. Os vizinhos continuam os mesmos pois a topologia não sofreu nenhuma alteração. A configuração é iniciada no Router0, indicando que o protocolo a ser utilizado é o OSPF e informando seu número de identificação, no caso o número 0. Logo em seguida mostrando as redes que atingem sua vizinhança com o comando *network*, nele são configuradas as redes 10.0.0.0, 20.0.0.0 e 70.0.0.0.

O segundo roteador a ser configurado é o Router1, identificado pelo número 1, que tem em sua vizinhança os endereços IP 20.0.0.0 e 30.0.0.0. Em seguida é configurado o Router2, identificado pelo número 2, possui em sua vizinhança as redes 30.0.0.0 e 40.0.0.0. O quarto roteador a ser configurado é o Router3, identificado pelo número 3, recebe em sua configuração as redes 40.0.0.0 e 50.0.0.0. O quinto roteador, identificado como número 4, se conecta com os roteadores Router3 e Router5 se comunica com eles a partir das redes 50.0.0.0 e 60.0.0.0. O sexto e último roteador, identificado pelo número 5, chamado de Router5, tem sua configuração realizada para três redes em sua vizinhança, são elas 60.0.0.0, 70.0.0.0 e 80.0.0.0.

3.5.2 Simulação OSPF (Topologia 2)

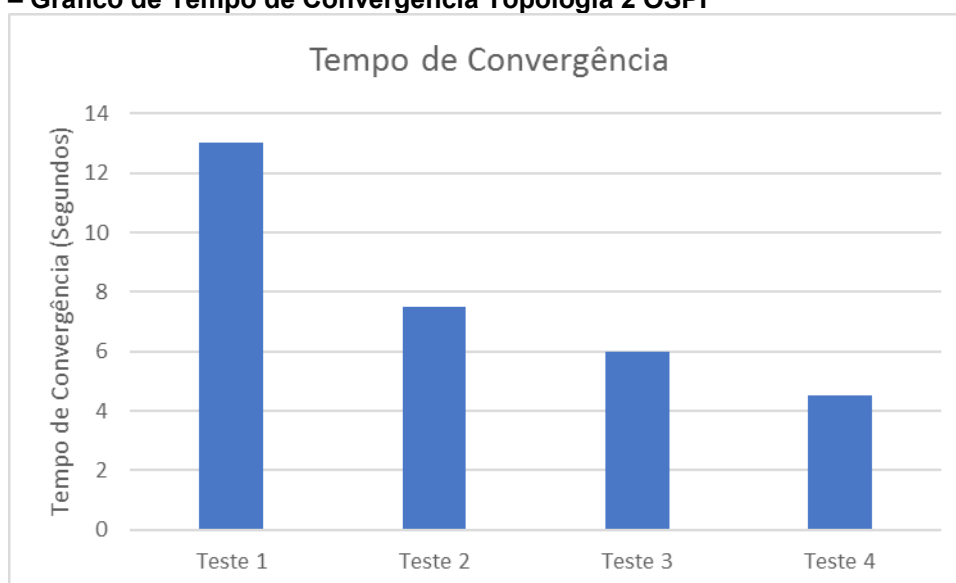
Com a rede devidamente configurada com o protocolo OSPF os testes são iniciados, o primeiro teste é executado com os valores padrão para os temporizadores, a partir deles foi obtido um tempo de convergência de 13 segundos e um uso de CPU de 17% durante a atualização da rede. Para a realização do Teste

2 é necessário configurarmos os valores do temporizados SPF com os valores previamente escolhidos (10 ms, 100 ms e 5000 ms). Com isso é esperado uma resposta mais rápida da convergência pois os valores inseridos correspondem a uma fração do que o OSPF utiliza como default.

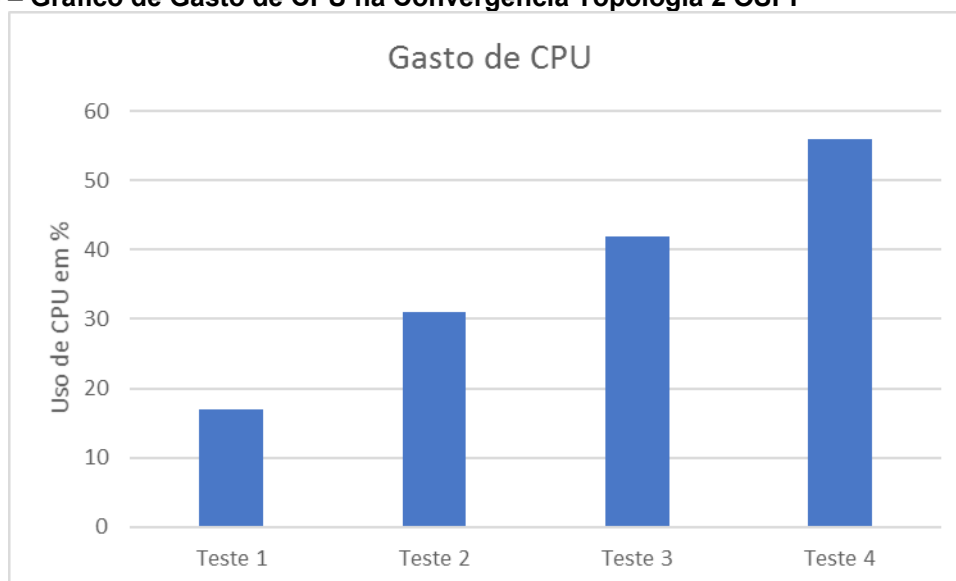
Executando o Teste 2 com os valores configurados o resultado obtido foi um tempo de convergência de 7,5 segundos e um aumento no uso de CPU para 31%. Para a execução do terceiro teste é necessário configurar o temporizador LSA, com os valores de parâmetros *Start-Interval* 10 ms, *Hold-Interval* 100 ms e *Max-Interval* 1000 ms. Utilizando esses valores, o resultado adquirido na simulação do Teste 3 foi um tempo de convergência de 6 segundos e um aumento no uso da CPU para 42%.

A configuração do quarto e último teste é novamente uma alteração no temporizador SPF, onde os valores de *SPF-Star*, *SPF-Hold* e *SPF-Maximum* foram alterados de 10 ms, 100 ms e 5000 ms para 1 ms, 10 ms e 500 ms, buscando assim um tempo de convergência mais rápido. A execução desse teste resultou em uma diminuição do tempo de convergência atingindo um tempo de 4,5 segundos, foi observado um aumento no uso da CPU durante o processo de convergência, os roteadores chegaram a atingir 56% de uso de CPU. Os resultados são representados pelos Gráficos 7 e 8.

Gráfico 7 – Gráfico de Tempo de Convergência Topologia 2 OSPF



Fonte: Autoria Própria

Gráfico 8 – Gráfico de Gasto de CPU na Convergência Topologia 2 OSPF

Fonte: Aatoria Própria

Os resultados obtidos demonstram que a diminuição dos valores, na configuração dos temporizadores do protocolo OSPF, acarretam na diminuição do tempo de convergência, acompanhado do aumento no uso de CPU por parte dos roteadores.

4 CONCLUSÃO

A convergência é um processo muito importante dentro do funcionamento das redes, a implementação dos protocolos de roteamento dinâmico facilita o trabalho dos administradores de rede a custo de desempenho da rede durante alguns certos processos.

Tanto o protocolo RIP quanto o protocolo OSPF possuem temporizadores que podem ser usados como uma ferramenta para a diminuição do tempo de convergência da rede, a manipulação desses valores traz benefícios, mas também podem trazer alguns problemas caso os valores não sejam estudados e atribuídos de maneira pensada.

A diminuição do tempo de cada tempo temporizador reduz o tempo de cada etapa relacionada a ele durante a convergência, mas isso traz consigo um aumento no uso da CPU do roteador. Em um cenário onde a rede é estável pode não ser proveitoso reduzir o valor desses parâmetros pois isso geraria um aumento no tráfego da rede sem necessidade, assim como um aumento no uso da CPU, porém em uma rede instável é importante que a convergência ocorra sempre da maneira mais rápida possível, nesse caso a diminuição desses parâmetros pode compensar, mesmo que cause o aumento no uso da CPU.

5 TRABALHOS FUTUROS

São indicados como trabalhos futuros o desenvolvimento do mesmo estudo e simulação com outros protocolos de roteamento dinâmico, buscando ver também o quanto influencia os valores de seus parâmetros de configuração durante a convergência do mesmo.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA CISCO. **Conceitos Essenciais de Roteamento e Switching.**

Disponível em: < <http://www.cisco.ct.utfpr.edu.br/material/CCNA/2%20-%20Conceitos%20Essenciais%20de%20Roteamento%20e%20Switching/>>. Acesso em: 6 Junho. 2017.

COMER, Douglas E. **Interligação de redes com TCP/IP.** Rio de Janeiro: Campus, 2006.

FELIPPETTI, Marco A. **Roteadores CISCO: instalação e configuração.** São Paulo: Linux, 2009.

GOYAL, M; SOPERI, M; BACCELI, E.; CHOUDHURY, G.; SHAIKH, A.; HOSSEINI, H.; TRIVEDI, K. ***Improving Convergence Speed and Scalability in OSPF: a Survey***, *IEEE Pesquisas e Tutoriais de Comunicação*, Vol. 14, n. 2, p. 443-463, 2012.

KUROSE, James F. **Redes de Computadores e a Internet.** São Paulo: Addison Wesley, 2003.

MOY, J. T. **OSPF: Anatomia de um Protocolo de Roteamento da Internet.** 1. Ed. São Paulo: Assison Wesley, 1998.

SILVA, César F. G. **Configurando Switches e Roteadores CISCO: guia para certificação CCENT/CCNA.** São Paulo: Brasport, 2013.

RASTOGI, R.; BREITBART, Y.; GAROFALAKIS, M.; KUMAR, A. ***Optimal configuration of OSPF aggregates***, INFOCOM 2002. 21ª Conferência Conjunta Anual das Sociedades de Informática e Comunicação da IEEE. vol. 2, no., p. 874-882, 2002.

SOARES, F. **Redes de Computadores: das LANs, MANs e WANs às redes ATM.** Rio de Janeiro: Campus, 1995.

STARLIN, G. **Redes de Computadores. Comunicação de dados TCP/IP: Conceitos, Protocolos e Uso.** 1. Ed. Brasil: Alta Books, 2007.

TANENBAUM, A. **Redes de Computadores**. 5. ed. Brasil: Pearson Education, 2011.