

COMPARATIVE STUDY OF THE EFFECTS OF OSPF CONFIGURATION ON CONVERGENCE TIME

Sandro Teixeira Pinto (Universidade Estadual de Londrina - UEL, Paraná, Brasil) - sandropinto21@gmail.com

Rodolfo Miranda Barros (Universidade Estadual de Londrina - UEL, Paraná, Brasil) - rodolfo@uel.br

The network convergence time is the total time spent by routing protocol in order to update routers routes. In case of OSPF, it is possible reduce this time through tuning the values of OSPF configurations parameters specified on RFC 2328 standard. This paper presents an analysis of the effects of Hello-Interval and Dead-Interval parameters in convergence time. It is made using a practical analysis in a virtualized network infrastructure to identify which values showed better results. After analysis, it was revealed that the convergence time can be improved by adjusting the OSPF configuration parameters, Hello-Interval and Dead-Interval for the values of 0.25 and 1 seconds respectively, but it was found that the size of the scenario has influences the set value.

Keywords—ospf, convergence time, configuration parameters, routing protocol.

ESTUDO COMPARATIVO DOS EFEITOS DA CONFIGURAÇÃO DO OSPF NO TEMPO DE CONVERGÊNCIA

O tempo de convergência de rede é o tempo total gasto pelo protocolo de roteamento para atualizar as rotas dos roteadores. No caso do OSPF, é possível reduzir este tempo através de ajuste dos valores dos parâmetros de configurações OSPF especificados na norma RFC 2328. Este artigo apresenta uma análise dos efeitos dos parâmetros Hello-Interval e Dead-Interval no tempo de convergência. É feita usando uma análise prática em uma infraestrutura de rede virtualizada para identificar quais valores mostraram melhores resultados. Após análise, foi revelado que o tempo de convergência pode ser melhorado ajustando os parâmetros de configuração OSPF, Hello-Interval e Dead-Interval para os valores de 0,25 e 1 segundos, respectivamente, mas verificou-se que o tamanho do cenário tem influenciado a Definir o valor.

Palavras chave - ospf, tempo de convergência, parâmetros de configuração, protocolo de roteamento.

1.Introdução

Em um Sistema Autônomo (SA), utiliza-se geralmente protocolos de roteamento do estado do enlace para organizar as rotas internas. O protocolo de roteamento *Internet Protocol* (IP) utilizado para este trabalho é o *Open Shortest Path First* (OSPF) (MOY, 1998). A detecção de falha no OSPF é reativa, e tem início quando as mensagens HELLO, trocadas periodicamente entre roteadores OSPF adjacentes, ficam um período sem resposta. Nesse caso, o OSPF identifica a existência de uma falha adjacente. Os roteadores adjacentes à falha atualizam, então, suas *Routing Information Bases* (RIBs) e anunciam mensagens *Link State Advertisement* (LSA) para sinalizar aos demais roteadores do SA sobre a alteração da topologia e um recálculo das novas rotas é realizado.

O tempo despendido nos processos de detecção da falha, modificação e notificação dos novos estados do enlace com LSA, atualização da RIB, recálculo do SPF e o preenchimento da *Forwarding Information Base* (FIB) (VASSEUR; PICKAVET; DEMEESTER, 2004) compõem o tempo de convergência. Durante esse período, as rotas geralmente ficam instáveis, acarretando em loops de roteamento e descarte de pacotes. Dependendo da topologia, o tempo de convergência pode variar de vários segundos até minutos, o que influencia diretamente na confiabilidade de uma infraestrutura de rede.

Como a maioria dos roteadores implementam uma arquitetura composta de camada de software fechada e hardware proprietário (NASCIMENTO et al., 2011), torna-se inviável realizar modificações no protocolo de roteamento ou a adoção de novas abordagens. Esta limitação é conduzida pela própria especificação do protocolo (MOY, 1998) e pelos fabricantes dos roteadores supramencionados que não possibilitariam uma implementação em sua camada de software/hardware para contemplar otimizações que modificam a estrutura/algoritmo do OSPF.

A especificação do OSPF (MOY, 1998) descreve um conjunto de parâmetros de configuração que permitem influenciar no tempo de alguns dos processos que compõem o tempo de convergência. Espera-se que tal conjunto de parâmetros, contido na especificação do protocolo OSPF, seja implementado e possivelmente configurado por qualquer roteador, sendo este fechado ou não. Neste sentido, a configuração dos parâmetros especificados pelo OSPF pode ser empregada em qualquer roteador e topologia de SA existente e, portanto, foi definida como foco deste trabalho.

O objetivo deste trabalho é identificar quais os parâmetros de configuração do OSPF relatados na literatura que melhoram o tempo de convergência. Para identificar os trabalhos que propõem valores nos parâmetros de configuração do OSPF foi empregado o mapeamento sistemático, seguindo a estrutura apresentada por (PETERSEN et al., 2008). Cada trabalho identificado possui uma topologia específica e por este motivo, foi conduzido um teste experimental em uma topologia comum a todos, com o propósito de validar os valores encontrados. Um cenário com topologia de teste que simula um *backbone* real denominado Abilene (ERIC, 2015), adotado por vários autores na literatura como (ANDERSON; CAESAR, 2007)(BARRETO; WILLE; JÚNIOR, 2011)(ZHANG et al., 2012)(CHOU; LIN, 2010)(NIE, 2015)(FRANCOIS et al., 2014)(SHI et al., 2014)(OKONOR; WANG; GEORGOULAS, 2014) foi utilizado para confrontar os trabalhos identificados.

Este artigo está organizado da seguinte forma: na seção 2 é apresentado os parâmetros de configuração de tempo do OSPF que influenciam o tempo de convergência, na seção 3, os métodos e procedimentos, na seção 4 os resultados e na seção 5 a conclusão.

2. Parâmetros de Configuração do OSPF que Influenciam o Tempo de Convergência

Os parâmetros de configuração do OSPF, definidos na norma RFC2328 (MOY, 1998), permitem ao administrador de rede modificar o comportamento do protocolo de roteamento, podendo influenciar diretamente no tempo de convergência. Existem vários parâmetros de configuração do OSPF, e a Tabela 1 apresenta alguns parâmetros e seus respectivos valores de configuração definidos pela norma (MOY, 1998) .

Tabela 1 - Parâmetros de Configuração OSPF(MOY, 1998)

ID	Parâmetro	Tempo (s)
P1	HelloInterval	10
P2	RouterDeadInterval	40
P3	Rxmtinterval (Retransmit interval)	5
P4	LSRefreshTime (LSRefreshInterval)	1800
P5	InfTransDelay	1
P6	MinLSInterval	5
P7	MinLSArrival	1

A coluna ID é uma identificação para representar um parâmetro de configuração com o objetivo de facilitar a sua visualização no texto deste trabalho. A coluna Parâmetro é o nome dos parâmetros de configuração contidas na norma (MOY, 1998). A coluna Tempo apresenta os valores padrão de tempo em segundos de cada parâmetro.

Os parâmetros *HelloInterval* (P1) e *RouterDeadInterval* (P2) estão contidos na mensagem *HELLO*, onde o P1 tem por finalidade determinar o tempo entre o envio de pacotes *HELLO*, já o P2 é o tempo para detectar se houve uma mudança na infraestrutura, ambos são responsáveis pela detecção das falhas no enlace ou de algum roteador.

O protocolo OSPF envia a mensagem *HELLO* com o tempo configurado no parâmetro P1 a cada 10 segundos em enlaces broadcast e ponto a ponto, ou a cada 30 segundos nos demais tipos de enlace. O objetivo é verificar a conectividade entre os roteadores adjacentes. O parâmetro P2, segundo a norma (MOY, 1998), apresenta um tempo 4 vezes o valor do tempo do P1, responsável por trazer a informação da mudança ocorrida, caso aconteça uma queda de enlace ou de um roteador.

Já o parâmetro *Retransmit interval* (P3) também definido como *Rxmtinterval*, é um intervalo de tempo entre as verificações do estado de enlace realizado pelos roteadores vizinhos(SYSTEMS, 2001) com um tempo de 5 segundos, tempo este, que deve ser maior que o tempo de envio e retorno de pacotes para evitar reenvio desnecessário(TSEGAYE; GEBEREHANA, 2012).

O *LSRefreshTime* (P4) é o tempo de atualização do LSA, também citado em (PITKANEN; LUOMA, 2005) como *LSRefreshInterval*, com um tempo de 1800 segundos, com isso garante que o LSA mantenha sempre atualizado as informações entre os equipamentos da rede.

O *InfTransDelay* (P5), é o tempo em segundos que leva para transmitir o estado de enlace através de pacotes na interface, e deve ser maior que 0 segundos. O *MinLSInterval* (P6) também definido pela CISCO como *LSA Throlling*(TSEGAYE; GEBEREHANA, 2012) é o tempo que limita o número de LSAs enviados, e um novo LSA somente é

enviado se o *MinLSInterval* for atingido, com o tempo de 5 segundos, ou seja, qualquer mudança que aconteça na rede após o envio do LSA, somente será enviado novamente após este tempo. O *MinLSArrival* (P7) é o tempo mínimo que deve existir entre as recepções de novas LSA durante a propagação, com um tempo de 1 segundo.

3. Métodos e procedimentos

O método de pesquisa deste trabalho é dividido em duas etapas: (1) identificação dos trabalhos por meio de um mapeamento sistemático e (2) validação dos valores dos parâmetros, por meio de um teste experimental.

Essa pesquisa realizou um levantamento de trabalhos científicos que modificaram algum dos parâmetros de configuração do OSPF relatados na Tabela 1 e de configurações sugeridas pelos fabricantes Cisco®, HP®, Avaya®, Huawei® e Juniper® levantadas em manuais e em seus sites (CISCO, 2014)(NETENGINE; ROUTER, 2011)(NETWORKS, 2015).

A. Mapeamento Sistemático

Para a condução desta pesquisa, foi utilizado um mapeamento que compõe uma análise sistemática descrito por (PETERSEN et al., 2008), como mostra a Figura 1.



Figura 1 - Mapeamento Sistemático(PETERSEN et al., 2008)

As questões de pesquisa, indicadas na Figura 1, tem por finalidade definir o escopo para a revisão dos trabalhos. Com base nos estudos, a seguinte questão foi definida:

Quais são os trabalhos que envolve o tratamento no tempo de convergência para o protocolo OSPF, sem mudanças de algoritmos?

Na execução do mapeamento sistemático, a busca inicial foi realizada com elementos definidos com palavras chaves. As palavras chaves identificadas foram:

- ((Open Shortest Path First) AND (time convergence));
- ((OSPF) AND (time convergence));
- ((configuring) AND (OSPF) AND (time convergence));
- ((reducing) AND (OSPF) AND (time convergence));

As palavras chaves foram conduzidas nos sites *ieeexplore*, *acm*, *webofknowledge*, resultando em um total de 117 trabalhos.

Na etapa de seleção, como critério de corte, foram removidos os trabalhos relacionados com alteração do protocolo, como algoritmos para melhorar o tempo, trabalhos que utilizaram especificamente redes sem fio e finalmente trabalhos que utilizaram parâmetros proprietários não contidos na norma RFC2328 (MOY, 1998). Foram incluídos os manuais dos roteadores Cisco®, Huawei® e Juniper®.

B. Execução

A quantidade de artigos obtidos após a execução do critério de corte foram 10. Nestes 10, o abstract foi interpretado, com o intuito de verificar se o mesmo enquadrava no escopo deste trabalho. Após a verificação, foram identificados 6 artigos (TAO et al., 2007)(JIN, 2015)(BASU; RIECKE, 2001)(GOYAL; RAMAKRISHNAN; FENG, 2003)(SINGH, 2013)(NASCIMENTO et al., 2011), e 3 fabricantes de equipamentos (CISCO, 2014)(NETENGINE; ROUTER, 2011)(NETWORKS, 2015) que foram interpretados complemente e são apresentados na sequência:

(TAO et al., 2007) (T1) Propõe ajustes nos parâmetros *MinLSArrival*, *MinLSInterval*, *HelloInterval*, *RouterDeadInterval*, com a finalidade de garantir que o roteador possa ser notificado de uma falha rapidamente. Após os ajustes, o trabalho reporta em seus testes uma melhoria no tempo de convergência.

(JIN, 2015) (T2) Realiza testes ajustando os valores dos parâmetros *HelloInterval* e *RouterDeadInterval* definindo um valor em percentual a quantidade de problemas, como perda de pacotes, e quedas de enlace. Com a configuração padrão, ou seja, *HelloInterval* 10 segundos e *RouterDeadInterval* 40 segundos o percentual de problemas ficou abaixo de 10%, já com a configuração do *HelloInterval* a 0,25 segundos e *RouterDeadInterval* a 1 segundo o percentual ficou entre 10 e 20%, já a configuração de 0.15 segundos o valor em percentual ultrapassou os 20%, ocasionando um volume acima do dobro que uma configuração padrão. Para os testes o autor utilizou um cenário com 8 roteadores e 14 enlases.

(BASU; RIECKE, 2001) (T3) Relata que o protocolo OSPF depende diretamente do mecanismo de tempo P1. Para elaborar os testes inicialmente o autor utilizou-se de dois tempos de 0.25 segundos e 0.50 segundos, observando que o tempo de 0.50 segundos apresenta um menor fluxo de pacotes *HELLO* em torno de 2 segundos. O tempo de 0.25 segundos produz um aumento de pacotes *HELLO* em torno de 1 segundo, desta forma apresenta uma melhoria no tempo de convergência. Após estes testes iniciais o autor utilizou-se de outros tempos de *HelloInterval* como: 0.20, 0.225, 0.275, e 0.30 segundos, porém não obteve uma melhora no tempo de convergência, somente identificou que o tempo deve ser ajustado com cautela, porque diminuir muito este tempo pode ocasionar um aumento no congestionamento da rede devido ao aumento de pacotes *HELLO*, causando perda de alguns *HELLOs* consecutivos. Durante os testes foram utilizados 292 roteadores com 765 enlases.

(GOYAL; RAMAKRISHNAN; FENG, 2003) (T4) Utilizou-se de vários valores de tempo para o *HelloInterval* que estão entre 0.25 a 10 segundos. Durante os testes foram utilizadas 6 topologias variando entre 9 roteadores a 116, e com 72 a 476 enlases respectivamente. Com os resultados obtidos o autor relata que é preciso cautela ao fazer alterações dos parâmetros, porque com a diminuição do tempo a um valor abaixo aqui apresentado, pode ocasionar um aumento do tempo convergência, devido a um grande fluxo de pacotes *HELLO* sendo enviados, gerando assim uma sobrecarga na rede. O autor relata que é difícil descrever um valor ideal para *HelloInterval*, devido à grande variedade de topologias, mas diminuí-lo com cautela reduz o tempo de convergência.

(SINGH, 2013) (T5) Investiga os efeitos dos parâmetros de configuração em roteadores de nova geração, como o Cisco ASA® e Cisco IOS®. Para os testes o autor utilizou várias configurações diferentes variando entre 0.050 a 10 segundos. A partir dos resultados dos testes das configurações *HelloInterval*, *RouterDeadInterval*, identificou-se

que as definições atuais de temporizadores OSPF, resultam em demora para convergir e que, o tempo de convergência pode ser melhorada por meio da diminuição dos tempos *HelloInterval*, *RouterDeadInterval*.

(NASCIMENTO et al., 2011) (T6) Para comprovar o funcionamento de uma nova arquitetura de roteamento este trabalho ajusta o valor de *HelloInterval* para analisar o seu efeito no tempo de convergência. Para fazer esta análise foram utilizados três tempos pré-estabelecidos *HelloInterval* 1, 5 e 10 segundos, onde o tempo de 1 segundo apresentou um melhor resultado, a contar da detecção da falha até a recuperação total do enlace chegando ao tempo médio de 3.7 segundos, já os tempos de 5 e 10 segundos tiveram um tempo médio de convergência de 17.1 e 36.8 segundos respectivamente. Já o tempo *RouterDeadInterval* ficou 4 vezes o valor descrito do *HelloInterval*. A partir dos resultados pode-se identificar que a diminuir o tempo dos parâmetros de configuração como o *HelloInterval* e *RouterDeadInterval*, melhora o tempo de convergência.

(CISCO, 2014) (T7) Apresenta uma configuração de roteamento através da divisão por 4 do tempo de 1 segundo do parâmetro *DeadInterval*, com isso o tempo do *HelloInterval* fica com 0,25 segundos e consequentemente o *RouterDeadInterval* com 1 segundo.

(NETENGINE; ROUTER, 2011) (T8) A sugestão da configuração apresentada ficou apenas na redução do tempo do *RouterDeadInterval* 30 segundos, não acontecendo nenhuma alteração nos outros parâmetros.

(NETWORKS, 2015) (T9) Apresenta um configuração de roteamento no parâmetro do *HelloInterval* para 2 segundos e o *RouterDeadInterval* para 8 segundos.

Os fabricantes Avaya® e HP® não apresentaram sugestões, somente as configurações recomendadas pela norma(MOY, 1998).

A Tabela 2 apresenta quais as modificações que cada trabalho aponta nos parâmetros de configuração do OSPF. A coluna TRAB, representa os trabalhos analisados, já as colunas de P1 a P7 são os parâmetros utilizados com seus respectivos tempos reduzidos ou o valor padrão da norma. A coluna Roteadores e Enlace apresentam a quantidade de equipamentos e enlaces aplicados nos trabalhos.

Tabela 2 – Resultado dos Parâmetros de Configuração do Tempo no Protocolo OSPF

TRAB.	P1	P2	P3	P4	P6	P7	Roteadores	Enlace
T1	1	3	5	1800	0.05	0.01	10	18
T2	0.25	1	5	1800	5	1	8	14
T3	0.25	1	5	1800	5	1	292	765
T4	0.25	1	5	1800	5	1	72	486
T5	0.2	1	5	1800	5	1	5	5
T6	1	4	5	1800	5	1	NI	NI
T7	0.25	1	5	1800	5	1	2	4
T8	10	30	5	1800	5	1	4	1
T9	2	8	5	1800	5	1	NI	NI

Os valores apresentados com a informação NI (Não Informado) são parâmetros que não foram discriminados pelo autor. O P5 não houve alterações em nenhum dos artigos

para não influenciar nos resultados dos outros parâmetros, porque este parâmetro ajusta o tempo de LSA, sendo este o motivo de não estar relacionado na Tabela 2.

Através do levantamento feito com os artigos citados e as informações dos fabricantes, foi possível concluir que, alterar os valores de alguns parâmetros específicos da configuração do OSPF podem reduzir diretamente o tempo de convergência. O fato de diminuir apenas o tempo dos P1 e P2 melhora proporcionalmente o tempo de convergência.

Em seguida, realizou-se testes obedecendo às alterações de configuração citadas por cada trabalho individualmente em um cenário de teste comum com o objetivo de identificar os melhores resultados.

C. Teste experimental

Os trabalhos encontrados possuem diferentes topologias/cenários. Neste caso, uma possível distorção pode ocorrer caso a análise seja efetuada diretamente sobre os parâmetros que citaram, sem considerar o cenário que apresentaram. Neste sentido, todos foram conduzidos em um cenário comum. Este cenário padroniza, então a quantidade de roteadores e enlace. Ao final deste teste, tem-se então uma relação, similar a Tabela 2, com quantidade de 11 roteadores e 16 enlaces, x, y iguais para todos os casos.

Esse cenário tem como topologia base o *Backbone Abilene*, configurado em máquinas virtuais compondo um total de 11 roteadores conforme mostra a Figura 2.

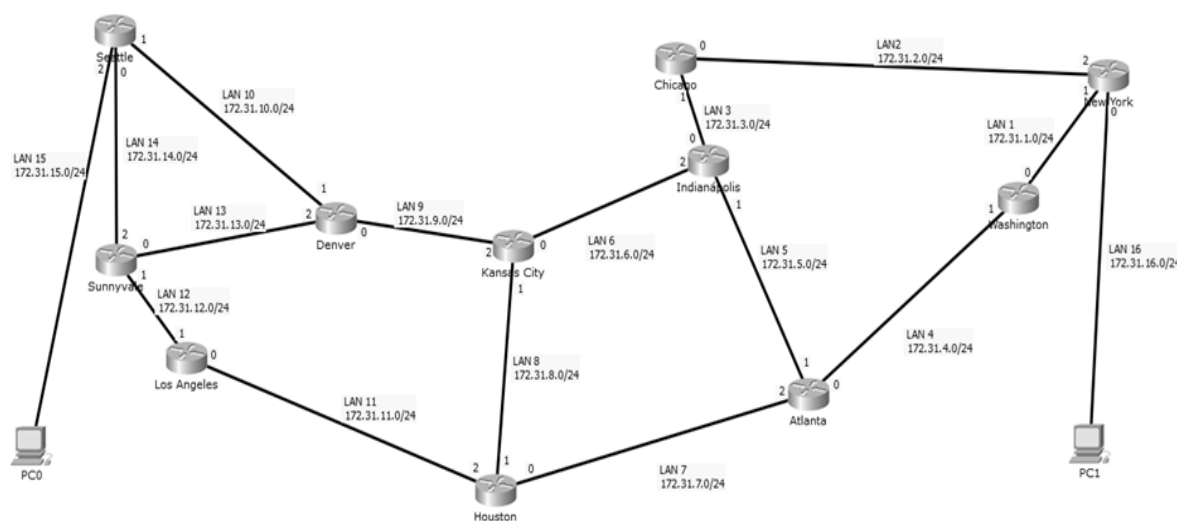


Figura 2 - Backbone Abilene

A máquina física utilizada para acomodar as máquinas virtuais foi um Desktop Core I5 da Intel com 8GBytes de memória RAM.

As máquinas virtuais utilizaram o sistema operacional Linux Ubuntu 14.10, memória RAM de 256MB com instalação mínima, e a *Engine Quagga* com OSPF.

Além destas máquinas virtuais foram criadas mais duas máquinas *Hosts*, a PC0 ligada no Roteador de Seattle e uma outra a PC1 ligada no roteador de New York. Todas as máquinas virtuais estavam sincronizadas por meio de um servidor dedicado com protocolo *Network Time Protocol* (NTP). O servidor NTP possui uma conexão física com cada

roteador/*host* da topologia e o mesmo não é apresentado na Figura 2 para não sobrecarregar graficamente a topologia com um enlace a mais em cada roteador/*host*.

O protocolo NTP foi empregado para garantir a sincronização temporal das máquinas e obter um valor preciso do tempo para os testes.

O enlace ponto a ponto entre os roteadores está configurado com uma velocidade de 100Mbps. Antes de ativar os testes, utilizou-se do comando *Packet InterNet Grouper* (PING) acionado em um roteador e o comando *Tcpdump* acionado em outro roteador, sendo possível verificar que desta forma o tempo de transmissão até a recepção entre os roteadores, chegava aproximadamente à 0.03 segundos.

Para mensurar o tempo de convergência em uma topologia utilizou-se de um procedimento automatizado, que consiste de dois *scripts* que mensuram o tempo desde a detecção da falha até a atualização das rotas em outro roteador, armazenando as informações em *logs*.

O primeiro *script* X gera um comando *Packet InterNet Grouper* (PING) a cada segundo de um roteador para outro roteador vizinho, registrando também o tempo de execução desses comandos em milésimos de segundos (a fim de determinar uma precisão do tempo entre os *scripts*) no arquivo de *log*.

O segundo *script* Y, configurado em um roteador diferente do roteador onde está o *script* X, gera a cada segundo um comando *route -n* para identificar as mudanças da tabela de roteamento, registrando também o tempo de execução em milésimos de segundos em um arquivo de *log*.

Desta forma foi comparado o momento entre a queda do enlace registrado no primeiro *script* e o momento da atualização da tabela de roteamento no segundo *script*.

Foram feitos dois testes utilizando os *scripts*, o primeiro entre os roteadores Kansas City com *script* X e Atlanta com o *script* Y. O segundo teste com o *script* X em Seattle e o *script* Y em Washington.

No primeiro teste, desabilitou-se o enlace entre o roteador de Kansas City com o roteador de Indianápolis. O *script* X, executando no roteador Kansas City, identificou o momento da queda marcando o tempo nos *logs*. O software OSPF de Kansas City divulga a alteração do estado do enlace por meio de LSAs para os demais roteadores da topologia. Quando Atlanta recebe a alteração e atualiza suas rotas para o novo estado do enlace, o *script* Y detecta uma mudança nas rotas e marca o tempo nos logs. A diferença entre o tempo gerado pelo *script* X e *script* Y permite estimar qual foi o tempo de convergência da topologia. É importante ressaltar que todas as máquinas virtuais estão sincronizadas por NTP.

A partir do momento que as rotas de Kansas City foram atualizadas pelo OSPF, os pacotes vindos do roteador Denver para o roteador Chicago foram encaminhados do roteador de Kansas City para Houston, seguindo por Atlanta, Indianápolis e Chicago.

O segundo teste foi analisar se uma distância maior entre roteadores que executam o *script* X e Y afetam consideravelmente os resultados. Para isso foi utilizado o roteador de Denver, desligando seu enlace com Roteador de Seattle, fazendo com que todas as informações transmitidas entre o roteador de Seattle para o roteador New York fossem direcionadas para os roteadores de Sunnyvale, Los Angeles, Houston, Atlanta, Washington até New York. O *script* X foi utilizado no roteador de Denver já o *script* Y foi utilizado no

roteador de Washington. Mesmo com esta distância não houve diferença no tempo de convergência, com relação ao primeiro cenário de teste.

De acordo com o procedimento utilizado no projeto (NASCIMENTO et al., 2011), foram executadas 20 tentativas. Com isso foi possível gerar uma média do tempo de convergência.

4. Resultados

Realizou-se um comparativo entre os parâmetros de configuração padrão do Quagga, usado nesse trabalho, com um roteador físico da Cisco® modelo 1800, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Comparativo dos parâmetros de Configuração entre o QUAGGA e a CISCO

Parâmetros	Faixa de valores em segundos					
	Quagga		Cisco		Valor pré-configurado	
	Valor Inicial	Valor Final	Valor Inicial	Valor Final	Quagga	Cisco
P1	1	65.535	1	65.535	10	10
P2	1	65.535	1	65.535	40	40
P3	3	65.535	1	65.535	5	5
P4	10	1.800	10	1.800	10	1800
P5	1	65.535	1	65.535	1	5
P6	0	65.535	0	65.535	5	5
P7	0	65.535	0	65.535	1	1

A faixa de configuração entre os valores iniciais e finais somente em P3 apresenta uma diferença entre o Quagga e a Cisco, onde, o valor inicial do Quagga é de 3 segundos e do Cisco é de 1 segundo. Para igualar o tempo mínimo de 1 segundo, somente com alteração do código fonte do Quagga.

Os valores pré-configurados a única diferença encontrada foram nos parâmetros P4 e P5, onde, o Quagga apresenta os valores de 10 e 1 segundo respectivamente, diferente da Cisco que apresenta os valores de 1800 e 5 segundos respectivamente.

Para o restante dos valores os parâmetros apresentaram as mesmas configurações seguindo as normas.

Após identificar os parâmetros no Quagga, as configurações propostas pelos trabalhos (TAO et al., 2007)(JIN, 2015)(BASU; RIECKE, 2001)(GOYAL; RAMAKRISHNAN; FENG, 2003)(SINGH, 2013)(NASCIMENTO et al., 2011)(CISCO, 2014)(NETENGINE; ROUTER, 2011)(NETWORKS, 2015) foram aplicadas isoladamente na topologia teste para comparar a performance na redução do tempo de convergência e os resultados são apresentados na

Tabela 4.

Tabela 4 – Resultado dos testes do Tempo de convergência

Trabalhos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	RFC2328
Tempo de Convergência	4,454	1,971	1,971	1,971	2,035	4,792	1,971	24,362	7,791	34,202
Diferença com o Padrão RFC2328	29,748	32,231	32,231	32,231	32,167	29,41	32,231	9,84	26,411	
Valor mínimo	3,629	1,417	1,417	1,417	1,347	4,103	1,417	20,591	6,731	31,282
Valor máximo	5,554	2,658	2,658	2,658	2,771	5,829	2,658	29,531	9,355	37,905
Desvio padrão	0,482	0,356	0,356	0,356	0,432	0,48	0,356	2,672	0,797	1,862

Para todos os trabalhos na

Tabela 4, além do tempo de convergência, são apresentados também os valores mínimo e máximo do tempo de convergência e o desvio padrão. As configurações padrão do protocolo OSPF, apresentaram um valor médio após 20 tentativas no tempo de convergência de 34,202 segundos, e o valor mínimo foi de 31.282 segundos e o valor máximo de 37.905 segundos.

De acordo com as informações dos parâmetros padrão, analisando o trabalho (TAO et al., 2007)(T1), pode-se observar que seus ajustes melhoraram o tempo de convergência com um valor médio de 4.454 segundos, gerando uma diferença em relação à configuração padrão de 29.748 segundos.

Já os trabalhos (JIN, 2015) (T2), (BASU; RIECKE, 2001) (T3), (GOYAL; RAMAKRISHNAN; FENG, 2003) (T4) e (CISCO, 2014) (T7) apresentaram as mesmas configurações dos parâmetros, e com isso diminuíram de 32.202 segundos o tempo de convergência, a um valor médio de 1.971 segundos com uma diferença em relação à configuração padrão de 32.231 segundos, essa configuração apresentou um aumento de pacotes *HELLO*.

Diferente dos outros trabalhos, o (SINGH, 2013) (T5) apresentou o parâmetro P1 menor que os trabalhos(BASU; RIECKE, 2001)(GOYAL; RAMAKRISHNAN; FENG, 2003)(CISCO, 2014), e os demais parâmetros iguais, porém este ajuste fez com que o valor do tempo de convergência ficasse mais alto no valor de 2.035 segundos, possibilitando uma diferença de 32.167 segundos em relação à configuração padrão. Isto se deu ao fato do aumento de pacotes *HELLO*, devido ao aumento do volume de pacotes no mesmo intervalo de tempo, possibilitando assim, uma sobrecarga no tráfego da rede.

A (NETENGINE; ROUTER, 2011) (T8) apresentou uma configuração que diminuía apenas o parâmetro P2, melhorando o tempo de convergência em 9.84 segundos.

A (NETWORKS, 2015) (T9) apresentou uma configuração que mais se aproximou da configuração padrão, mas com suas modificações também melhorou o tempo de convergência em 26.411 segundos.

A partir dos resultados apresentados pelos artigos e fabricantes, pode-se observar que o ajuste nos parâmetros influencia diretamente no tempo de convergência do OSPF, e o mais utilizado pelos autores foi o (P1) *Hello-interval*.

O parâmetro P2 foi alterado em todos os trabalhos, porém somente o trabalho (TAO et al., 2007) e o fabricante (NETENGINE; ROUTER, 2011), apresentaram uma alteração com um tempo diferente exigido pelas normas, onde o valor de P2 deve ser sempre 4 vezes o valor de P1. Esta alteração possibilitou, juntamente com o P1, melhorar o tempo de convergência.

A relação entre os parâmetros *HelloInterval* e *RouterDeadInterval* com o tempo de convergência é proporcional, como pode ser visto na *Figura 3*.

O trabalho T8 é o único trabalho que apresentou pouca mudança em relação as normas, isso porque, utilizou o mesmo tempo de *HelloInterval* que o padrão 10 segundos, somente reduziu o *RouterDeadInterval* de 40 para 30 segundos, deixando desta maneira um tempo de convergência muito próximo das normas, mas com este teste conseguiu demonstrar que o parâmetro *RouterDeadInterval* sozinho, tem influência direta com o tempo de convergência independente de alterar ou não o parâmetro *HelloInterval*.

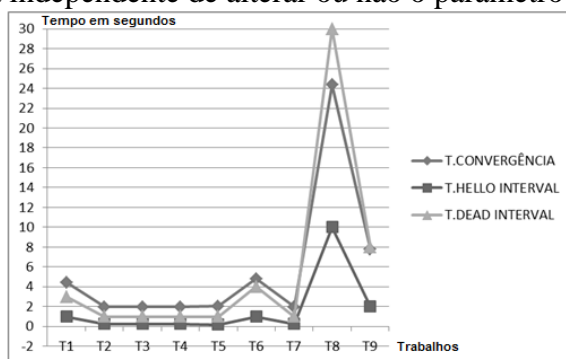


Figura 3 - Análise comparativa dos trabalhos na redução do tempo de convergência

O P6 e P7 apresentaram pequenas alterações no trabalho (TAO et al., 2007) (T1), a fim de complementar os outros parâmetros garantindo que o roteador possa ser notificado da falha rapidamente.

Pode-se observar muitas mudanças de valores dos parâmetros P1 e P2 entre 0.20 a 10 segundos. Isso demonstra que estes parâmetros influenciam no resultado do tempo de convergência, porém a maioria dos artigos relata a combinação entre outros parâmetros para a redução no tempo de convergência de forma segura.

O resultado obtido do tempo de convergência foi apresentado apenas no trabalho (NASCIMENTO et al., 2011), com um tempo muito baixo entre 2.2 e 3.25 segundos. Após análise, foi possível encontrar uma pequena diferença como mostra a

Tabela 4. Isto pode ter ocorrido devido a combinação de fatores como cenário utilizado e velocidade da rede.

Conforme o cenário apresentado na *Figura 2*, foi possível identificar que as aplicações dos parâmetros de configuração estão diretamente relacionadas. O ajuste de tempo pode ser adequado a um determinado cenário, porém, em outro a configuração pode não trazer o mesmo resultado, prejudicando o funcionamento da rede.

5. Conclusão

Este artigo selecionou e analisou alguns trabalhos, além de configurações de fabricantes, que sugerem a modificação dos parâmetros definidos na especificação do protocolo OSPF para obter uma redução no tempo de convergência. Foi constatado que cada trabalho apresentou seus resultados em uma topologia específica, diferente das demais. Neste sentido, este artigo apresentou as configurações identificadas em cada trabalho em uma topologia comum.

Todos os parâmetros de tempo da norma (MOY, 1998) possibilitam ajustes para melhorar o tempo de convergência, porém dois parâmetros P1 *HelloInterval* e P2 *RouterDeadInterval* se destacaram por apresentarem uma melhora acima dos 90% no tempo de convergência quando utilizados os tempos para P1 entre 0.20 e 1 segundo.

Com o cenário da *Figura 2*, foi possível analisar cada abordagem, e com isso identificar a configuração que apresentou melhor resultado, foi a combinação do parâmetro P1 com 0.25 segundos e P2 1 segundo, já os outros parâmetros não apresentaram nenhuma melhora considerável para estes testes.

Um outro fator importante é a diminuição de P1, este devidamente não pode ser reduzido ao valor abaixo de 0.25 segundos, uma vez que, durante a análise, quando o valor de P1 igual a 0.20 segundos o tempo de convergência aumentava. Isto ocorreu devido ao aumento de pacotes *HELLO* transmitidas em um segundo, possibilitando uma sobrecarga de pacotes na rede.

Para trabalhos futuros, serão abordados trabalhos com alterações de algoritmos do Quagga afim de incluir os parâmetros (P6) *MinLSInterval* e (P7) *MinLSArrival* juntamente com a mudança destes para ajuste do tempo de convergência e também com redes sem fio. Simular os mesmos testes com carga na rede.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, T.; CAESAR, M. Achieving Convergence-Free Routing using Failure-Carrying Packets. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, p. 241–252, 2007.

BARRETO, F.; WILLE, E.; JÚNIOR, L. Comparação entre abordagens multi-hop de IP Fast Reroute: E-CER nível SIG x ED-NotVia. **XXIX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações**, p. 2–5, 2011.

BASU, A.; RIECKE, J. Stability issues in OSPF routing. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, v. 31, p. 225–236, 2001.

CHOU, J.; LIN, B. **Adaptive Re-Routing over Circuits: An Architecture for an Optical Backbone Network** 2010 INFOCOM IEEE Conference on Computer Communications Workshops. **Anais...IEEE**, mar. 2010 Disponível em:

<<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5466636>>. Acesso em: 26 abr. 2016

CISCO. **ASA Release 9.2.1 OSPF Enhancements Configuration Example**. Disponível em: <<http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/security/asa-5500-x-series-next-generation-firewalls/118098-config-ospf-00.html>>. Acesso em: 16 out. 2015.

ERIC, R. **internet2 architecture**. Disponível em: <<https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/soco/projects/2003-04/internet-2/architecture.html>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

FRANCOIS, F. et al. Leveraging MPLS Backup Paths for Distributed Energy-Aware Traffic Engineering. **IEEE Transactions on Network and Service Management**, v. 11, n. 2, p. 235–249, jun. 2014.

GOYAL, M.; RAMAKRISHNAN, K. K.; FENG, W. F. W. Achieving faster failure detection in OSPF networks. **IEEE International Conference on Communications, 2003. ICC '03.**, v. 1, p. 296–300, 2003.

JIN, J. Precisely Control Routing Convergence by Adjusting Parameters Based on Network State. **2015 Fifth International Conference on Communication Systems and Network Technologies**, p. 278–282, 2015.

MOY, J. OSPF Version 2. **Ascend Communications, Inc.**, p. Request for Comments: 2328, 1998.

NASCIMENTO, M. et al. RouteFlow: Roteamento Commodity Sobre Redes Programáveis. **XXIX Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, 2011.

NETENGINE, H.; ROUTER, C. Configuration Guide - IP Routing Huawei. 2011.

NETWORKS, J. **Example: Configuring OSPF Timers**. Disponível em: <http://www.juniper.net/documentation/en_US/junos15.1/topics/topic-map/ospf-timers.html>. Acesso em: 16 out. 2015.

NIE, L. **Traffic matrix estimation approach based on partial direct measurements in large-scale IP backbone networks** 2015 IEEE 5th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication. **Anais...IEEE**, maio 2015 Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7284515>>. Acesso em: 26 abr. 2016

OKONOR, O.; WANG, N.; GEORGOULAS, S. **Link sleeping and wake-up optimization for energy aware ISP networks** 2014 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC). **Anais...IEEE**, jun. 2014 Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6912452>>. Acesso em: 26 abr. 2016

PETERSEN, K. et al. Systematic mapping studies in software engineering. **EASE'08 Proceedings of the 12th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering**, p. 68–77, 2008.

PITKANEN, M.; LUOMA, M. OSPF flooding process optimization. **HPSR. 2005 Workshop on High Performance Switching and Routing.**, 2005.

SHI, H. et al. **Manifold structure analysis of Internet traffic matrix based on E-Isomap** Proceedings of the 33rd Chinese Control Conference. **Anais...IEEE**, jul.

2014Disponível em:
<<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6895879>>. Acesso em:
26 abr. 2016

SINGH, H. **Effects OSPF Timers Configurations on Network Convergence in New Generation Routers**Nacional Conference on Emerging in Electrical, Instrumentation & Communication Engineering. **Anais...**Varanasi: 2013

SYSTEMS, C. **Cisco IOS IP Command Reference, Volume 2 of 3: Routing Protocols, Release 12.2.** Disponível em:
<http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/products/ps1835/c1051/ccmigration_09186a008011dfe9.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2016.

TAO, Y. T. Y. et al. Increasing ip network survivability in harsh scenarios with dynamic source routing. **2007 3rd IEEE/IFIP International Conference in Central Asia on Internet**, n. 1, p. 3–6, 2007.

TSEGAYE, Y.; GEBEREHANA, T. OSPF Convergence Times. **ospf convergence time**, 2012.

VASSEUR, J. P.; PICKAVET, M.; DEMEESTER, P. **Network Recovery: Protection and Restoration of Optical, SONET-SDH, IP, and MPLS**. São Francisco, CA: Elsevier, 2004.

ZHANG, P. et al. **Privacy-preserving anomaly detection across multi-domain networks**2012 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. **Anais...**IEEE, maio 2012Disponível em:
<<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6234272>>. Acesso em:
26 abr. 2016