

VIRTUAL ROUTER REDUNDANCY PROTOCOL (VRRP): Um Protocolo para Sistemas Redundantes Aplicado em Ambientes Virtualizados

Erick Barros Nascimento

Docente do Centro Universitário do Rio São Francisco – UniRios,
Mestre em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Sergipe – UFS (2018).
erick.nascimento@unirios.edu.br

Marcelo Silva Souza

Discente em Bacharelado em Sistemas de Informação pelo Centro Universitário do Rio São
Francisco – UniRios
marcelo.sccp01@gmail.com

RESUMO

O presente artigo trata sobre a alta disponibilidade, que visa manter um sistema totalmente disponível, sem nenhuma falha, ou seja, tendo a disponibilidade para o usuário vinte e quatro horas por dia e sete dias por semana. O objetivo do trabalho é realizar a implementação de um Gateway Virtual em cluster de roteadores como modelo de Alta Disponibilidade para LANs de pequeno e médio porte. A metodologia abordada no estudo foi a pesquisa bibliográfica e exploratória, com a obtenção de dados existentes em livros, artigos e sites, baseada principalmente em Andrew Tanenbaum (1997), Ariovaldo Almeida (2006), Marcus Bellezi e Fernando Dejana (2014); como também a pesquisa experimental, no qual foi possível realizar o experimento e obter com detalhes os resultados do estudo. Por fim, foi possível constatar que os sistemas essenciais de alta disponibilidade juntamente com hardwares de baixo custo, podem fornecer uma boa performance para os usuários, tal que, mesmo com possíveis limitações de hardwares e com um baixo investimento, é possível fornecer uma experiência aceitável para os usuários.

Palavras-Chave: Alta Disponibilidade; Gateway Virtual; Redes de Computadores.

VIRTUAL ROUTER REDUNDANCY PROTOCOL (VRRP): A PROTOCOL FOR REDUNDANT SYSTEMS USED IN VIRTUAL ENVIRONMENTS

ABSTRACT

This paper discusses high availability, which aims to keep a system fully available and without any flaws, in other words, accessible to users twenty-four hours a day, seven days a week. This study aims to implement a Virtual Gateway in router cluster with High Availability model for small and medium-sized LANs. The methodology used in the study was the bibliographical and exploratory research, obtaining data from books, articles and websites, based mainly on Andrew Tanenbaum (1997), Ariovaldo Almeida (2006), Marcus Bellezi e Fernando Dejana (2014). The research was also experimental, enabling the conduction of an experiment to obtain detailed results about the subject. Finally, it was possible to observe that the High Availability Systems, together with low-cost hardware, may

provide users with good performance, in such a way that, even with the eventual hardware limitations and low investment, it is possible to achieve an acceptable user experience.

Keywords: High Availability; Virtual Gateway; Computer Network.

INTRODUÇÃO

De maneira geral, as organizações possuem grande dependência em relação à sistemas informatizados, visto que, geralmente a maioria dos dados de uma empresa ficam armazenados em servidores, no qual são acessados pelas diversas interfaces que a organização disponibiliza. Diante disso ficar indisponível, traz perda com elevação dos custos e perda de produtividade como inacessibilidade de serviços. Emer, B. (2016), Implementação de alta disponibilidade em uma empresa prestadora de serviços para internet.

As empresas hoje em dia estão cada vez mais buscando fornecer uma melhor experiência aos usuários, através de sistemas disponíveis com o mínimo de falhas possíveis, porém, para atender a demanda dos usuários as empresas precisam investir em equipamentos e a depender do custo essas aquisições podem ser impossibilitadas, no qual inviabilizam as suas aquisições. Diante disso, deve-se buscar alternativas que sejam possíveis para obter melhorias e maximizar o desempenho dos sistemas, visto que atualmente os serviços fornecidos pelas empresas possuem milhares de acessos simultâneos.

Entretanto, um dos grandes problemas de organizações que possuem sistemas críticos é a indisponibilidade de sistemas, além da perda de produtividade causa descrédito para a organização. Portanto, surge a possibilidade da utilização de hardware de baixo custo, como o *Mikrotik*, que aliado a sistemas de *clusters* poderá solucionar um problema de contingência e prover o mínimo possível de indisponibilidade dos serviços disponibilizados.

O presente trabalho tem como objetivo principal, implementar um *Gateway Virtual* em *cluster* de roteadores como modelo de Alta Disponibilidade para LANs de pequeno e médio porte, juntamente com os objetivos específicos que irão auxiliar no entendimento do objetivo central, sendo eles: i) Compreender os conceitos e características da alta disponibilidade; ii) entender o funcionamento, funções dos protocolos que possibilitam o balanceamento de carga; iii)

implementar um *gateway virtual* de alta disponibilidade; iv) validar a eficácia de *hardware* de baixo custo para implementar sistemas de alto desempenho.

Para a elaboração do desenvolvimento trabalho foi realizado a seguinte estrutura de seções: Na segunda seção, será descrito o conceito de Redes de computadores, como também seus escopos e tipos redes. Na terceira seção, é demonstrada a Alta Disponibilidade (AD), conceito, características e benefícios, dos seus sistemas. Na quarta seção, será demonstrado a metodologia experimental a fim de exemplificar o experimento realizado. Por fim, na quinta seção, serão apresentados os resultados obtidos com a análise.

1 REDES DE COMPUTADORES

Redes de Computadores é definido como um conjunto de dispositivos ou computadores em que estejam conectados através de algum sistema de comunicação e objetiva realizar o tráfego de informações entre dois sistemas comunicantes. Esses sistemas, depende dos meios de transmissões e protocolos de comunicação para que seja possível realizar a troca de dados.

Segundo Tanenbaum (1994), “Redes de Computadores” é considerado uma agregação de computadores autônomos, os sistemas que são interligados, no qual são capazes de realizar a troca de informações entre si. Inclusive, as conexões entre os mesmos podem ser executadas através de fios de cobre, *fibras óticas*, *lasers*, como também satélites de comunicação.

Contudo, existem outras definições de redes de computadores, tais como a de Miranda (2008, p.79): Uma rede de computadores é um conjunto de computadores (locais ou remotos) interligados entre si (de forma total ou parcial) de tal maneira de possibilitar a comunicação de dados localmente e/ou remotamente, incluindo todos os equipamentos eletrônicos necessários à interconexão de dispositivos, tais como microcomputadores e impressoras. Esses dispositivos que se comunicam entre si são chamados de nós, estações de trabalho, pontos ou simplesmente dispositivos de rede.

Com a evolução das tecnologias, as LANs internas presentes em locais urbanos, por exemplo redes de computadores em farmácias, supermercados, bancos, e entre outros lugares, nota-se que estamos diante de uma rede de computadores interligados. Para Torres (2001), o surgimento das redes de computadores deu-se a partir da necessidade de realizar a troca de informações, onde é possível obter acessos a dados que estão fisicamente ou geograficamente separados, tal como um caixa eletrônico, no qual clientes tem acesso aos seus dados em contas correntes que poderá estar armazenada em um sistema bancário a milhares de quilômetros de distância.

As redes não são uma tecnologia nova, visto que as mesmas existem desde a época dos primeiros computadores pessoais. Contudo, com o decorrer dos anos ocorreram novas padronizações, novos protocolos e tecnologias no quais permitiram que os computadores se comuniquem melhor a um baixo custo, o que torna seu uso mais popular.

Conforme relata Morimoto (2008), as redes de computadores passaram-se por uma grande evolução até obterem aos grandes padrões existentes e utilizados hoje em dia. Na década de 60, foram criadas as primeiras redes de computadores, com o intuito de realizar a transmissão de informações de um computador para outro. Nessa época, um dos meios de armazenamento de dados e transporte eram cartões perfurados, entretanto, com o decorrer dos anos a tecnologia foi se desenvolvendo até ser possível realizar a transferência por redes sem fio.

Mediante a queda de custos na implementação de redes, é controverso pensar que nos dias atuais, um ambiente de trabalho onde existem computadores, os mesmos não estejam interligados, mesmo que o ambiente seja pequeno. Dessa forma, mesmo em pequenos escritórios com dois computadores a necessidade de uma rede é evidentemente necessária, evitando a utilização de armazenamento portátil para o compartilhamento de arquivos, além, dos compartilhamentos de periféricos entre as máquinas. Na Figura 1 abaixo, demonstra um dos sistemas que lia e recebia dados de cartões perfurados, no qual foi criada em 1801 por Tear de Jacquard.

Figura 1 – Máquina de Tear de Jacquard



Fonte: Tectudo (2011)³³.

³³ <http://www.techtudo.com.br/platb/desenvolvimento/2011/06/20/historia-da-programacao-como-tudo-comecou/>

Segundo Tanenbaum (1997), a clareza de se trocar dados e compartilhar periféricos, tais como scanners ou impressoras, é um dos motivos básicos de uma rede, significando uma redução nos custos de aquisição de equipamentos e aumentando a confiabilidade do sistema ou equipamento, pois tem fontes alternativas de fornecimento.

1.1 LANS, MANS e WANS

As siglas LAN, MAN e WAN correspondem ao que é chamado de escopo de redes, no qual, é um tipo de classificação em que determina o alcance geográfico de uma rede de computadores, tal que, é verificado se a rede possui máquinas fisicamente próximas ou locais diferentes, outras cidades ou até países. Além dessas diferenças, cita-se também outros parâmetros, tais como: velocidade da transmissão dos dados e o meio de transmissão dos dados.

Ainda segundo Miranda (2008), por volta da década de 80 existiu uma grande expansão das redes, mas tão logo, foram percebidos alguns problemas devido ao seu crescimento rápido. Pois, muitas das tecnologias de rede criadas possuíam base plataformas diferentes, além de *softwares* que não era compatíveis, o que causou uma dificuldade na comunicação entre si, diante disso, um dos objetivos principais que era compartilhar os dados e recursos entre as redes não era atingido. Portanto, houve a necessidade de realizar a divisão das redes e passou a variar conforme a classificação, no qual são: LAN, MAN e WAN.

As redes LAN são responsáveis pela comunicação entre computadores em uma área pequena ou restrita, no qual são compartilhados recursos de *hardware*, *softwares* e informações, geralmente são redes locais encontradas em empresas, escritórios pequenos, universidades e em demais organizações onde haja necessidade de comunicação entre diferentes setores e que o compartilhamento de recursos seja necessário.

Com relação a LAN, Tanenbaum exemplifica (1997, p.29)

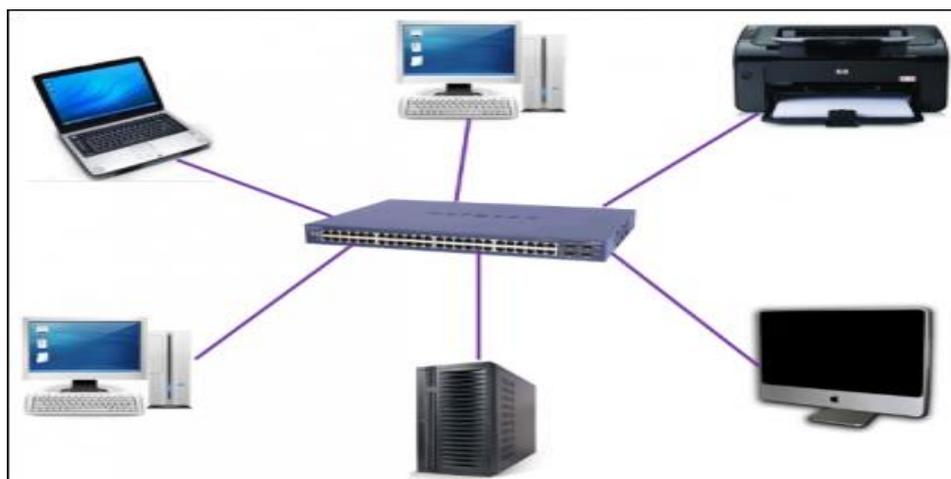
As redes locais, muitas vezes chamadas LANs, são redes privadas contidas em um único edifício ou campus universitário com até alguns quilômetros de extensão. Elas são amplamente usadas para conectar computadores pessoais e estações de trabalho em escritórios e instalações industriais de empresas, permitindo o compartilhamento de recursos (por exemplo, impressoras) e a troca de informações.

Geralmente em LANs tradicionais, os computadores são conectados por cabos ou através de equipamentos chamados de Hubs, além disso, funcionam em velocidades de 10 Mbps a 100

Mbps, já em relação as LANs mais modernas podem transmitir dados e informações em até 10 Gbps, como as redes FastEthernet, GigaEthernet, 10 GigaEthernet.

A Figura 2, apresenta uma rede local LAN, composta por computadores, impressora, interligadas através de um Switch.

Figura 2 – Rede LAN



Fonte: Boson Treinamentos (2019)³⁴.

As redes metropolitanas ou mais conhecidas como MAN, são redes com uma área média no qual ocupam próximo o espaço de uma cidade, além de ser possível ser integrada de uma ou mais redes LANs. Segundo Tanenbaum (1997), a MAN pode englobar um de organizações vizinhas ou uma cidade inteira, podendo ser privada ou pública. Diante disso, a MAN é uma versão estendida da LAN, pois basicamente os dois tipos de rede utilizam tecnologias semelhantes.

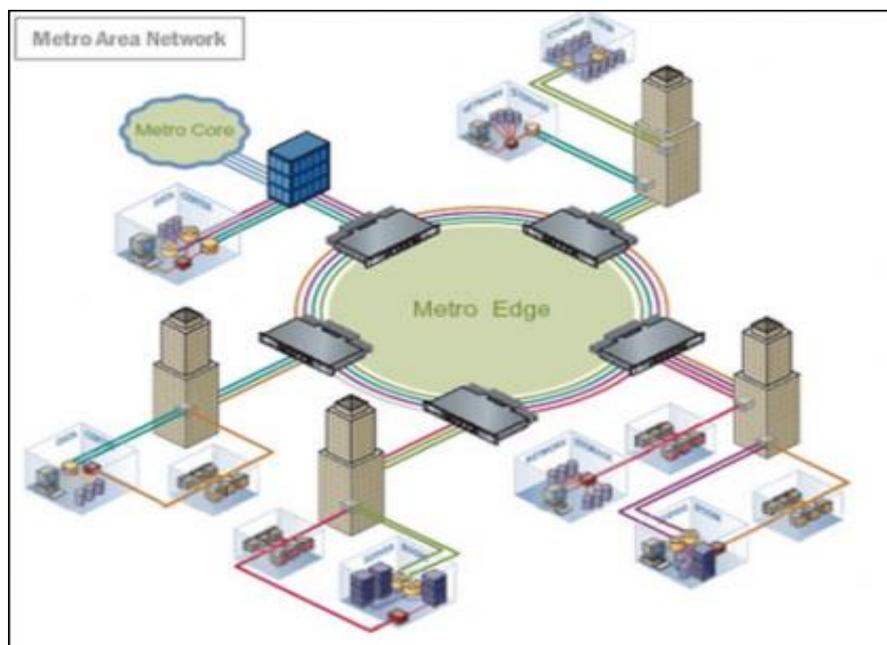
Portanto, as MAN se encaixam no conceito de ser uma grande rede LAN, no qual os serviços que estão disponíveis no seu *Switch*³⁵ principal, também estarão disponíveis em locais de longas distâncias. Essa rede pode ser bastante utilizada por empresas que desejem replicar sistemas por questões de segurança e alta disponibilidade, pois através das mesmas é possível transportar voz, dados e imagens a uma velocidade de até 200 Mbps, entretanto, essa velocidade poderá variar de acordo com a arquitetura existente na rede.

³⁴ Disponível em: <<http://www.bosontreinamentos.com.br/redes-computadores/qual-a-diferenca-entre-lan-man-e-wan-em-redes-de-dados/>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

³⁵ Equipamento que permite a conexão de computadores em rede, isso porque ocupa também a função central da rede, realizando a conexão entre várias máquinas numa LAN.

Na Figura 3, apresenta uma rede MAN, através de várias redes LAN interligadas, formando uma rede MAN.

Figura 3 – Rede MAN



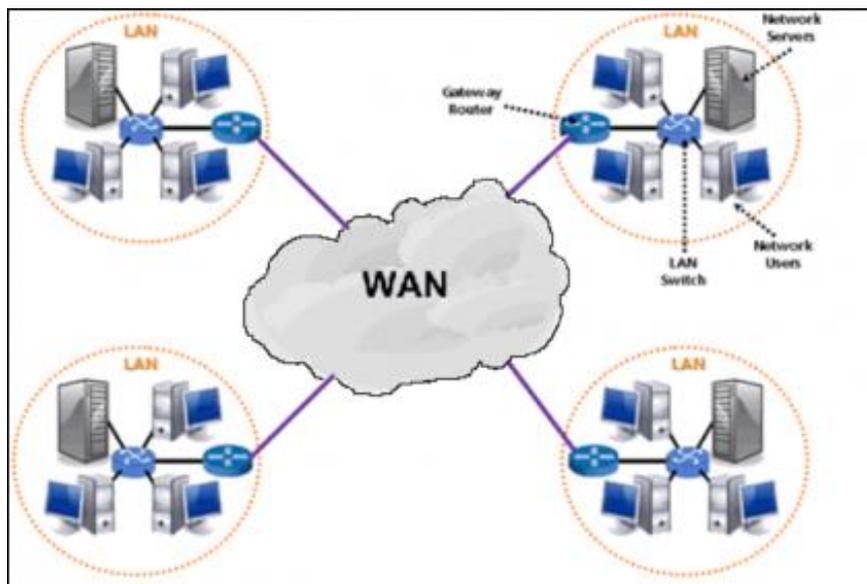
Fonte: Boson Treinamentos (2019)³⁶.

Com o crescimento das organizações, as redes WAN têm se tornando cada vez mais implantadas nos ambientes, visto que as redes LAN não poderão ser suficientes para suprir a demanda elevada de informações compartilhadas em ambientes distantes, diante da necessidade de se buscar uma forma de transmitir as informações de uma empresa para outra através de uma rápida e eficiente.

A Figura 4, demonstra um modelo de rede WAN, no qual é semelhante a uma rede MAN, composta redes LAN interligadas entre si, entretanto, o diferencial, é que a área de geolocalização das mesmas é maior.

³⁶ Disponível em: <<http://www.bosontreinamentos.com.br/redes-computadores/qual-a-diferenca-entre-lan-man-e-wan-em-redes-de-dados/>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

Figura 4 – Rede WAN



Fonte: Boson Treinamentos (2019)³⁷.

Por fim, explica Tanenbaum (1997) que uma rede geograficamente distribuída ou WAN, engloba amplas áreas geográficas, seja com cobertura um nível menor, como nacional, ou até mesmo alto como internacional. As WAN têm uma agregação de computadores com o objetivo de executar aplicações que estejam conectadas por várias LAN e realizando o compartilhamento de dados de um ponto geográfico para outro.

Portanto, às redes LAN são computadores que estão em uma área pequena, tais como: residência, escritórios, pequenas empresas, MANS, são os computadores distribuídos em uma área compatível como a de uma cidade, e a WAN, possuem computadores interligados em uma geolocalização do tamanho de um país.

1.2 REDES DE ALTO DESEMPENHO

Segundo a Microsoft (2018), “as redes de alto desempenho são redes que possuem um dos requisitos principais, realizar o processamento de dados em tempo real, tais como: replicação de dados de datacenter e recuperação de desastres do datacenter”. Além disso, esses tipos de redes possuem recursos de conexão dinâmica que os tornam mais acessíveis e gerenciáveis.

³⁷ Disponível em: <<http://www.bosontreinamentos.com.br/redes-computadores/qual-a-diferenca-entre-lan-man-e-wan-em-redes-de-dados/>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

Com a integração de redes de alto desempenho com alta disponibilidade, presume-se que o ambiente é gerenciado da melhor maneira possível, tal que, além da alta disponibilidade dos sistemas fornecidos, também, poderá ter um gerenciamento melhor em caso de desastres físicos no ambiente, no qual, terá uma organização para manter os dados seguros e também a recuperação mais rápida do mesmo.

1.3 ROTEADORES DE BORDA

Em geral os roteadores de borda são um dispositivo de rede físico no qual busca facilitar e estabelecer uma conexão entre uma rede local e a internet, realizando a transmissão de dados e pacotes, entre redes de computadores distintas. Segundo a UPX (2019), o roteador de borda, além de ser o equipamento responsável pelo tráfego de dados, o mesmo também possui variados recursos e protocolos de roteamento para o encaminhamento dos pacotes de dados.

Conforme Rouse (2016), os roteadores de borda, além de serem responsáveis pelas transferências dos dados entre várias redes, também é possível realizar o gerenciamento da transmissão dos dados para outros sistemas de redes separadas visando uma melhor segurança no compartilhamento.

Em geral, a utilização dos roteadores de borda não é somente por empresas prestadores de conexão com à Internet, como as operadoras telecom. Hoje em dia, também são utilizados por empresas privadas de médio e grande porte, sendo utilizado exclusivamente para realizar a conexão entre os dispositivos de rede da empresa, buscando garantir que os dados possam ser enviados e recebidos da forma mais otimizada possível, evitando lentidões e garantindo mais segurança, visto que todo o tráfego realizado, estará sendo gerenciado pelo roteador de borda próprio da empresa.

2 ALTA DISPONIBILIDADE

Atualmente as organizações buscam investir cada vez mais na área de Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs) que segundo são, tendo como o objetivo manter um ambiente moderno e estruturado para tornar a experiência do usuário a melhor possível, pois ao longo dos anos, as TICs têm evoluído bastante, ao desenvolver novos recursos e segurança computacionais. Conforme defende Costa (2009), “Raramente em um ambiente corporativo,

seja organização pública ou privada, raramente realizam suas atividades sem implementar um ambiente computacional estruturado”.

Ao longo dos anos, os sistemas essenciais de alta disponibilidade foram gradualmente sendo implantados nas organizações, trazendo mais recursos e modernização aos sistemas disponíveis. Pois, segundo Almeida (2006), no início da era digital, os sistemas computacionais foram implantados em ambientes organizacionais, onde os sistemas ficavam devidamente centralizados, possuindo apenas um único sistema centralizado para realizar o processamento de dados e informações, sendo necessário os usuários levar os trabalhos para os devidos processamentos.

O crescimento das redes de computadores juntamente com o potencial de compartilhar recursos por meio da junção de computadores e meios de comunicação, existiu uma renovação no cenário da tecnologia. Isso permitiu que os usuários utilizassem suas estações de trabalho para processar dados por meio de uma infraestrutura conectada, no qual o trabalho é enviado a várias centrais de processamento de dados, sendo conhecidos como *mainframes* (MACEDO; FRANCISCATTO; CUNHA; BERTOLINI,2018).

Na Figura 5, demonstra um dos primeiros *mainframes* desenvolvidos pela IBM no ano de 1964, sendo um dos maiores projetos da época na área de tecnologia.

Figura 5 – IBM System 360/20



Fonte: Techenter (2009)³⁸.

³⁸ Disponível em: <<https://techenter.com.br/o-que-e-mainframe/>>. Acesso em: 20 mai. 2020.

Com a evolução das tecnologias e as demandas dos usuários, existe uma necessidade na época atual de possuir uma maior atenção com a disponibilidade dos sistemas, tal que, surge o conceito de Pitanga (2003), no qual a alta disponibilidade possui o objetivo de manter a máxima disponibilidade aceitável dos sistemas disponibilizados, buscando realizar redundância de *hardwares*, como também de *softwares*.

Através das implantações de sistema de alta disponibilidade em uma organização, as mesmas tem o entendimento de que o principal objetivo é buscar maximizar o uso de seus equipamentos, porém, explica Pereira Filho (2005), que a alta disponibilidade possui o objetivo de manter os serviços funcionando o máximo de tempo possível. Como falhas serão inevitáveis, utiliza-se técnicas que garantem a disponibilidade dos sistemas, mesmo em decorrência de erros.

Hoje em dia, cada vez mais é necessário garantir a disponibilidade de um serviço, diante da constante necessidade dos usuários em conseguir obter êxito mais rapidamente nos sistemas utilizados, tal que, além de tornar uma experiência satisfatória para o mesmo, lhe trará benefícios futuros, por exemplo: uma imagem da empresa perante o mercado, de que possui sistemas capazes de atender as demandas dos usuários em qualquer horário possível.

As organizações de uma maneira geral cada vez mais ficam dependentes de sistemas informatizados, pois, os dados geralmente são armazenados em servidores, tendo a necessidade de serem acessados por interfaces de sistemas que a empresa disponibiliza. Posto isso, ficar indisponível provocará perda de produção e tempo para a organização e seus usuários, no qual influenciará na baixa produtividade da mesma. No entanto, a alta disponibilidade também permite auxiliar positivamente em diversas áreas de uma organização, tal como, na área financeira da mesma, proporcionando uma redução de custos e evitando a inacessibilidade de sistemas.

2.1 SISTEMAS DE ALTA DISPONIBILIDADE

Sistemas de alta disponibilidade, são considerados sistemas que possuem a capacidade de serem utilizados a qualquer momento, sem que haja a indisponibilidade do mesmo, devido a falhas, seja de *softwares*, energia ou até mesmo de *hardware*. Segundo a Oracle (2013), “é um sistema projetado para continuar funcionando mesmo quando um de seus componentes falharem, para

tanto, os mesmos contêm componentes de *backup* para se alternarem caso algum dos componentes ativos haja falhas”.

Compreende-se como objetivo de um sistema de alta disponibilidade, buscar identificar e corrigir os pontos existentes de falha, visto que, com a existência da falha poderá causar uma indisponibilidade imediata em todo um sistema ou em parte dele, no qual, poderá ocasionar uma insatisfação do usuário ou até mesmo prejuízos financeiros para a organização.

Conforme aborda Singer (2020), “um dos pontos principais de um sistema de alta disponibilidade é o tempo de atividade. O tempo de atividade é de extrema importância, principalmente em empresas que fornecem sistemas *online*, no qual devem garantir confiabilidade e disponibilidade perante seus usuários”. Um dos principais benefícios de se utilizar esse sistema é que irá manter os servidores em pleno funcionamento e evitar grandes períodos de inatividade, no qual, irá gerar uma grande perda de produtividade dos seus serviços, e ainda, uma insatisfação dos seus usuários. Em casos, de inacessibilidade de sistemas, significará perda de tempo e deixar de produzir, diante disso, a alta disponibilidade visa garantir a continuidade dos processos de negócios da organização.

2.2 TOPOLOGIAS DE ALTA DISPONIBILIDADE

De acordo com Hat (2008), “a agilidade exigida pelas organizações nos dias de hoje, é necessárias soluções tecnológicas que possibilitem a sua presença ininterrupta no universo virtual, visto que alguns minutos de indisponibilidade podem representar perdas de milhares de reais”.

Normalmente quando se fala em sistemas de alta disponibilidade, imagina-se em grandes organizações com alto poder de investimento e de mercado, com a presença de servidores de alta capacidade, robôs para *backups*, roteadores de alto custo e entre outros. Entretanto, fazendo-se uso de *softwares* livres, existe a possibilidade de se construir e manter sistemas de alta disponibilidade, a um custo muito mais baixo perante os praticados no mercado hoje em dia.

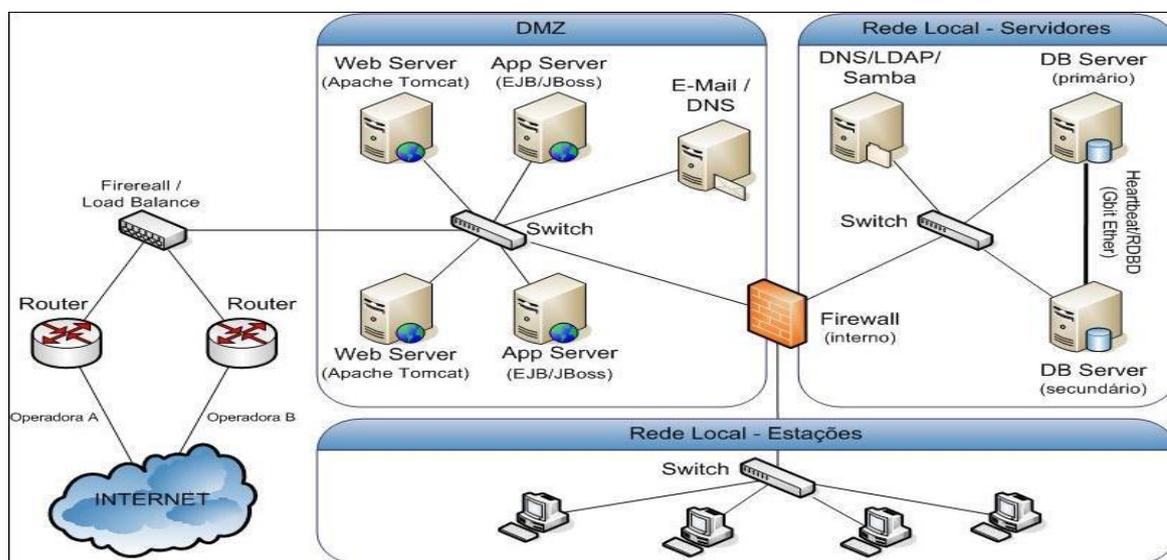
Hipoteticamente, uma empresa que atua no ramo de vendas físicas decida investir no e-commerce, no qual decida criar um site e realizar as vendas de seus produtos *online*. Portanto,

é perceptível que nesse tipo de serviço, é necessário a sua disponibilidade 24 horas por dia para que seus possíveis clientes acessem o site a qualquer hora que desejarem, pois, caso não esteja disponível, os mesmos irão procurar outro site que comercialize os mesmos produtos, e com isso acabará trazendo prejuízos para empresa, no qual não conseguiu manter uma disponibilidade constante do seu sistema.

A Figura 6, demonstra uma arquitetura de sistemas de alta disponibilidade, passível de ser utilizada por esta empresa, no qual poderá prover de disponibilidade do seu serviço, com o mínimo tempo possível de indisponibilidade, caso, venha ocorrer falhas em algum *software*, ou *hardware*. Para tal, na figura abaixo, existem algumas áreas em destaques:

1. **Rede Local – Estações:** Segmente de rede destinado aos computadores utilizados pelos colaboradores, a fim de prover suporte e atendimento administrativo e comercial.
2. **Rede Local – Servidores:** Segmento de rede destinado exclusivamente para os servidores, havendo uma proteção de segurança pelo *firewall* interno.
3. **DMZ:** Composto por servidores que iram fornecer os serviços para a internet.

Figura 6 – Topologia de alta disponibilidade



Fonte: Dr White Hat (2019)³⁹.

³⁹ Disponível em: < <https://drwhitehat.wordpress.com/2008/11/07/alta-disponibilidade-com-baixo-custo/>>. Acesso em: 20 nov. 2020

Portanto, na arquitetura apresentada acima, demonstra um ambiente de alta disponibilidade, com um custo reduzido ao utilizar *softwares* de uso livre, com redes locais individualizadas a fim de uma melhor segurança, disponibilidade e conseqüentemente organização do ambiente.

2.3 GATEWAYS VIRTUAL

Em geral *Gateway virtual* é uma rede virtual, geralmente composto por máquinas virtuais, e que estão implantadas em sub-redes diferentes a fim de realizar a interconexão entre as mesmas. Conforme explica a Microsoft (2020), um gateway de rede virtual é constituído geralmente de duas ou mais máquinas virtuais incorporadas em uma determinada sub-rede.

Um gateway de rede virtual tem algumas funcionalidades importantes em uma rede, tais como: rotear o trafego da rede virtual e realizar rotas de IP do Exchange entre as redes. Ao utilizar um *gateway* de rede *virtual*, é necessário que o mesmo componha de algumas confirmações necessárias para que seja possível a sua utilização da melhor forma possível, tal como utilizar o comando ‘-*GatewayType*’, no qual deverá especificar qual o tipo de *gateway* será utilizado. Existem dois tipos de Gateways:

1. **VPN:** É utilizado para enviar dados criptografados entre redes de uma forma segura, e também permite o acesso a rede interna da uma organização.
2. **ExpressRoute:** É utilizado para realizar uma integração entre redes locais, com redes em nuvem, através de uma conexão privada, a fim de estender as redes locais na nuvem e integrar a serviços que seja necessário esse tipo de conexão.

2.4 PROTOCOLOS PARA BALANCEAMENTO DE CARGA

2.4.1 RIP

O Routing Information Protocol (RIP) foi um dos primeiros protocolos existentes, no qual ainda nos dias atuais continua em predominância utilização, principalmente em redes de pequeno e médio porte, em virtude de existir um baixo overhead em termos de largura de banda utilizada, como também o mesmo é de fácil implementação.

Uma das tarefas do RIP é descobrir a melhor rota possível da rede de acordo com a métrica da menor contagem de saltos, realizando o uso do algoritmo de vetor de distância, no qual é avaliado o número de sub-redes percorridas até a sub-rede de destino, tal que uma das métricas utilizadas é de no máximo 15 saltos percorridos.

Conforme detalha Kurose (2006), o seu funcionamento é extremamente simples, pois um roteador ao utilizar o RIP, mantém as suas tabelas de roteamento atualizadas realizando a troca de informações com os seus vizinhos, tal que, cada roteador integrante da rede, realiza o envio de informações a cada 30 segundos uma relação com até 15 sub-redes de destinos, como também a distância percorrida entre ele e o destino.

Entretanto, um dos problemas mais comuns no RIP é o *loop* de roteamento, no qual se um roteador não receber nenhuma informação do seu vizinho pelo menos em um período de 180 segundos, este roteador será considerado inalcançável e inoperante. O problema principal é que quando um roteador ainda não recebeu a informação que aquela rede está inoperante, o mesmo ainda continuando informações para outros roteadores, informando que sabe o caminho para aquela rede inoperante, no qual estará enviando uma informação errada para os demais, gerando-se assim um *loop*.

Diante disso, utiliza-se a técnica de *split-horizon*⁴⁰, no qual faz com que um determinado roteador não realize novamente mais o envio de informações sobre uma rota através de uma interface que o mesmo já tenha aprendido uma informação sobre a mesma.

É importante também salientar o uso do método *Triggered Update*⁴¹, no qual, segundo explica Neto e Bezerra (2002), está relacionado ao tempo de envio da tabela de roteamento. Utilizando-se esse método, o roteador envia uma atualização sempre que notar uma alteração em sua tabela de roteamento, não sendo necessário esperar o tempo padrão de envio, diminuindo-se assim a quantidade de informações desatualizadas, e conseqüentemente diminuindo a quantidade de loops existentes.

⁴⁰ O split-horizon é uma técnica simples e eficaz de evitar loops em uma rede. Essa regra diz que um roteador não pode enviar nenhuma atualização sobre uma rota pela mesma interface que ele recebeu atualização sobre essa rota

⁴¹ Triggered Updates faz com que no caso de uma rota se tornar indisponível, o roteador não aguardar pela próxima atualização (geralmente a cada 30 segundos) para comunicar a seus vizinhos, mas envia-la imediatamente.

2.4.2 OSPF

O OSPF (*Open Shortest Path First*), assim como o protocolo RIP, são protocolos abertos disponíveis ao público, tal que, podem ser desenvolvidos como também aperfeiçoados por diversos fabricantes. Além disso, o OSPF é um dos protocolos mais importantes, diante da sua utilização com algoritmos de roteamento estado de enlace, no qual, são popularmente conhecidos como algoritmos SPF, inclusive é regularmente utilizado por ISPs de níveis altos, devido a sua implementação ser mais complexa que a RIP.

Utilizando-se o protocolo OSPF, os roteadores armazenam um banco de dados independente de roteamento, composto por informações sobre as redes disponíveis, como também: equipamentos das redes e o custo de cada uma das interfaces e suas conexões. Percebe-se que nesse protocolo é possível obter informações, tanto da topologia, como também da infraestrutura da rede.

Quanto a sua utilização, segundo Kurose (2006), os roteadores de uma rede que tem como protocolo o OSPF, realizam a identificação de roteadores vizinhos, e a partir disso realizam a comunicação entre eles. Diante das informações recebidas pelos roteadores vizinhos é possibilitado a criação do banco de dados *link-state*⁴². O roteador logo construirá um mapa da topologia completa de toda a rede, utilizando-se o algoritmo de Dijkstra para obter os caminhos mais curtos para todas as sub-redes existentes, aplicando uma métrica baseada na largura de banda do caminho.

Portanto, o protocolo OSPF possui várias vantagens em relação ao RIP, porém, o RIP é de fácil implementação, incluindo-se a sua utilização, no qual requer menos processamento para os roteadores, sendo implantado geralmente em redes de pequeno porte. Com isso, em redes maiores o OSPF é mais utilizado, visto que o mesmo leva a vantagem no tempo de convergência e na escolha das rotas.

⁴² Os protocolos *link-state* funcionam como um mapa de estrada criando um mapa topológico da rede, e cada roteador usa esse mapa para determinar o caminho.

2.4.3 EIGRP

Com relação ao EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol), um protocolo híbrido, no qual é utilizado estado de enlace, assim como técnicas de algoritmos vetor de distância, combinando-se de forma que possa reduzir as dificuldades, especialmente em situações de convergência para caso de mudanças ocorridas na rede.

Segundo Filippetti (2006), no próprio nome já se possui uma introdução do mesmo (*enhanced* = reforçado), ou seja, é uma versão aperfeiçoada do IGRP, consistindo em ser um protocolo *classless*, possibilitando a prática de CIDR, VLSM, assim como a sumarização de rotas na rede, possibilitando obter uma melhor segurança através de autenticações.

Na tabela de topologia utilizada pelo EIGRP é armazenado todos os destinos fornecidos pelos roteadores vizinhos, tal que, cada destino é realizado a associação de um endereço IP e uma lista de roteadores vizinhos que foram anunciados neste destino, incluindo a sua métrica utilizada. Diante das informações obtidas é possível realizar a montagem da tabela de roteamento, no qual irá conter as melhores rotas para cada destino, tal que cada rota possuirá 5 diferentes métricas, tais como: atraso, largura de banda ou taxa de transferência, confiabilidade, carga e MTU.

Sendo assim, o protocolo EIGRP possui bastante pontos positivos, como uma ótima velocidade de convergência, balanceamento de tráfego de rede com diferentes métricas, além de mecanismos que permitem realizar rotas de backup entre os roteadores, inclui-se também, sua configuração é muito simples. Por ser simples de se realizar a configuração, o mesmo é comparado ao RIP, entretanto, mesmo possui uma eficiência superior ao mesmo.

2.5 PROTOCOLOS PARA ALTA DISPONIBILIDADE

2.5.1 GLBP

O Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) é um protocolo de originalidade da Cisco, tal qual possui similaridade em relação ao VRRP, diante da sua praticidade em realizar a redundância de *gateway* e também o balanceamento de carga.

Em relação ao GLBP, o mesmo existe um IP virtual utilizado pelos roteadores que utilizam tal protocolo, como também existe a possibilidade de realizar a atribuição de vários endereços MAC (*Media Access Control*) para este endereço IP virtual. Sendo assim, semelhante aos demais protocolos, será possível cada computador conhecer um único gateway, no qual é o virtual.

Para Macedo (2008), a cada requisição da tabela ARP recebida no endereço virtual, o *gateway* virtual ativo responderá com um dos endereços MAC virtuais existente, realizando a transferência da responsabilidade do envio dos pacotes ao dono daquele MAC, e sendo assim conseguindo realizar o balanceamento.

Em sua utilização, o GLBP contém dos tipos de *gateways* ativos: O Gateway Virtual Ativo (AVG), como também o Gateway Virtual Encaminhador (AVF), tal que o AVG é o principal do grupo, assim como os AVF são os backups. Durante cada solicitação ARP realizada, é o ARP o responsável pelo envio do MAC virtual de outro roteador AVF.

No protocolo GLBP existem três métodos para o balanceamento de carga:

1. **Round-Robin:** Realiza a distribuição de endereços MAC virtuais em ciclo, buscando realizar a distribuição de forma igualitária o número de clientes para cada AVF. (Cisco, 2011)
2. **Weighted:** O AVG utiliza a atribuição de peso para cada AVF realizar o balanceamento de carga, tal que conforme maior for o peso do AVF, mais carga será possível ele receber. (Cisco, 2011)
3. **Host dependente:** Utiliza um algoritmo para realizar a atribuição do AVF para cada cliente existente, utilizando o endereço MAC do cliente. Através deste método é possível garantir que o cliente receberá sempre o mesmo endereço MAC virtual para *gateway*, desde que o grupo GLBP não seja alterado. (Cisco, 2011)

Portanto, o GLBP fará com que todos os roteadores fiquem ativos durante todo o tempo, diferentemente do HSRP e VRRP no qual apenas o roteador principal fica como ativo e os demais em standby.

2.5.2 HSRP

O Hot Standby Router Protocol (HSRP) é um dos protocolos de rede desenvolvidos pela Cisco, no qual é integrante das normas RFC, a 2281, tal que um roteador é utilizado como ativo e os demais em standby. Conforme explica Campagnolo (2015), ao realizar a sua aplicação em uma rede, seja composta por dois ou mais roteadores, cada roteador possuirá um ip fixo na rede local, assim como também terá um *gateway* padrão comum em todos os roteadores, chamado de IP Virtual.

Ao realizar a utilização do HSRP nos roteadores, um dos principais focos é para que caso exista uma falha em alguma regra no roteador, como por exemplo uma interface inoperante, ou falha na conexão com o próximo salto, caso ocorra, é realizada uma decretação de valor da sua prioridade, buscando tornar o seu roteador vizinho ativo, e, caso seja normalizada as regras, o roteador no qual era dado como principal, voltará a sua prioridade inicial e seu estado será atualizado para ativo.

Sendo assim, o HSRP é um dos protocolos bastante utilizado, diante da sua funcionalidade em ambientes corporativos, tal que possibilita uma alta disponibilidade constante em seus serviços, utilizando-se de seu método de balanceamento, buscando evitar a indisponibilidade perante o gerenciamento eficaz dos roteadores da rede.

2.5.3 VRRP

O Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) é um protocolo aberto, tal qual é definido pelas normas da RFC, sendo possível ser utilizado em qualquer equipamento que suporte o protocolo, não havendo restrição. Em comparação com o HSRP, o VRRP realiza a definição dos roteadores com o status *master* para os ativos e backup para os restantes utilizando-se dos valores de prioridades em cada roteador.

No protocolo VRRP as mensagens trocadas entre os roteadores são definidas por *Link-State Advertisement*(LSA). O roteador no qual constar como principal, será chamado de mestre, e terá o objetivo de enviar as mensagens para os roteadores de backup, além disso, as mensagens tem por padrão serem enviadas a cada 1 segundo.

Para Hashimoto (2009), o VRRP consiste em fornecer uma maior confiança em relação aos demais protocolos, além de ser possível resolver o problema de um único ponto de falha de uma rede ao possuir apenas um roteador, inserindo a definição de um roteador virtual.

No VRRP também possui a vantagem da redundância, em razão de implementar vários roteadores como um único *gateway* para uma rede, realizando o balanceamento da carga, suportando até 255 roteadores virtuais, através de vários grupos com diversas prioridades, buscando distribuir de forma equivalente os *gateways* virtuais para os clientes da rede. Para tanto, o VRRP foi o protocolo escolhido para este trabalho visando obter um resultado de maior confiança, buscando através dos roteadores utilizados e das configurações do protocolo obter o mínimo de falha possível.

3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Neste projeto, quanto a sua natureza é a pesquisa aplicada, devido a pretender demonstrar o sistema de cluster de alta disponibilidade em *Lans* de médio porte, utilizando *hardware* de baixo custo, para que seja possível evitar a indisponibilidade de sistemas, além, de maximizar a utilização dos seus recursos. Segundo Thiollent (2009, p.36) a pesquisa aplicada concentra-se em torno dos problemas presentes nas atividades das instituições, organizações, grupos ou atores sociais. Está empenhada na elaboração de diagnósticos, identificação de problemas e busca de soluções. Respondem a uma demanda formulada por “clientes, atores sociais ou instituições”.

O estudo em questão utilizará o método de pesquisa descritiva-explicativa, tendo como objetivo central a utilização de um sistema de cluster de alta disponibilidade no qual será exposto o que é, o seu funcionamento, suas funcionalidades, benefícios para um ambiente de pequeno e médio porte, como também, detalhar a sua disponibilidade perante possíveis falhas que venham a ocorrer em um ambiente tecnológico. Segundo Gil (1999), “na pesquisa explicativa é o tipo de pesquisa que busca se aprofundar mais o conhecimento da vivência, visto que, é necessário explicar a razão e as relações de causa e efeito dos fenômenos”.

Quanto ao procedimento, essa pesquisa se caracteriza como pesquisa bibliográfica e experimental. Será utilizado dados existentes em artigos, sites e livros, tais como: *Computação em Cluster* (2003), cuja autoria é de Marcos Pitanga; *Arquitetura de Redes de Armazenamento*

de Dados (2006), de Ariovaldo Almeida; *Redes de Computadores* (1994) de Andrew Tanenbaum; *Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down* (2006) de James Kurose para explicar os conceitos de alta disponibilidade, entre outros, no qual, seja possível obter da forma mais simples possível as informações necessárias. Segundo Kaimen, Chiara, Carelli e Cruz (2008, p.19) “a pesquisa bibliográfica é feita com o intuito de levantar um conhecimento disponível sobre teorias, a fim de analisar, produzir ou explicar um objeto sendo investigado”.

Quanto a pesquisa experimental, para Gil (2017), é descrita como um objeto de estudo, no qual é selecionado algumas variáveis em que pode haver a possibilidade de influenciá-las e a defini-las com formas de controle e observação dos efeitos que as variáveis possam produzir no objeto. O ambiente a ser utilizado, será um laboratório em máquinas virtuais, no qual será realizado a implementação e a coleta dos dados. Além de utilizar um laboratório controlado para realizar o estudo, também será realizado a coleta e amostragem de dados a respeito do funcionamento da alta disponibilidade, tal que, seja possível demonstrar possíveis benefícios do seu uso, perante um ambiente de pequeno, médio ou até grande porte.

Quanto a implementação do projeto, foi utilizado os sistemas virtualizados⁴³ Virtual Box e Router OS, para a utilização de equipamentos virtuais de rede, como roteador de borda, no qual possa ser possível interligar os servidores utilizados na LAN, a fim de se obter o melhor desempenho dos serviços, além, da configuração dos servidores, com suas características semelhantes, no qual possa haver uma compatibilidade entre os mesmos, visando uma estrutura equivalente.

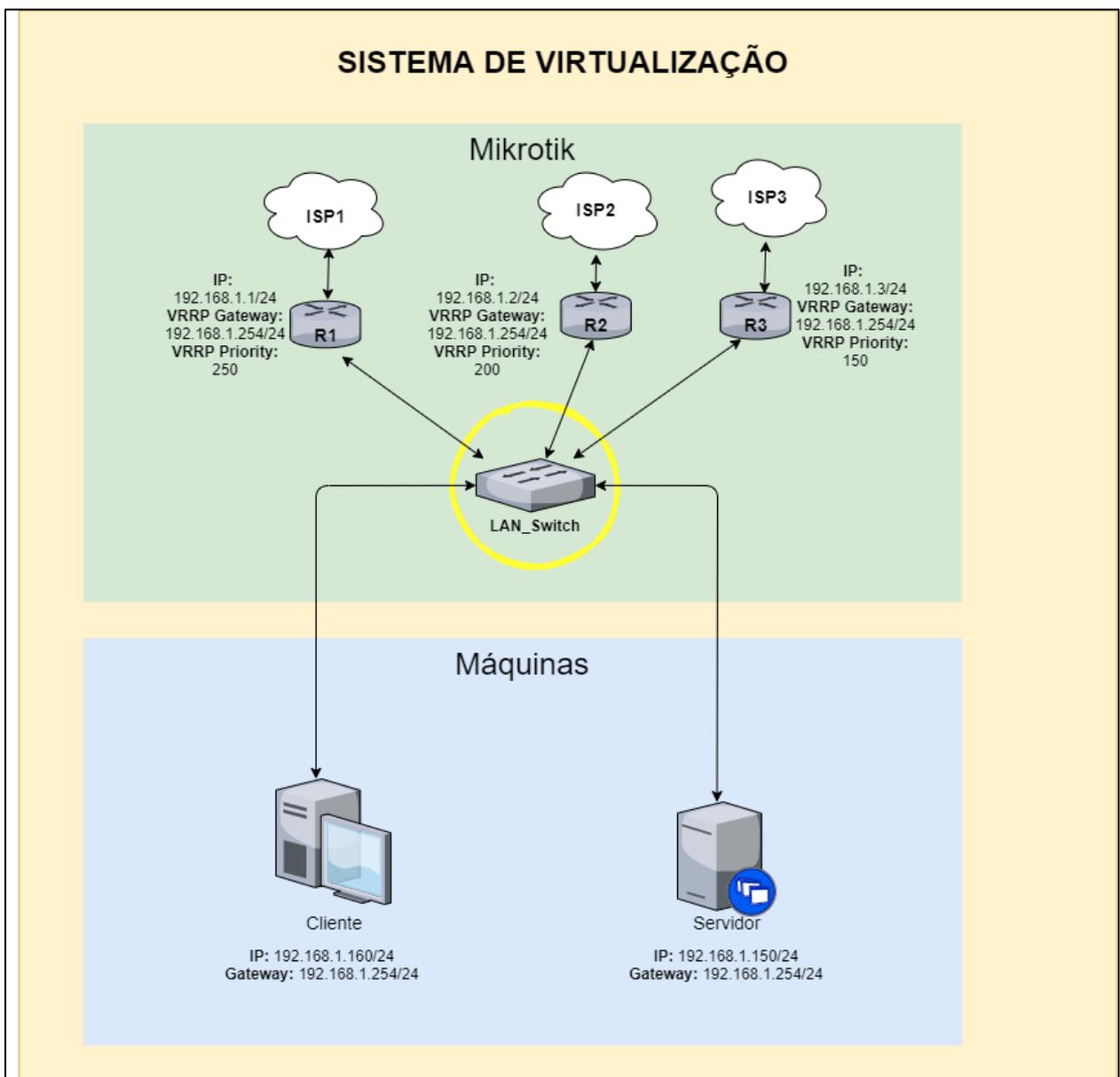
3.1 TOPOLOGIA

A topologia híbrida foi utilizada neste trabalho, utilizando sistemas virtualizados compostos por três roteadores com Router OS 6.47.10, no qual ambos utilizaram o protocolo Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP), tal qual foram definidas as suas prioridades para em caso de falhas, venham a ser realizados o processo de redundância de acordo com o nível de prioridade, sendo aquele que tiver o maior valor de prioridade será o master da rede (*priority*).

⁴³ É uma técnica que permite que uma aplicação de um sistema operacional (ou mesmo um sistema operacional inteiro) rode dentro de outro sistema.

Entre a interligação dos roteadores e máquinas foi adicionado um *Switch Gigabit Ethernet* visando prover o máximo de desempenho, para que os dados obtidos estejam o mais próximo de valores aceitáveis. Inclui-se também na topologia, a inclusão de duas máquinas com sistema operacional Windows 10 Professional 64 Bits visando obter através de *Softwares* atualizados, dados mais confiáveis e compatíveis com a realidade dos usuários.

Figura 7 – Topologia



Fonte: Autor (2021).

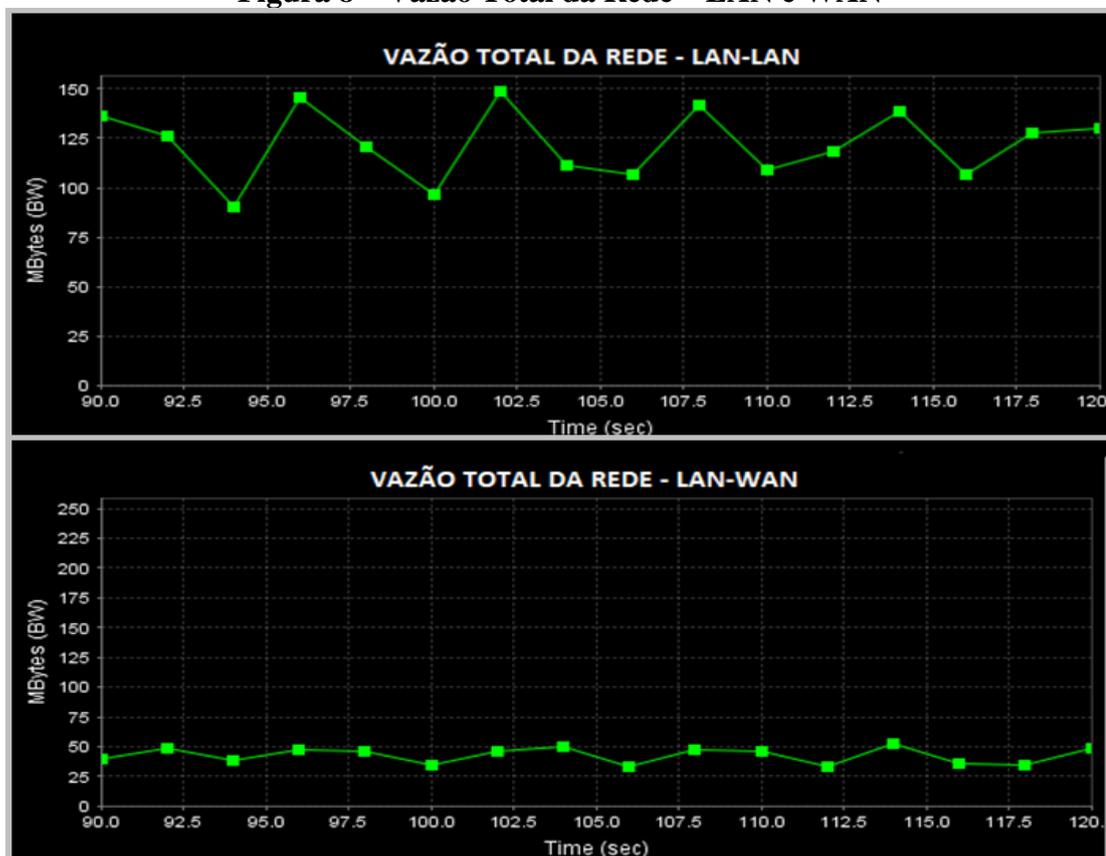
4. RESULTADOS

Para obter os resultados deste trabalho, foram realizados testes de desempenho da rede, no qual os protocolos da camada de transporte utilizados foram TCP e UDP, sendo possível obter a vazão total da rede no qual poderá se observar a taxa de banda da rede e *Jitter*(latência), assim como buscar verificar a alta disponibilidade, através da identificação do tempo de troca da redundância entre os roteadores.

4.1 VAZÃO TOTAL DA REDE

Em relação a vazão total da rede, foram realizados testes, tanto na rede LAN-LAN, como LAN-WAN, no qual, durante o tempo de 120 segundos, foram coletados dados de vazão da rede (*throughput*) para verificar a sua eficiência perante a utilização, de forma que os resultados são emitidos a cada 2 segundos, plotando as informações dos gráficos gerados automaticamente pelo ferramental utilizado, visando obter o máximo de detalhamento possível dos dados, conforme demonstrando na Figura 8.

Figura 8 – Vazão Total da Rede – LAN e WAN



Fonte: Autor (2021).

Conforme observa-se no resultado da rede LAN-LAN foi constatado uma média de vazão total da rede entre 75 MB/s e 150 MB/s, tal qual para os padrões de hoje em dia são números bastante excepcionais, pois, com o decorrer dos anos cada vez mais está sendo exigido mais largura de banda possível nas organizações, visando sempre um tráfego mais rápido dos dados, fornecendo uma maior eficiência para os sistemas disponibilizados pela mesma.

Em relação aos resultados obtidos no teste LAN-WAN, pode-se observar que os números foram satisfatórios, no qual foi obtido em média uma taxa de transferência entre 25 MB/s e 50 MB/s, visto que tais números não dependerá somente da qualidade da rede interna, como também dependerá da rede externa, por isso, pode-se considerar que os números são satisfatórios.

Realizando uma comparação entre os resultados LAN-LAN e LAN-WAN, pode-se observar que na prática, existe uma diferença nas duas vazões, tal que, obteve-se números mais altos na LAN-LAN, pois o teste foi realizado internamente não dependendo de fatores e equipamentos externos, diferente dos resultados obtidos na rede LAN-WAN, no qual obteve números mais baixos, porém, foram satisfatórios para a realidade das redes atuais existentes no Brasil. Contudo, apesar de haver uma variação na comparação dos dois testes, pode-se afirmar que a mesma é de ótima qualidade, podendo fornecer com eficiência sistemas internos ou externos para os seus usuários.

4.2 JITTER

Assim como os testes realizados na vazão de rede (*throughput*), para se obter os *Jitter* da rede, foram pré-definidos um intervalo de 2 segundos entre as estatísticas buscando demonstrar com maior detalhamento os resultados obtidos, como também, foi realizado o teste em um prazo de 120 segundos, tal que através desse tempo já é o suficiente para se identificar a média de *Jitter* da rede, conforme demonstrado na Figura 9 abaixo.

Figura 9 – Jitter – LAN e WAN



Fonte: Autor (2021).

Conforme observa-se o *Jitter* na rede LAN-LAN possui uma média entre 5 ms e 10 ms, sendo considerado um tempo aceitável de tempo de resposta, tal qual, ao utilizar sistemas de missão não crítica, será demonstrando uma boa eficiência nos serviços utilizados, evitando lentidões e perda de pacotes.

Em relação aos resultados do *Jitter* LAN-WAN foram obtidos uma média de 10 ms durante os 120 ms no qual o teste foi realizado, portanto, considera-se que o tempo de resposta para as solicitações externas estão dentro dos padrões aceitáveis, tal que, mesmo não dependendo somente da rede interna, os números colhidos foram excelentes para um ótimo funcionamento.

Comparando-se os resultados obtidos nas redes LAN-LAN e LAN-WAN, pode-se observar que não houve grande variação entre as mesmas, o que podemos considerar que o tempo de resposta para as requisições realizadas tanto para a rede interna e externa serão aceitáveis, buscando fornecer um bom desempenho aos usuários durante o acesso a sistemas hospedados na rede.

4.3 ALTA DISPONIBILIDADE

Buscando demonstrar a efetividade da alta disponibilidade por meio do protocolo VRRP nos sistemas de alta disponibilidade, durante o processo de redundância em caso de indisponibilidade do roteador master ativo, foi realizado uma análise do tráfego para identificar o tempo de custo da troca de roteador durante essa indisponibilidade.

Figura 10 – Alta Disponibilidade

The screenshot shows a network traffic capture in Wireshark. The main pane displays a list of packets. Packet 35 is highlighted, showing a VRRP Announcement (v3) from source 192.168.1.2 to destination 224.0.0.18. The packet details pane below shows the structure of this VRRP announcement, including Version 3, Packet type 1 (Advertisement), Virtual Rtr ID: 100, Priority: 200, and IP Address: 192.168.1.254.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
27	13s	PcsCompu_2b:9b:45	PcsCompu_c8:e1:48	ARP	42	192.168.1.160 is at 08:00:27:2b:9b:45
28	14s	192.168.1.1	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
29	15s	192.168.1.1	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
30	16s	192.168.1.1	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
31	17s	192.168.1.1	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
32	18s	192.168.1.1	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
33	19s	192.168.1.1	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
34	22s	IETF-VRRP-VRID_64	Broadcast	ARP	60	ARP Announcement for 192.168.1.254
35	22s	192.168.1.2	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)

Fonte: Autor (2021).

Conforme observa-se na Figura 10, entre as linhas 33 e 35 levou 3 segundos para o roteador 2 que possui um nível de prioridade 200 para assumir a função de roteador master principal, tal que perante o uso de um usuário essa troca é imperceptível, pois em caso de desastres ou falha em algum dos roteadores utilizados, o tempo médio entre a redundância será de 3 segundos, um tempo considerável aceitável para uma rede.

Por isso, o uso do protocolo VRRP é eficiente pra prover uma alta disponibilidade para os sistemas de uma organização, tal que perante uma falha em algum dos roteadores, a rede mediante uma imperceptível troca de roteadores, continuará realizando a troca de tráfego entre as redes conectadas, seja LAN-LAN ou LAN-WAN, provendo os sistemas disponíveis para os seus usuários como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Alta Disponibilidade

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
115	33s	192.168.1.2	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
116	34s	192.168.1.2	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
117	35s	192.168.1.2	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
118	36s	192.168.1.2	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
119	37s	192.168.1.2	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
120	38s	192.168.1.2	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
121	39s	192.168.1.2	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
122	40s	192.168.1.2	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
123	41s	192.168.1.2	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
124	42s	192.168.1.2	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)
125	43s	192.168.1.1	224.0.0.18	VRRP	60	Announcement (v3)

```
> Frame 125: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface \Device\NPF_{216D31AA-4FCA-498B-ADF4-7E67C502327C}, id
> Ethernet II, Src: IETF-VRRP-VRID_64 (00:00:5e:00:01:64), Dst: IPv4mcast_12 (01:00:5e:00:00:12)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.1, Dst: 224.0.0.18
v Virtual Router Redundancy Protocol
  > Version 3, Packet type 1 (Advertisement)
    Virtual Rtr ID: 100
    Priority: 250 (Non-default backup priority)
    Addr Count: 1
    0000 .... = Reserved: 0
    .... 0000 0110 0100 = Adver Int: 100
    Checksum: 0x6f56 [correct]
    [Checksum Status: Good]
    IP Address: 192.168.1.254
```

Fonte: Autor (2021).

Em relação a figura 11, podemos observar que nas linhas 124 e 125 houve uma troca de função de roteadores, ou seja, o roteador que possui prioridade 250 retornou a sua função de roteador master principal, em um intervalo de 1 segundo, ou seja, o tempo de redundância em seu retorno é imperceptível ao usuário em sua navegação, tornando o roteador de prioridade 200 a sua função de roteador *backup*.

Portanto, através dos resultados obtidos, percebe-se que a alta disponibilidade através do protocolo VRRP é de grande importância e benéfico para uma rede e os sistemas disponíveis na mesma, tal que em caso de falhas, durante o processo de redundância, na troca de função master entre os roteadores, será imperceptível perante aos usuários, demonstrando um bom desempenho aos sistemas fornecidos e do tráfego de rede.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho, foi realizado um estudo teórico e prático sobre os sistemas de alta disponibilidade, com o objetivo de apresentar os seus conceitos, características e estruturas dos mesmos, como também, realizando de forma prática o seu funcionamento, demonstrando a eficácia de sua utilização.

Contudo, em relação ao conjunto geral dos sistemas de alta disponibilidade, identificou-se que é de grande benefício a utilização dos protocolos de roteamento e balanceamento de carga, pois é possível manter serviços com os máximos níveis de disponibilidade.

Contudo, apesar de falhas que possam a vir ocorrer, existe a possibilidade de resolver de forma dinâmica de acordo com a estrutura utilizada, reduzindo as perdas de produtividade dos serviços. Manter um sistema altamente disponível é um dos grandes requisitos, diante da enorme concorrência no mercado.

Sendo assim, através do cenário demonstrado no trabalho, percebe-se que é de grande eficácia as empresas recorrerem aos sistemas de alta disponibilidade de baixo custo, pois poderá fornecer para os seus clientes externos e internos, um serviço bom, com um custo baixo, mas com qualidade.

Neste artigo, através do estudo experimental concluiu-se que os sistemas de alta disponibilidade através do protocolo VRRP e Router OS, fornecem uma boa performance para os sistemas utilizados nas corporações que desejam uma boa relação custo-benefício, no qual mesmo com as suas limitações que talvez possam ser impostas pelos *hardwares*, é possível oferecer altos níveis de experiência para os seus usuários.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ariovaldo. **Arquitetura de Redes de Armazenamento de Dados**. Campinas: UNICAMP, 2006.

COSTA, Hebert Luiz Amaral, **Alta disponibilidade e balanceamento de carga para melhoria de sistemas computacionais críticos usando software livre: um estudo de caso**. Minas Gerais: UFV, 2009.

DEJANO, Fernando; BELLEZI, Marcus, **Alta Disponibilidade: Balanceamento de Carga e Tolerância à Falhas utilizando Roteamento, Firewall e QoS avançado na plataforma Linux**. São Paulo: UFSCAR, 2014.

EMER, Bruno. **Implementação de alta disponibilidade em uma empresa prestadora de serviços para Internet**. Caxias do Sul: UCS, 2016.

FILIPPETTI, Marco Aurélio. **CCNA 4.0 – Guia Completo de Estudo**. Florianópolis: Visual Books, 2006.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

HASHIMOTO, Gilberto Tadayoshi, **Uma proposta de extensão para um protocolo para arquiteturas de alta disponibilidade**. Uberlândia: UFU, 2009.

HAT, White. **Alta Disponibilidade com Baixo Custo**, Disponível em: <<https://drwhitehat.wordpress.com/2008/11/07/alta-disponibilidade-com-baixo-custo/>>. Acesso em: 25 de abr. 2021, às 10:50.

KAIMEN, Maria Júlia; CHIARA, Ivone Guerreiro; CRUZ, Vilma Aparecida Gimenes da. **Normas de documentação aplicadas à área de Saúde**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

KUROSE, James F. **Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down**. 3. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2006.

MACEDO, Luís Gustavo Junqueira de. **Soluções de Balanceamento e Contigência em Circuitos WAN**. Salvador: UNIFACS, 2008.

MACEDO, Ricardo; FRANCISCATTO, Roberto; CUNHA, Guilherme; BERTOLINI, Cristiano. **Licenciatura em Computação: Redes de Computadores**. Santa Maria: UFSM, 2018.

MICROSOFT. **Rede de alto desempenho (HPN)**, Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/pt-br/windows-server/networking/technologies/hpn/hpn-top>>. Acesso em: 15 de abr. 2021, às 18:45.

MIRANDA, Anibal D. A. **Introdução às redes de computadores**. 1ª ed. Vila Velha, ES: ESAB - Escola Superior Aberta do Brasil, 2008.

MORIMOTO, Carlos E. **História das redes**. Disponível em <<https://www.hardware.com.br/tutoriais/historia-redes/>>. Acesso em: 12 de mai. 2021, às 22:05.

NETO, Manoel Carvalho Marques; BEZERRA, Romildo Martins da Silva. **Protocolos de Roteamento RIP e OSPF**. Salvador: UNIFACS, 2002.

ORACLE. **About High-Availability BRM Systems**, Disponível em: <https://docs.oracle.com/html/E16719_01/adm_high_availability.htm>. Acesso em: 11 de mai. 2021, às 23:15.

PEREIRA FILHO, Nélio Alves. **Serviços de Pertinência para Clusters de Alta Disponibilidade**. São Paulo: USP, 2005.

PITANGA, Marcos. **Computação em cluster**. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2003.

ROUSE, Margaret. **Router**, Disponível em: <<https://searchnetworking.techtarget.com/definition/router>>. Acesso em: 07 de abr. 2021, às 10:22.

SINGER, David. **What is High Availability A Tutorial**, Disponível em: <<https://www.liquidweb.com/kb/what-is-high-availability-a-tutorial/>>. Acesso em: 13 de abr. 2021, às 12:25.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**, Rio de Janeiro: Campus, 1997.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

THIOLLENT, M. **Metodologia de Pesquisa-ação**. São Paulo: Saraiva, 2009.

TORRES, Gabriel. **Redes de Computadores Curso Completo**. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora Ltda, 2001.

UPX. **Como escolher o melhor roteador de borda para seu Sistema Autônomo**, Disponível em: <<https://www.upx.com/post/como-escolher-o-melhor-roteador-de-borda-para-seu-sistema-autonomo>>. Acesso em: 05 de mai. 2020, às 22:32.