



## Análise da qualidade de serviço e desempenho da rede SD-WAN na empresa Netspace

Analysis of the quality of service and performance of the SD-WAN network at Netspace

Análisis de la calidad de servicio y rendimiento de la red SD-WAN en Netspace

Felizardo Miguel<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0007-3713-8862>

<sup>1</sup>Empresa Angola Cables. Luanda, Angola. [felizardoromeu@yahoo.com.br](mailto:felizardoromeu@yahoo.com.br)

**Recebido:** 26 de Setembro de 2024

**Aceite:** 15 de dezembro de 2024

---

### RESUMO

As redes WANs são vulgarmente usadas em organizações para manter a conectividade em larga escala e facilitar uma comunicação rápida e eficiente. Ao longo dos anos, devido a necessidade em se adaptar às novas tecnologias, surgiram as redes SD-WAN que são redes por transporte em longas distâncias definidas por *software*, responsáveis por lidar com os desafios tecnológicos impostos pela *internet* das coisas, computação na nuvem, diminuição do custo dos serviços de acesso a Internet, necessidade de maior escalabilidade, flexibilidade e gestão suportada pela Inteligência artificial, entre outras, o que é fundamental para o progresso dos serviços de telecomunicações. Este artigo realizou uma avaliação da qualidade de serviço e desempenho de uma rede SD-WAN, apresentando resultados que demonstraram que a tecnologia as redes alargadas definidas por software atende aos requisitos da União Internacional das Telecomunicações, proporcionando um melhor desempenho de rede e uma maior confiabilidade para manter a comunicação em longas distâncias.

**Palavras-chave:** Redes de Longas distâncias, comunicação a longas distâncias.

---

## ABSTRACT

WANs are commonly used in organizations to maintain large-scale connectivity and facilitate fast and efficient communication. Over the years, due to the need to adapt to new technologies, SD-WAN networks emerged, which are transport networks over long distances defined by software, responsible for dealing with the technological challenges imposed by the internet of things, cloud computing, reduction in the cost of Internet access services, the need for greater scalability, flexibility and management supported by Artificial Intelligence, among others, which is fundamental for the progress of telecommunications services. This article carried out an assessment of the quality of service and performance of an SD-WAN network, presenting results that demonstrated that the software-defined wide area network technology meets the requirements of the International Telecommunications Union, providing better network performance and greater reliability. to maintain communication over long distances.

**Keywords:** Long distance networks, long distance communication.

---

## RESUMEN

Las redes de área amplia (WAN) se utilizan comúnmente en las organizaciones para mantener la conectividad a gran escala y facilitar una comunicación rápida y eficiente. Con el paso de los años, debido a la necesidad de adaptación a las nuevas tecnologías, han surgido las redes SD-WAN, que son redes de transporte de larga distancia definidas por software, encargadas de hacer frente a los retos tecnológicos que impone el Internet de las Cosas, la computación en la nube, la reducción de costes de los servicios de acceso a Internet, la necesidad de mayor escalabilidad, flexibilidad y gestión apoyada en Inteligencia Artificial, entre otros, lo cual es fundamental para el progreso de los servicios de telecomunicaciones. En este artículo se realizó una evaluación de la calidad de servicio y desempeño de una red SD-WAN, presentando resultados que demostraron que la tecnología de red extendida definida por software cumple con los requisitos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, proporcionando un mejor desempeño de la red y mayor confiabilidad para mantener la comunicación a largas distancias.

**Palabras clave:** Redes de larga distancia, comunicación de larga distancia.

---

## INTRODUÇÃO

De acordo a definição de Fey (2018), WAN (do inglês, Wide Area Network) são redes de telecomunicações que conectam vários pontos de acessos localizados em múltiplas áreas geográficas com o objetivo de transportar os dados. Redes WANs tradicionais envolvem múltiplas tecnologias e protocolos que foram evoluindo ao longo do tempo e agora algumas já estão em desuso como o caso das redes SDH/SONET, PPP, X25, Frame-relay, ATM, e as actuais como o caso das redes MPLS, DWDM, OTN e SD-WAN (objetivo de estudo), entre outras tecnologias.

Ainda de acordo com Rohyans, et al. (2019), as soluções de redes SD-WAN nestes últimos anos apresentam-se como uma solução para os desafios actuais no que concerne as soluções baseadas em computação em nuvem (Cloud) e Internet das coisas (IoT). A SDN (rede definida por software) faz uma abordagem centralizada para gestão de rede que abstrai a infraestrutura de rede subjacente às suas aplicações, sendo que isso representa inúmeras vantagens em relação as redes WANs tradicionais (particularmente o MPLS) e ao longo deste trabalho será feita uma análise comparativa de desempenho das duas tecnologias na empresa Netspace.

### **Situação problemática**

A cada dia que passa surgem novas tecnologias e com elas, mais desafios para serem vencidos. As empresas e utilizadores finais se apressam para usar aplicações baseadas na computação em nuvem (cloud), Internet das coisas (IoT), Inteligência artificial (IA) para colher dados e criar conhecimento em tempo real, o uso da aprendizagem máquina (ML), virtualização de Desktops e entre outras tecnologias. Associado a isso, o baixo custo do acesso a Internet por banda larga (por via cabo, 5G) está a tornar os serviços de Internet mais acessíveis, o que significa que o tráfego para a Internet não tem necessidade de atravessar toda a rede até à central e consumir a já dispendiosa largura da banda em MPLS.

Com todas estas situações sobre a comunicação a longas distâncias, os operadores vêm-se obrigados a estabelecer a agregação de largura de banda por vários meios e diferentes tecnologias. Surge também o problema de balanceamento de carga entre os circuitos de conectividade com a agregação de largura de banda e a automação aparece como uma das alternativas. Os problemas mencionados acima, podem ser resolvidos com operações mais ágeis o que leva necessariamente a introdução do factor programação e inteligência de modos a olhar mais a fundo a pilha de TCP/IP e responder de forma eficaz e em tempo real às variações da rede.

O trabalho especializado e crescente necessidade pela maior largura da banda aumentam também os custos operacionais e de capacidade o encarece as soluções de conectividade e isso leva-nos a outro problema relacionado a redução de custos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A presente dissertação foi segue uma linha de pesquisa aplicada. Após a definição dos objectivos gerais e específicos da pesquisa usou-se a metodologia que consiste na utilização do método empírico de observação de como melhorar as soluções para comunicações em redes alargadas (WAN) e as variáveis que influenciam a qualidade de Serviço e desempenho das redes alargadas definidas por software.

Mais adiante será caracterizada cada um dos factores que influenciam a qualidade de serviço e do desempenho com o tipo de pesquisa mista (qual-quant) onde será feito a abordagem das vantagens que a SD-WAN tem para aumentar a largura de banda, entrega rápida dos conteúdos e redução dos custos e no final garantir melhor funcionamento e sincronização com aplicações em nuvem e outras tecnologias.

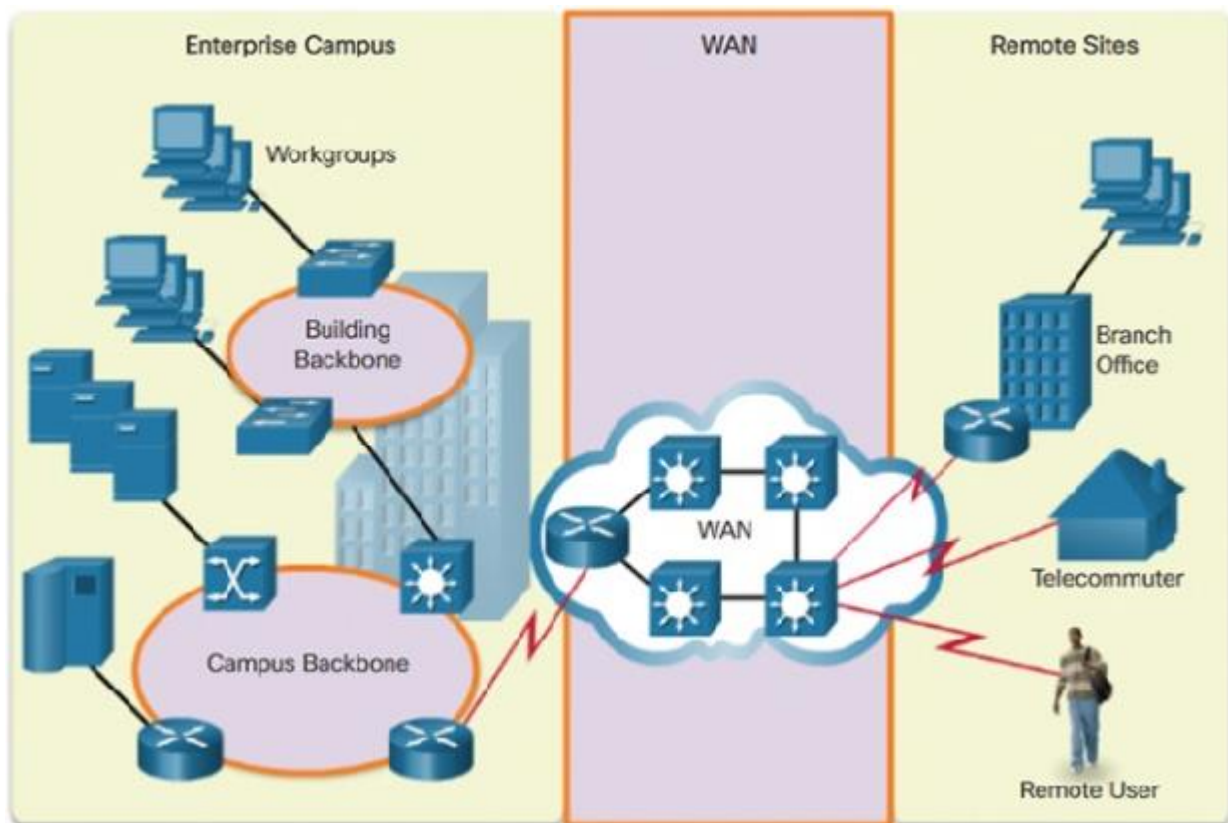
Os resultados obtidos durante os testes, permitiram verificar o funcionamento e balanceamento automático do tráfego em cenário que existem problemas. Mais adiante também foi possível comprovar vários cenários de testes que estavam nos padrões

definidos pela ITU bem como a redução dos custos em mais de 50%. Desta forma, comprovar-se-á a execução do que se propõe para elaboração da presente dissertação.

## Revisão da Literatura

A tecnologia SD-WAN é o tópico corrente que possui as características de uma rede definida por software com forte evolução para enfrentar os desafios das tecnologias emergentes, principalmente as aplicações baseadas em computação na nuvem e entre outras tecnologias. Dessas aplicações existentes e a comunicação em longas distâncias leva-nos a constatar que as soluções tradicionais de conectividade ficaram obsoletas para esses novos desafios.

Redes WANs : Redes de longas distâncias são definidas como uma coleção conectadas de redes de telecomunicações distribuídas por uma grande área geográfica abrangendo várias cidades, territórios ou nações para as redes de computadores poderem trocar informações (BasuMallick, 2022). Abaixo uma imagem ilustrativa faz referência da localização da WAN onde os negócios com muitos escritórios de filiais internacionais usam uma WAN para conectar as redes dos escritórios.



**Fig. 1** - Localização de uma rede WAN tradicional.  
Fonte: Cisco Press, 2018, p.4.



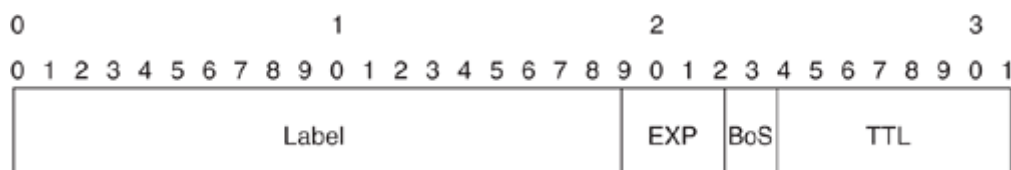
Conforme já mencionado anteriormente, as tecnologias mais utilizadas para providenciar a conectividade de redes de comunicação em longas distâncias são as apresentadas abaixo:

- Frame-Relay: Tecnologia de comutação de pacote em modo assíncrono.
- X.25: Tecnologia de comutação de pacote síncrona e orientado a bit.
- PPP: Ligações p2p pré-estabelecidos desde a origem ao destino.
- ATM: Tecnologia de comutação de circuitos em modo assíncrono.
- SDH/SONET: Hierarquia síncrona de transmissão de dados por fibra.
- TCP/IP: Tecnologia de comutação de pacote baseado no endereço IP.
- WDM/DWDM: Transmissão de dados em meios físicos por divisão de faixas.
- OTN: Versão atualizada do WDM com melhoria em Operação e Manutenção.
- SD-WAN: Evolução do MPLS baseado em controladores SDN

Neste artigo faremos apenas uma pequena abordagem sobre MPLS por ser tecnologia WAN mais utilizada, nos oferece mais recursos e apresenta mais vantagens em relação as demais.

Redes MPLS: As redes MPLS (MultiProtocol Label Switching) são as mais utilizadas e em larga escala devido a simplicidade e transmissão de dados em alta velocidade por meio de rótulos. Os rótulos MPLS são anunciados entre equipamentos participantes no processo de transporte dos dados para que possam construir um mapa do caminho pretendido e saltando de rótulo para rótulo até o seu destino. A comutação de rótulos é realizada de equipamento para equipamento até chegar ao seu destino conforme o mapa preestabelecido. Os pacotes são encaminhados por comutação de rótulo em vez de comutação de IP. A técnica de comutação de rótulo não é nova, pois o Frame-Relay e o ATM também usam rótulos para mover os pacotes/quadros ou células dentro da rede.

Os rótulos MPLS são usados para encaminhar os pacotes e não mais o endereço IP de destino e isto levou à popularidade do MPLS (Ghein, 2007). Um rótulo MPLS é um identificador de tamanho fixo com campo de 32 bits com uma certa estrutura. A Figura abaixo mostra a sintaxe de um rótulo MPLS.



**Fig. 2** - Estrutura de um rótulo da rede MPLS.  
Fonte: Ghein, 2007.

Nomes como Software como Serviço (SaaS), Infraestrutura como Serviço (IaaS), Microsoft Azure, Amazon Web Services (AWS) e Google App, Microsoft Apps, Salesforce.com e outros aplicativos de produtividade e negócios baseados não são abordadas eficazmente por projectos da WAN tradicionais que utilizam recursos de Internet de um ou mais centro de dados (Datacenters) centralizados e aproxima-se rapidamente o momento em que deixaremos de compreender como foi possível viver sem a computação em nuvem.

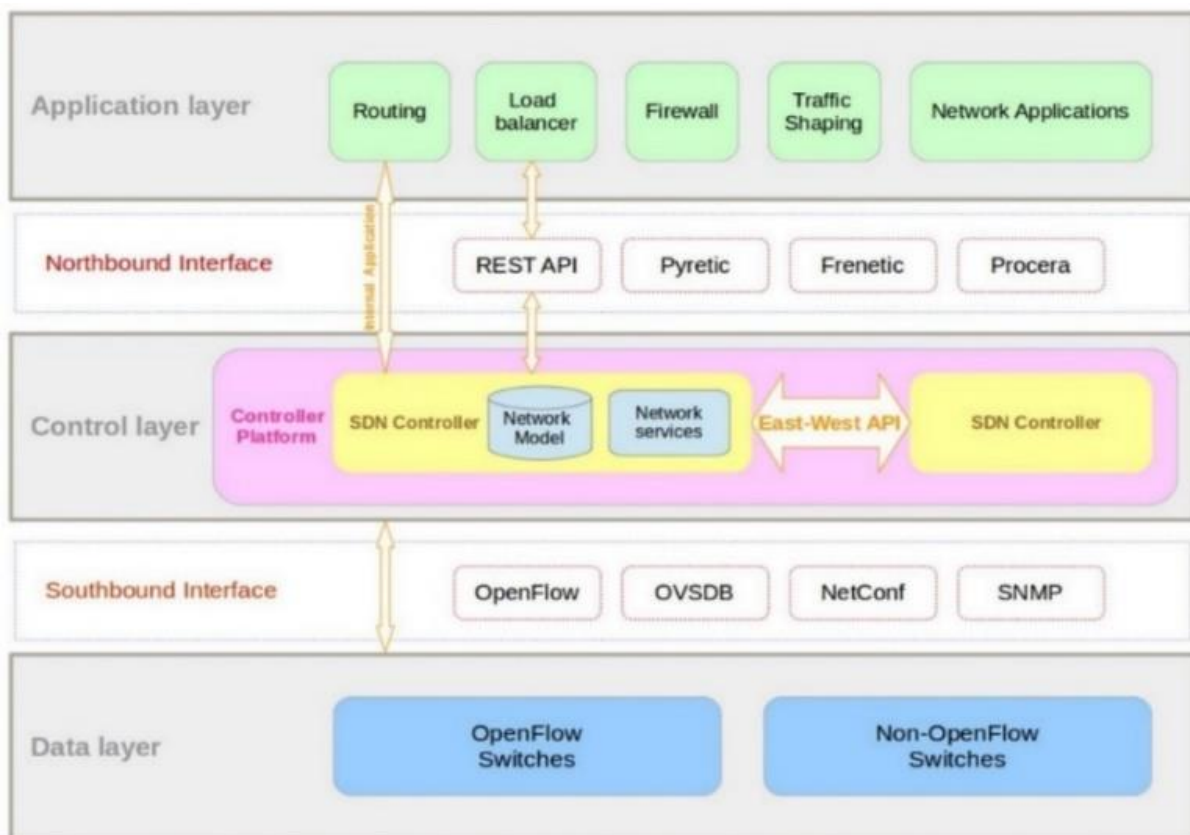


No entanto, a maioria das aplicações de redes tinham necessidade de baixa largura de banda, visto que residia em Centro de dados corporativos centralizados. Hoje, as empresas têm requisitos muito diferentes e profundamente envolvidos na adopção da nuvem, onde praticamente tudo pode agora ser oferecido como serviço.

Como podemos conciliar as necessidades da computação em nuvem actual, os benefícios da QoS, engenharia de tráfego, bem como o dinamismo exigida pelas redes modernas e, ao mesmo tempo, aumentar a segurança, reduzir custos e ter uma tecnologia relativamente simples em termos de uso ? A resposta é SD-WAN.

Passaremos, de seguida, a abordar sobre várias tecnologias para contextualizar a base do nosso objectivo que é a construção de uma rede SD-WAN. A primeira a ser apontada é a SDN que ao se juntar às redes WANs, forma a rede SD-WAN.

SDN: Ao longo dos anos a evolução levou-nos a necessidade de melhorar o desempenho das redes de computadores e uma das lógicas para aumentar a eficiência foi a adopção das redes SDN (Redes definidas por software). O SDN surge como uma nova abordagem de arquitectura que optimiza e simplifica as operações de rede através da separação do plano de controlo e o plano de dados e a introdução do factor programação por via da do qual é possível controlar toda a rede a partir de um único ponto. A arquitectura baseada em SDN é dividida verticalmente em três camadas.



**Fig. 3** - Arquitetura SDN distribuída de três camadas.  
Fonte: Bannour et. al. 2020.

**Computação em nuvem:** A definição de computação em nuvem é apresentada pela *National Institute of Standards and Technology*: A computação em nuvem é um modelo para habilitar acesso a rede omnipresente, conveniente e sob demanda a um conjunto compartilhado de recursos de computação configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento, aplicativos e serviços) que podem ser rapidamente provisionados com esforço mínimo de gestão ou interação com o provedor de serviços. Este modelo de nuvem é composto por cinco características essenciais, três modelos de serviço e quatro modelos de implementação (Peter & Timothy, 2011).

**Inteligência artificial:** O NITI Aayog (The National Strategy for Artificial Intelligence) define que a Inteligência artificial (IA) se refere à capacidade das máquinas de executar tarefas cognitivas como pensar, perceber, aprender, resolver problemas e tomar decisões. Inicialmente concebida como uma tecnologia que poderia imitar a inteligência humana, a IA evoluiu de maneiras que excedem a sua concepção original. Com avanços incríveis feitos na colecta de dados, processamento e poder de computação, sistemas inteligentes agora podem ser implementados para assumir uma variedade de tarefas, habilitar conectividade e aumentar a produtividade (Roy, 2018).

**Internet das coisas:** A Cisco System (2020) define a Internet das Coisas (IoT) como a rede de objetos físicos, dispositivos, veículos, edifícios e outros itens incorporados com sensores, software e conectividade de rede que permite que esses objetos coletem e troquem dados. A IoT surge da necessidade em tornar a nossa vida diária, seja em trabalho ou entretenimento, mais fácil, eficiente e segura.

**Virtualização:** É uma técnica que possibilita a criação de serviços de TI usando recursos tradicionalmente associado a um determinado equipamento físico. A virtualização na computação geralmente se refere à abstracção de algum componente físico em um objecto lógico. Ao virtualizar um objecto, podemos obter uma medida maior de utilidade do recurso que o objecto fornece. Por exemplo, LANs virtuais (redes locais) ou VLANs fornecem maior desempenho de rede e melhor gestão por serem separadas do hardware. Da mesma forma, redes de área de armazenamento (SANs) fornecem maior flexibilidade, melhor disponibilidade e uso mais eficiente de recursos de armazenamento ao abstrair os dispositivos físicos em objectos lógicos que podem ser manipulados de forma rápida e fácil (Portnoy, 2012).

**Rede WAN definida por software (SD-WAN):** Usando tecnologias de ponta em associação com as já existentes, foi desenvolvida uma solução capaz de ajudar as tecnologias emergentes e atender os problemas acima mencionados. Ela surgiu como resposta para muitas organizações que procuram solidificar vários serviços de rede ao mesmo tempo, em apenas uma infraestrutura de rede simplificada e com gestão organizada.

De acordo com Gooley et al. (2020), SD-WAN é uma solução baseada em controlador de software que usa SDN para implementar, monitorar e gerir redes de longa distância (Gooley, Yanch, Schuemann, & Curran, 2020).

## **Apresentação dos Resultados**

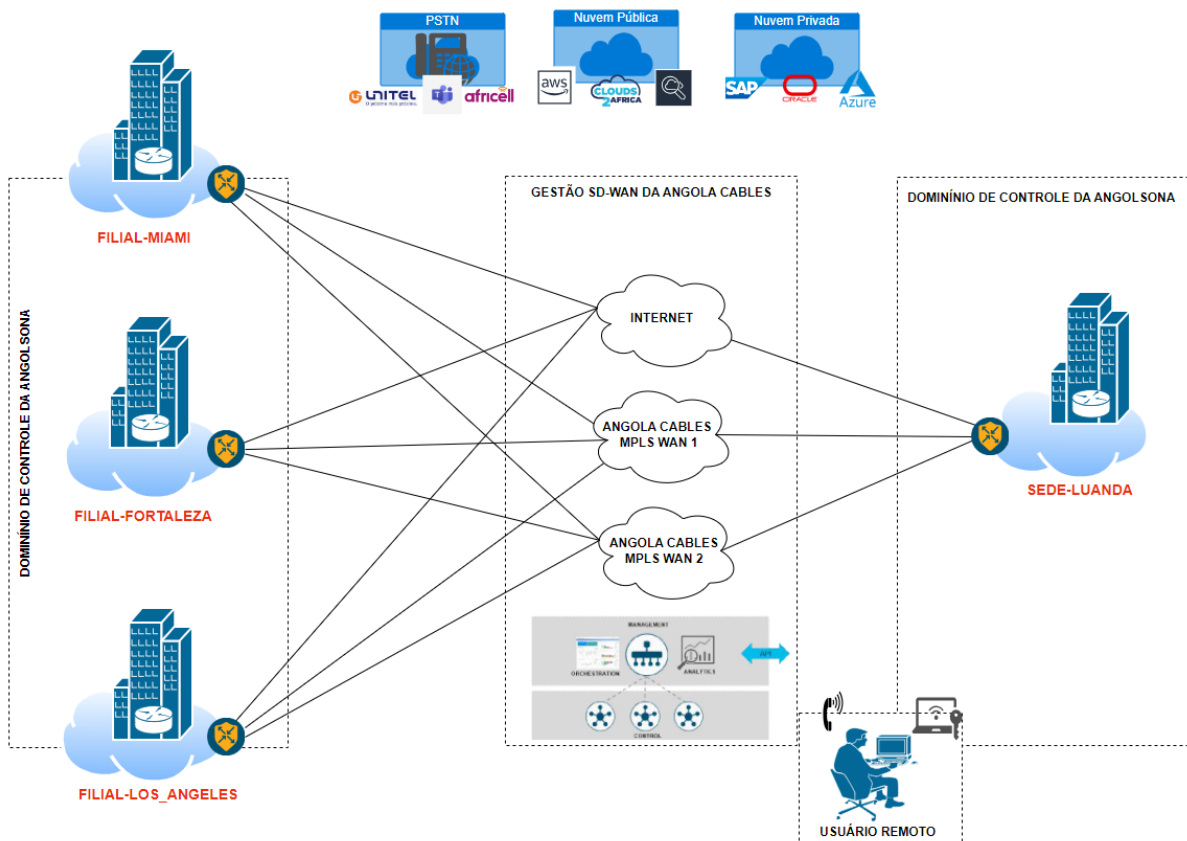
Para análise e apresentação dos resultados do trabalho realizado foram seleccionados alguns parâmetros e variáveis que nos ajudaram a entender as vantagens e os benefícios de uma rede SD-WAN com relação a MPLS.



A análise dos resultados foi baseada na comparação da Qualidade de Serviço e desempenho de uma rede WAN tradicional com base a tecnologia MPLS implementada pela empresa Netspace e a tecnologia SD-WAN também implementada pela mesma empresa, focando-se nas variáveis que passaremos a descrever ao longo deste artigo.

Para demonstração dos resultados da implementação da rede SD-WAN, fomos a busca de uma solução já em produção em um dos clientes da empresa Netspace que actua no sector de óleo e gás.

Trata-se da empresa AngolSona e possui serviço de conectividades com as suas filiais no território angolano e no exterior conforme o esquema de ligação abaixo acompanhando por demais serviços.



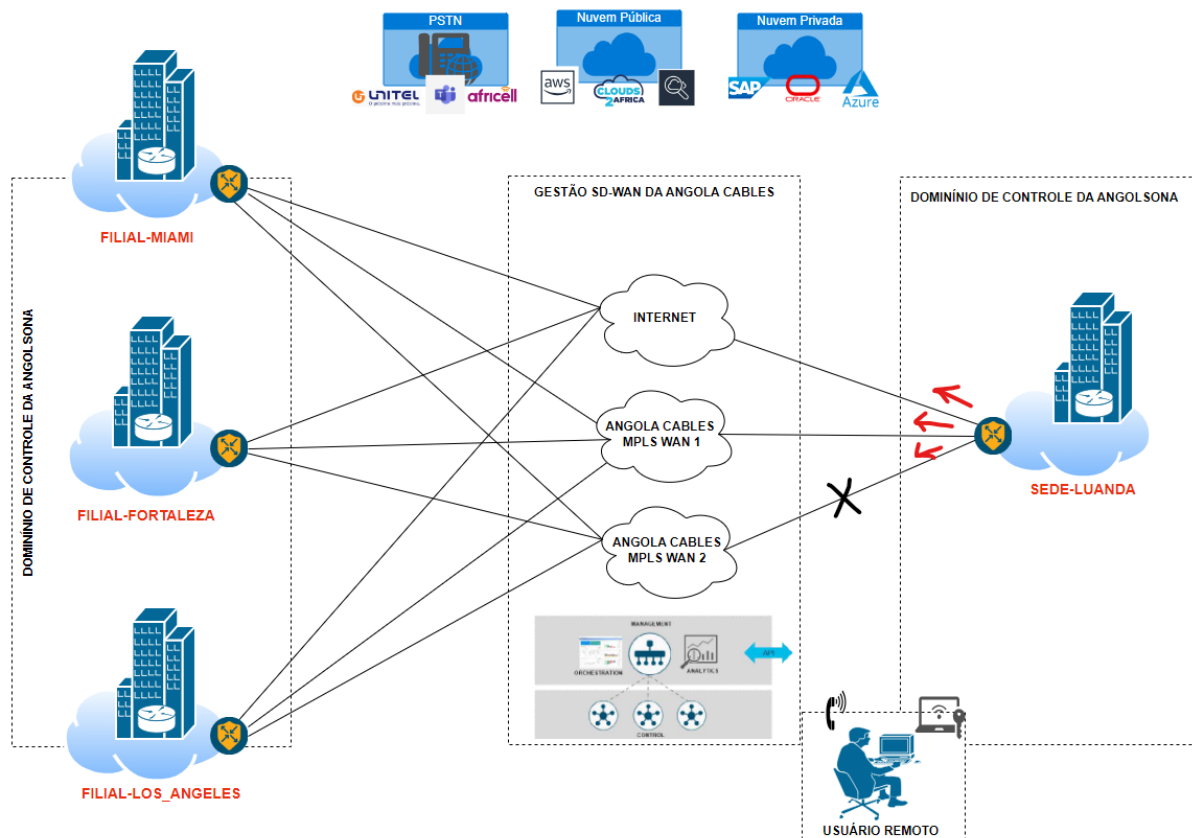
**Fig.4** - Diagrama global da rede da Netspace.  
Fonte: Autoria própria.

Nesta sessão analisaremos a selecção dinâmica das rotas configuradas para a disponibilidade de serviços de conectividade para a empresa AngolSona para analisar a rapidez com que a disponibilidade do serviço é recuperada sem qualquer intervenção humana.

Testes de resiliência da conectividade na rede







**Fig. 6** - Diagrama global da rede da Netspace analisando a falha.  
Fonte: Autoria própria.


Por via dos resultados dos testes que tiveram como origem a sede Luanda e destino o endereço IP público do DNS da google, foi possível verificar a rapidez que a ligação é recuperada logo que se verifica a falha e com esse resultado podemos concluir e verificar a resiliência da tecnologia SD-WAN em funcionamento.



```
C:\Users\ >ping 8.8.8.8 -t

Pinging 8.8.8.8 with 32 bytes of data:
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=55ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=55ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=54ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=54ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=55ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=54ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=54ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=54ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=55ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=55ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=55ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=55ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=55ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=54ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=55ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=54ms TTL=115
Request timed out.
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=56ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=56ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=60ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=72ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=57ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=57ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=56ms TTL=115
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=58ms TTL=115

Ping statistics for 8.8.8.8:
    Packets: Sent = 25, Received = 24, Lost = 1 (4% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 54ms, Maximum = 72ms, Average = 56ms
```



**Fig. 7** - Cenário de falha de serviço de conectividade com a internet.  
Fonte: Captura de ecrã da CLI do equipamento SD-WAN da Netspace.

O teste da figura 6, utilizou mais uma vez como origem a sede Luanda e como destino o endereço IP do DNS da google para analisar os saltos que o pacote ICMP teve durante o período de falha. Mais uma vez se apresentou resultados positivos a nível dos parâmetros de qualidade que estão a ser analisados visto que foram necessário aguardar aproximadamente 12 ms antes até que a conectividade secundária se torne operacional, o que garante uma estava de disponibilidade quase 100% (99,999% a nível de SLA de serviço).



```
C:\Users\ >tracert -d www.google.com

Tracing route to www.google.com [216.58.223.228]
over a maximum of 30 hops:

 1 <1 ms <1 ms <1 ms 192.168.100.1
 2 <1 ms <1 ms <1 ms 172.20.0.9
 3 <1 ms <1 ms <1 ms 192.168.0.1
 4 5 ms 2 ms <1 ms 197.149.149.1
 5 2 ms 2 ms 2 ms 102.130.70.203
 6 53 ms 54 ms 53 ms 102.130.70.215
 7 54 ms 55 ms 55 ms 209.85.168.148
 8 55 ms 55 ms 56 ms 192.178.99.141
 9 55 ms 55 ms 55 ms 142.251.68.104
10 127 ms 128 ms 127 ms 192.178.81.123
11 128 ms 128 ms 128 ms 192.178.240.17
12 127 ms 127 ms 128 ms 172.253.76.217
13 128 ms 127 ms 127 ms 216.58.223.228

Trace complete.

C:\Users\ >tracert -d www.google.com

Tracing route to www.google.com [216.58.223.228]
over a maximum of 30 hops:

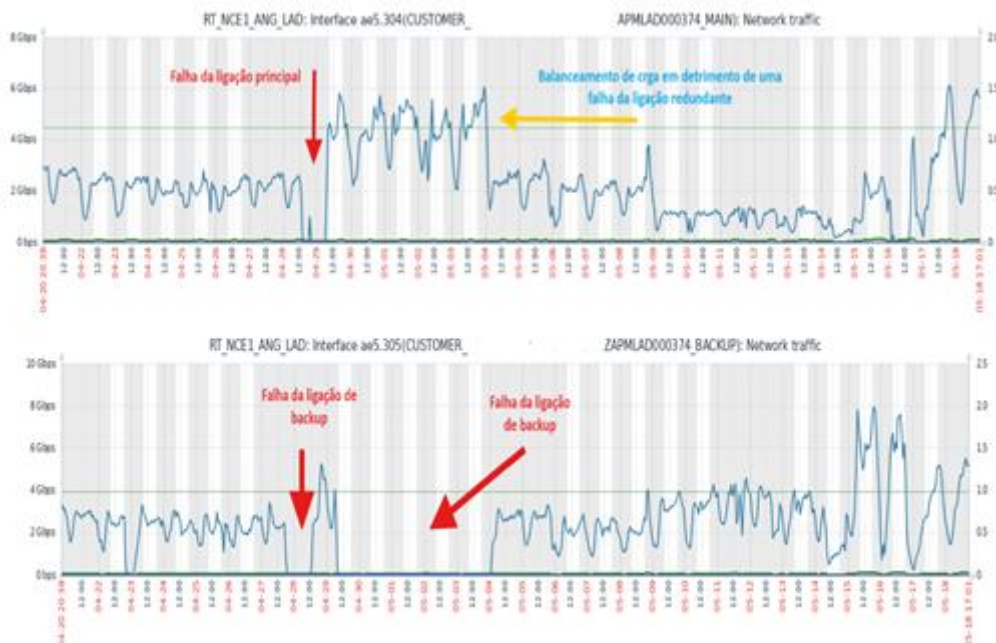
 1 <1 ms <1 ms <1 ms 192.168.100.1
 2 <1 ms <1 ms <1 ms 172.20.0.9
 3 <1 ms <1 ms <1 ms 192.168.0.1
 4 1 ms <1 ms <1 ms 197.149.149.1
 5 * 22 ms 12 ms 102.130.70.203
 6 80 ms 55 ms 57 ms 102.130.70.215
 7 75 ms 55 ms 56 ms 209.85.168.148
 8 59 ms 61 ms 56 ms 192.178.99.141
 9 57 ms 85 ms 59 ms 142.251.68.104
10 139 ms 142 ms 131 ms 192.178.81.123
11 129 ms 133 ms 130 ms 192.178.240.17
12 165 ms 129 ms 137 ms 172.253.76.217
13 155 ms 203 ms 170 ms 216.58.223.228
```

**Fig. 8** - Cenário de falha de serviço de conectividade com a internet.  
Fonte: Captura de ecrã da CLI do equipamento SD-WAN da Netspace.

### Teste de balanceamento de carga

A falha de conectividade também foi analisada em termos da disponibilidade da largura de banda no equipamento terminal CPE MX480. O equipamento terminal CPE MX480 permite a utilização de três conexões, sendo uma principal e a outra de redundância e mais uma para a ligação a internet. A figura 8, mostra de uma forma bem clara a utilização da largura de banda na conexão principal MPLS WAN 1 e o MPLS WAN 2 redundante respectivamente.

As ligações MPLS WAN 1 e MPLS WAN 2 desde sempre foram usados em modo de balanceamento do tráfego facilitando a redução do tempo de resposta quanto a falha propositada ocorreu quando a conexão MPLS WAN 1 foi desconectada, o tráfego foi migrado rapidamente para a conexão MPLS WAN 2 por conta do balanceamento de carga entre as ligações.



**Fig. 9** - Análise de tráfego de Internet no local sede-Luanda.

Fonte: Captura de ecrã do sistema de monitorização do tráfego da Netspace.

Esta rapidez de migração foi possível porque ambos os túneis VPN SD-WAN pelo protocolo OMP já estavam estabelecidos, graças à configuração do SD-WAN em modo Activo/Activo agregação de tráfego e, portanto, não foi necessário esperar a criação de novos túneis VPN.

### **Análise de desempenho para determinadas aplicações**

Como um dos principais objectivos do SD-WAN é o aumento do desempenho da conectividade dos serviços, para a presente dissertação analisaremos também o desempenho das aplicações utilizadas no dia a dia na empresa AngolSona e para apresentação dos resultados de desempenho para determinadas aplicações utilizamos a norma recomendado do ITU-T com a referência da recomendação G.1010 - (11/01).

A recomendação electrónica da ITU-T define um modelo para categorias de qualidade de serviço (QoS) multimédia do ponto de vista do utilizador final. Ao considerar as expectativas dos utilizadores para uma gama de aplicações multimédia, são identificadas oito categorias distintas, baseadas na tolerância à perda e atraso de informação (ITU-T, 2001). Será feito uma análise comparativa dos valores das variáveis da tabela abaixo para a transmissão de áudio e para dados respectivamente:



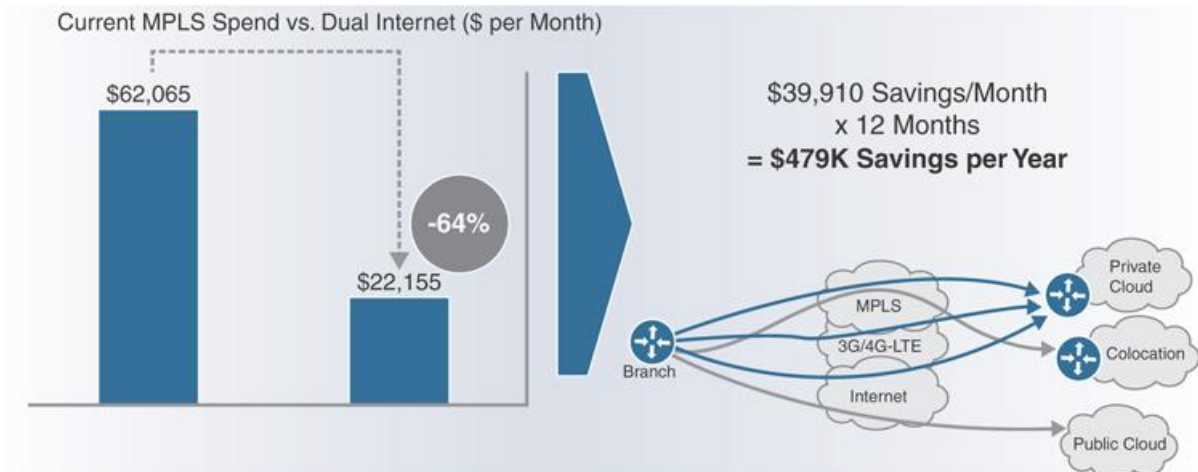
Medium	Application	Degree of symmetry	Typical data rates	Key performance parameters and target values			
				One-way delay	Delay variation	Information loss (Note 2)	Other
Audio	Conversational voice	Two-way	4-64 kbit/s	<150 ms preferred (Note 1) <400 ms limit (Note 1)	< 1 ms	< 3% packet loss ratio (PLR)	
Audio	Voice messaging	Primarily one-way	4-32 kbit/s	< 1 s for playback < 2 s for record	< 1 ms	< 3% PLR	
Audio	High quality streaming audio	Primarily one-way	16-128 kbit/s (Note 3)	< 10 s	<< 1 ms	< 1% PLR	
Video	Videophone	Two-way	16-384 kbit/s	< 150 ms preferred (Note 4) <400 ms limit		< 1% PLR	Lip-synch: < 80 ms
Video	One-way	One-way	16-384 kbit/s	< 10 s		< 1% PLR	
NOTE 1 – Assumes adequate echo control. NOTE 2 – Exact values depend on specific codec, but assumes use of a packet loss concealment algorithm to minimise effect of packet loss. NOTE 3 – Quality is very dependent on codec type and bit-rate. NOTE 4 – These values are to be considered as long-term target values which may not be met by current technology.							

**Fig. 10** - Metas de desempenho referente ITU-T G.1010 para voz e vídeo.  
Fonte: ITU (G.1010 11/2001).

Importante notar nos testes acima, se observou uma mudança nos resultados dos testes relacionado a taxa de transmissão de dados com um resultado de 43 000 kbit/s. Como se trata de transmissão de vídeo em streaming, logo, é necessária uma largura de banda suficiente e que se adapta a transmissão de vídeo ao vivo para garantir uma boa qualidade de serviço. E o SD-WAN possui a técnica que permite ajustar de forma automática a quantidade da largura de banda na rede de acordo com a capacidade requerida conforme os resultados dos testes apresentados.

### Redução de custos com o SD-WAN

Uma das mais importantes vantagens com a implementação do SD-WAN é resiliência da rede, a alta qualidade de serviços de conectividade e a adaptação para as novas tendências tecnológicas da actualidade, conforme já mencionamos várias vezes ao longo desta dissertação. Mais existe a situação de custos relacionado com a implementação de uma rede SD-WAN ou propriamente dito a análise do retorno sobre o investimento (ROI) quantificável. Conforme a pesquisa realizada e demonstrada na figura 13 abaixo mostra um exemplo de cálculo de retorno de investimento (ROI) de forma genérica e podemos observar os detalhes surpreendentes de uma economia de custos de 64% ao passar de um projecto de conexão MPLS duplo para um projecto de conexão de Internet com duas conectividades e gestão SD-WAN.



**Fig. 11** - Exemplo de cálculo simples de ROI.  
Fonte: Gooley, 2020.

Esses números foram retirados de um exemplo real de um cliente. No entanto, cada empresa terá cálculos de ROI diferentes com base no custo dos circuitos, tipo de circuitos e localização.

**Tabela I-** Custos de internet (DIA) e gerenciado com SD-WAN.

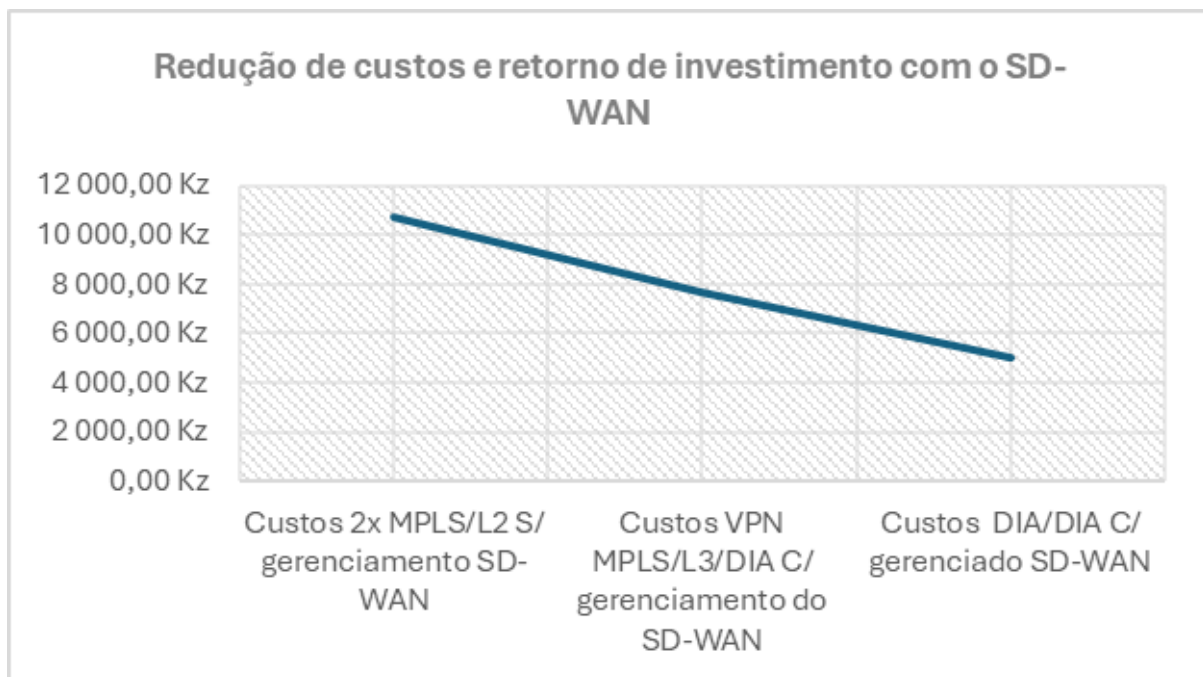
SD-WAN/DIA	Activo		Activo		MRC baseado em 3 anos de contracto	
Localização	DIA Primário	Largura de banda	Banda larga Secundário	Largura de banda	Gestão do SD-WAN	Total
Sede — Luanda	950.000 kz	1000Mbps	570.000 kz	500Mbps	300.000 kz	1.820.000 kz
Filial — Singapura	570.000 kz	500Mbps	342.000 kz	250Mbps	150.000 kz	1.062.000 kz
Filial — Fortaleza	570.000 kz	500Mbps	342.000 kz	250Mbps	150.000 kz	1.062.000 kz
Filial — Miami	570.000 kz	500Mbps	342.000 kz	250Mbps	150.000 kz	1.062.000 kz
Total	2.660.000 kz		1.596.000 kz		750.000 kz	
Total geral	5.006.000 kz	Redução de Custos em relação a duas conexões MPLS	5.744.000 kz		Redução de Custos em relação MPLS/L3	2.690.000 kz

Fonte: Autoria própria.

A tabela I acima, foi apresentada para analisar os resultados a nível de custos para a compra de duas ligações em Banda larga com as capacidades representadas na tabela e com Gestão SD-WAN.



As duas ligações de internet com gestão SD-WAN vão funcionar nível de conectividade ponto-a-ponto por meio de túneis SD-WAN de forma redundante entre a sede Luanda e as suas filiais. O custo associado ao modelo proposto registou um valor mensal recorrente de aproximadamente cinco milhões de kwanzas (5.000.000 Kz). O que representa uma redução de cinco milhões e setecentos e quarenta e quatro mil kwanzas (5.744.000 Kz) em relação aos custos da tabela VIII, e de dois milhões e seiscentos e noventa mil kwanza (2.690.000 kz) e desta em relação a tabela IX, apresentado como uma redução bastante significativa em relação as primeiras soluções apresentadas.



**Fig. 12** - Redução em 64% em relação a WAN tradicional.  
Fonte: Autoria própria.

Conforme podemos demonstrar no gráfico acima, chegamos em quase 60% de redução de custos e com isso chegamos a conclusão de que o retorno de investimento da implementação do SD-WAN é compensatório também a nível de custos monetários conforme os três exemplos de custos recorrentes nas tabelas acima.

## CONCLUSÃO

Fica provado que as redes de longas distâncias definidas por software (SD-WAN) estão a revolucionar a maneira em que as empresas e serviços de tecnologias de informação transmitem os dados eficientemente. A presente dissertação apresentou as principais características da tecnologia SD-WAN, a sua arquitectura e os benefícios da implementação do SD-WAN como uma solução adequada aos desafios que a computação em nuvem trouxe.



De uma maneira resumida conclui-se que nos últimos tempos verifica-se mudanças na maneira como as redes de longa distância se comunicam. Com a virtualização dos serviços de rede e adoção do SDN consegue-se construir uma rede WAN definida por software que faz melhor uso da largura da banda e oferece melhor capacidade de operação, segurança e gestão para além de minimizar os custos em comparação com a tecnologia MPLS.

Com base neste estudo, constatou-se que, ao implementar e adoptar a rede SD-WAN, foram alcançados resultados satisfatórios em termos de redução de custos em mais de 60%, adequação à norma de referência da ITU-T na recomendação G.1010 (11/01)

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Arham, A., Utomo, P., & Winarno. (30 de Maio de 2023). Implementation of Software Define-Wide Area Network (SD-WAN) to Improve Efficiency on KGX Logistic Company. Implementation of Software Define-Wide Area Network (SD-WAN) to Improve Efficiency on KGX Logistic Company.
- BasuMallick, C. (1 de julho de 2022). SpiceWorks. Fonte: What Is a Wide Area Network (WAN)? Definition, Types, Architecture, and Best Practices: <https://www.spiceworks.com/tech/networking/articles/what-is-wide-area-network/>
- Fey, A. F. (2018). *Introdução Às Redes Wan: Redes De Computadores De Longa Distância* (365 ed.). Caxias do Sul: Clube de Autores. Acesso em Novembro de 2023
- Ghein, L. d. (2007). *MPLS Fundamentals*. Indianapolis: Cisco Press.
- Gooley, J., Yanch, D., Schuemann, D., & Curran, J. (2020). *Cisco Software-Defined Wide Area Networks: Designing, Deploying and Securing Your Next Generation WAN with Cisco SD-WAN*. Hoboken: Cisco Press.
- ITU-T. (Setembro de 2008). Definitions of terms related to quality of service. Quality of telecommunication services: concepts, models, objectives and dependability planning Terms and definitions related to the quality of telecommunication Services, pp. 1-4.
- Ivanov, I. I. (2023). *SD-WAN: Example-based Study Guide: Volume 1*. California: Colored Edition.
- Jason, G., Dana, Y., Dustin, S., & John Curran. (2020). *Cisco Software-Defined Wide Area Networks: Designing, Deploying and Securing Your Next Generation WAN with Cisco SD-WAN*. California: Cisco Press.
- Parker, P. M. (2020). *The 2021-2026 World Outlook for Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN) Appliances*. Singapore: ICON Group International, Inc.

### **Declaração de conflitos de interesses:**

A autor do artigo declara não existir qualquer conflito de interesses que afecte a publicação do artigo.

### **Contribuição de Autoria:**

A autor contribuiu igualmente na concepção, delineamento e pesquisa bibliográfica, que possibilitou o desenvolvimento e revisão do conteúdo para aprovação final da versão a publicar.



Este trabalho está sob uma [Licença Creative Commons Reconhecimento-NãoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)