



**FACULDADE SANTÍSSIMO SACRAMENTO**  
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE  
INFORMAÇÃO

Alagoinhas-BA  
2023

**RECURSOS DA COMUTAÇÃO: ANÁLISE DOS MECANISMOS QUE  
TORNAM OS FLUXOS DE REDE MAIS FLUIDOS.**

Kevem Levi de Jesus Goes <sup>1</sup>  
Michelle Larissa Luciano Carvalho <sup>2</sup>  
Gabriela V. G. de Noronha <sup>3</sup>

**RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo analisar os recursos que estão vinculados à comutação. Apresenta-se conceitos básicos sobre o tema, abordando o problema em questão atrelado a otimização dos recursos da comutação a fim de ser mais eficiente em sua transmissão. Para realizar o processo, foram realizadas pesquisas bibliográficas, atendendo objetivos específicos que indicam o relato de possíveis recursos que agregam ao sistema, além de comparar métodos existentes que realizam a distribuição de dados na rede. A partir do estudo realizado, constata-se sobre a atuação das técnicas da comutação são amplamente utilizadas para otimizar recursos, melhorar a eficiência das transmissões e garantir maior confiabilidade, através da eficiente utilização da largura de banda, priorização do tráfego, minimização de latência e escalabilidade.

**Palavras-chave:** Técnica de Comutação| Otimização de Rede| Comutação de Rede| Transmissão de Dado.

**ABSTRACT**

This work aims to analyze the resources that are linked to switching. Basic concepts on the subject are presented, addressing the problem in question linked to the optimization of switching resources in order to be more efficient in its transmission. To carry out the process, bibliographical research was carried out, meeting specific objectives that indicate the report of possible resources that add to the system, in addition to comparing existing methods that carry out the distribution of data in the network. Based on the study carried out, it can be seen that computing techniques are widely used to optimize resources, improve transmission efficiency and ensure greater reliability, through efficient use of bandwidth, prioritization of traffic, minimization of latency and scalability.

**Keywords:** Switching Technique| Network Optimization| Switching Network| Data Transmission.

---

<sup>1</sup> Discente da Faculdade Santíssimo Sacramento, Bacharelado em Sistemas de Informação-kevemgoes11704@soumaissantissimo.com.br

<sup>2</sup> Professora da Faculdade Santíssimo Sacramento, Doutora em Ciência da Computação, Mestre em Ciência da Computação - docente.michellelarissa@fsssacramento.br

<sup>3</sup> Professora da Faculdade Santíssimo Sacramento, Cientista Social UFBA/UFBA, Mestre em Políticas Pública e Cidadania, Especialista em Gerenciamento Ambiental-docente.gabrielaguerreiro@fsssacramento.br

## 1 Introdução

De acordo com a publicação de Andre H O Santos (2016), intitulada "Redes de Comunicação de Dados | Comutação", a comutação é o processo utilizado em redes de comunicação para interligar pontos ou nós, permitindo a transferência de dados. O autor destaca que a comutação engloba diversas técnicas, sendo as principais a Comutação de Circuitos, Pacotes e de Mensagens, podendo haver variações das mesmas.

Diante das variações dos tipos de comutação, que envolvem métodos para a transmissão de dados, é importante ressaltar o funcionamento para realizar a comunicação. Com base nessa situação, o objetivo deste trabalho está voltado na abordagem da comutação em relação aos seus recursos, visando uma transmissão eficiente, buscando entender as estratégias que permitam a utilização dos recursos de forma mais eficaz.

Este estudo tem como objetivo geral analisar os recursos associados à comutação, visando criar um ambiente de comunicação mais fluido e otimizado. Para alcançar esse objetivo, serão realizadas as seguintes atividades específicas: analisar os principais pontos e camadas da rede para extrair elementos que contribuam para a otimização; relatar recursos potenciais que possam beneficiar o funcionamento do sistema de comutação; e comparar os métodos existentes de distribuição de dados, buscando identificar aqueles que sejam mais eficientes em termos de tempo de resposta.

A metodologia deste trabalho é descritiva e envolve procedimentos técnicos relacionados ao estudo de caso. Foram utilizados os métodos dedutivo, comparativo e monográfico para compor a pesquisa. Os dados utilizados são secundários, buscando conteúdos existentes para análise e formulação da resposta ao problema em questão. Os principais focos são as publicações dos últimos 20 anos, mas também foram incluídos dados anteriores para complementar o estudo.

O artigo mencionado, "An overview of routing methods in optical burst switching networks", destaca a natureza dinâmica da tecnologia e a necessidade de evolução para se adaptar a novas realidades, precisando de estudos futuros

para indicar possíveis soluções e melhorias para a mesma. Portanto, para retratar melhor os conteúdos do estudo, foi organizado em partes para facilitar a compreensão dos conteúdos abordados, fornecendo um contexto histórico da comutação e apresentando as técnicas, metodologias, discussão sobre resultados e conclusão e informações sobre trabalhos futuros. A metodologia com base nos dados secundários possibilitaram o alcance do resultado à problemática abordada. Essa organização estruturada permite uma visão abrangente e melhor compreensão das etapas e aspectos da comutação, ressaltando a importância de futuros estudos para aprimorar essa tecnologia.

Com base na metodologia aplicada, foi encontrada a resposta para o problema, onde a comutação como uma técnica utilizada em rede de computadores, visa otimizar os recursos e melhorar a transmissão através da utilização de largura de banda, priorização do tráfego, minimização de latência, melhoria na escalabilidade e aumento da confiabilidade, a comutação busca maximizar o desempenho das redes. A comutação realiza o processo de adaptação a necessidades dos diferentes tipos de serviço, atendendo as solicitações dos usuários e realizando a comunicação desejada.

## **2 A Comutação e Progresso da Tecnologia**

Neste capítulo será comentado a origem e evolução relacionados a comutação e a tecnologia agregada, para isso, aborda-se o contexto histórico para o surgimento dessa técnica para explanar seus eventos desde o princípio.

A comutação, presente na publicação de Andre H O Santos (2016), intitulada "Redes de Comunicação de Dados | Comutação", é uma técnica utilizada para redes de comunicação de dados, onde consiste no processo de interligar pontos ou nós para a comunicação, em que realiza-se a transferência de dados entre dispositivos interconectados.

Com a evolução das redes de computadores e o aperfeiçoamento das técnicas, uma abordagem introduzida que contribuiria na comunicação de forma eficiente.

A comunicação de redes tinha evoluído dos sistemas de telégrafo e telefone que conectavam pares de fios entre duas partes para formar um circuito de comunicação. Embora a conexão mecânica de fios

estivesse sendo substituída por circuitos eletrônicos, o paradigma continuava o mesmo: é formado um circuito, e então a informação é enviada através dele. A comutação de pacotes mudou as redes de maneira fundamental e forneceu base para a Internet moderna: em vez de formar um circuito dedicado, pacotes e comutação permitem a múltiplos remetentes transmitir dados sobre rede compartilhada. (Douglas E. Comer, 2016, p. 8).

A citação de Douglas E. Comer(2016) aborda que as redes de telefonia eram inicialmente baseadas em técnicas de comutação de circuitos, onde uma conexão dedicada era estabelecida entre o remetente e o destinatário para a transmissão de dados. Isso exigia a alocação de recursos e garantia de taxa de transmissão para que os dados cheguem corretamente ao usuário. A evolução da comunicação de redes, mencionando que o paradigma anterior de formação de circuitos foi substituído pela comutação de pacotes. Nesse novo modelo, os dados são divididos em pacotes e podem ser transmitidos por múltiplos remetentes sobre uma rede compartilhada. Essa mudança fundamental nas redes permitiu o desenvolvimento da Internet moderna.

TANENBAUM(2003) comenta em sua obra sobre o início das redes de computadores geograficamente distribuídas, como a ARPANET e sua sucessora, a Internet, um modelo de referência que foi desenvolvido para permitir a conexão uniforme entre várias redes. A ARPANET era uma rede de pesquisa patrocinada pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos e, à medida que mais universidades e instituições foram conectadas, surgiram problemas com os protocolos existentes. Isso levou à criação de uma nova arquitetura de referência conhecida como Modelo de Referência TCP/IP, baseada em dois principais protocolos.

Kurose & Ross (2014) discutem a evolução da ARPANET, destacando sua importância na criação da Internet. No final dos anos 1960, Licklider, Roberts e outros líderes do MIT e da ARPA desenvolveram a ARPANET, a primeira rede de computadores baseada em comutação de pacotes. Em 1969, os primeiros nós foram instalados, formando os alicerces da Internet. Em 1972, a ARPANET já tinha cerca de 15 nós e foi apresentada publicamente por Robert Kahn. Nesse período, o protocolo de controle de rede (NCP) foi desenvolvido e Ray Tomlinson criou o primeiro programa de e-mail.

As evoluções crescentes das redes de computadores permitiram o

desenvolvimento de sistemas distribuídos, definido pelas conexões de computadores que realizam comunicação e troca de recursos, e segundo TANEMBAUM, que afirma sobre as redes e as conexões da mesma:

O velho modelo de um único computador atendendo a todas as necessidades computacionais da organização foi substituído pelas chamadas redes de computadores, nas quais os trabalhos são realizados por um grande número de computadores separados, mas interconectados. (TANEMBAUM, 2003, p. 2).

Com base na citação, entende-se que a comutação é atrelada ao processo de enviar dados a redes de computadores, enquanto os sistemas distribuídos são os dispositivos na interação e realização de tarefas. A troca de dados via pontos no sistema se dá justamente pela comutação, onde é atrelado ao fator de roteamento de dados de um ponto para outro que está interconectado.

BEHROUZ A. FOROUZAN apresenta uma informação sobre a evolução da rede de comunicação e internet:

A Internet percorreu um longo caminho desde os anos 1960. Atualmente, a Internet não é uma estrutura hierárquica única. Ela é composta por várias redes locais e remotas, reunidas por meio de dispositivos de conexão e estações comutadoras. (FOROUZAN, 2008, p. 17).

Com o progresso da comutação e tecnologias agregadas, nota-se a presença dos principais tipos adotados, além de demais que foram surgindo conforme o aprimoramento das técnicas. É presente outras técnicas, como por exemplo a Comutação de Mensagens, onde seu surgimento veio dos primórdios das redes de computadores, que eram baseado em circuitos dedicados, porém, com as limitações no compartilhamento de recursos e comunicação através de múltiplos pontos, entrou em ação essa nova técnica, com dados sendo enviados de nó a nó e encaminhados para o destinatário.

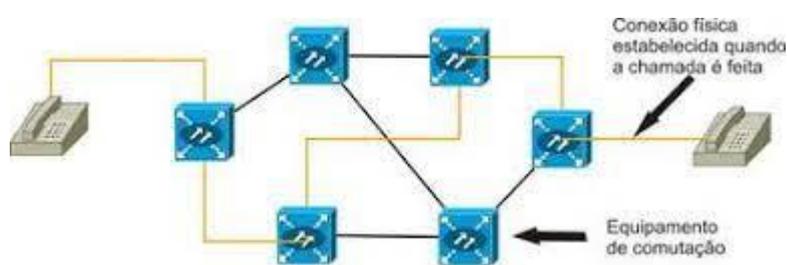
### **3 Técnicas de Comutação em Redes de Computadores**

O aperfeiçoamento da tecnologia permitiu com que novas técnicas seguissem para contribuir com os fluxos de rede de computadores. Destacam-se as principais técnicas vinculadas a comutação, sendo elas a Comutação de Circuitos, Comutação de Mensagens e Comutação de Pacotes, além de variações existentes que são pertencentes a essa técnica.

### 3.1 Comutação de Circuitos

ANDRE H O SANTOS(2016) comenta em sua publicação sobre a comutação de circuitos, que também conhecida como Circuit Switching, um método de alocação de recursos para realizar a transferência de dados, envolvendo alocação durante a transmissão. Na comutação de circuitos é definido uma conexão física que é dedicada entre os pontos ou nós que desejam se comunicar. Quando é estabelecido uma conexão entre os terminais, a alocação de recursos entra em ação, como largura de banda por exemplo, dedicados de forma exclusiva para a comunicação específica.

**Figura 1:** Imagem representativa sobre a Comutação de Circuitos



Fonte: [www.wiki.foz.ifpr.edu.br](http://www.wiki.foz.ifpr.edu.br)

A figura 1 demonstra a ligação entre dois terminais, no caso, os telefones. A realização dessa conexão se dá através do canal físico, que possui um número de pontos para que o circuito possa ser conectado e suporte ligações simultaneamente.

Douglas E. Comer (2016) comenta em seu livro sobre as redes de comutação, no qual fala:

Redes de comutação de circuitos modernos usam dispositivos eletrônicos para estabelecer circuitos. Além disso, em vez de cada circuitos corresponder a um caminho físico, vários circuitos são multiplexados sobre mídia compartilhada, e o resultado é conhecido como circuito virtual.(COMER, 2016, p. 192).

Na obra de Douglas E. Comer (2016) é notável a citação sobre a diferença entre comutação de circuitos com outras formas de redes, na qual existem três propriedades que definem o paradigma dessa comutação, onde envolve a comunicação ponto-a-ponto, as etapas separadas para criação, uso e o término dos circuitos, além do desempenho no caminho físico.

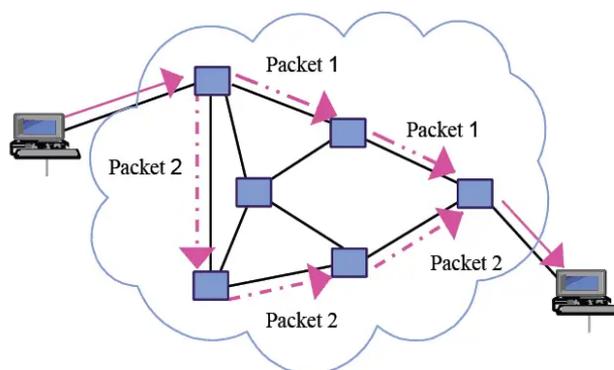
ANDRE H O SANTOS(2016) discute as características mais marcantes desse tipo de comutação estão vinculadas a como o circuito é estabelecido até a finalização da conexão dos terminais. O circuito é estabelecido através de uma alocação de recurso para realizar a comunicação, geralmente a definição da largura de banda, para que a partir dele garanta a comunicação entre os terminais, com isso gere a troca de informações. Para finalizar a conexão, a reserva de banda é disponibilizada para os equipamentos que estão compondo a comunicação da rede.

### 3.2 Comutação de Pacotes

Packet Switching, termo em inglês para comutação de pacotes, é uma técnica de transmissão de dados, onde a mensagem é enviada na rede em pequenas unidades. Na publicação de Diego Macêdo (2012), a comutação é discutida como uma técnica de transmissão de dados que divide uma mensagem em unidades menores, chamadas de pacotes. Diferentemente da comutação de circuitos, não é necessário estabelecer previamente um caminho físico para a transmissão dos pacotes. Esses pacotes podem ser transmitidos por caminhos diferentes e chegar ao destino fora da ordem em que foram enviados. Isso torna a comutação de pacotes mais tolerante a falhas, pois os pacotes podem contornar equipamentos de comutação inativos e seguir por caminhos alternativos até o destino.

Segundo Douglas E. Comer (2016), essa comutação seria a principal alternativa para a comutação de circuitos, técnica essa que utiliza multiplexação estatística com diferentes fontes durante o uso no meio compartilhado.

**Figura 2:** Imagem representativa sobre a Comutação de Pacotes



Fonte: [www.networkencyclopedia.com](http://www.networkencyclopedia.com)

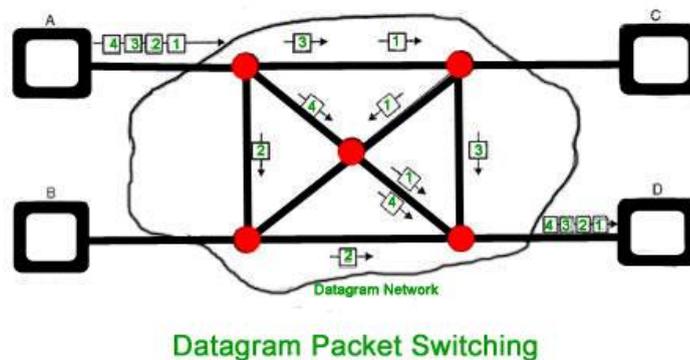
A Figura 2 sinaliza o processo de comunicação, no qual a mensagem sai do

remetente e é repartida na rede, possibilitando o envio por canais diferentes até o destinatário, onde os dados são juntados e formando a informação enviada desde o início. Ao observar a imagem, nota-se que a principal característica de destaque dessa técnica está relacionada ao caminho percorrido por eles, já que as unidades pertencentes a mensagem enviada, apesar de serem repartidas, são unidas no final. Outra característica é que essa técnica pode ser subdividida em dois tipos, sendo eles: Comutação por Datagramas e por Circuitos Virtuais.

### 3.2.1 Comutação por Datagramas

Na publicação de ANDRE H O SANTOS(2016), a primeira subdivisão da Comutação de Pacotes, a Comutação por Datagramas, está relacionada ao fato do tratamento do pacote de forma diversificada, podendo ter numeração em sequência pelo emissor da mensagem. Esse método é roteado na rede de acordo com as informações de endereço contidas nas mensagens, no qual o mesmo não necessita estabelecer uma conexão prévia para operar.

**Figura 3:** Imagem representativa sobre a Comutação por Datagramas



Fonte: <https://www.geeksforgeeks.org>

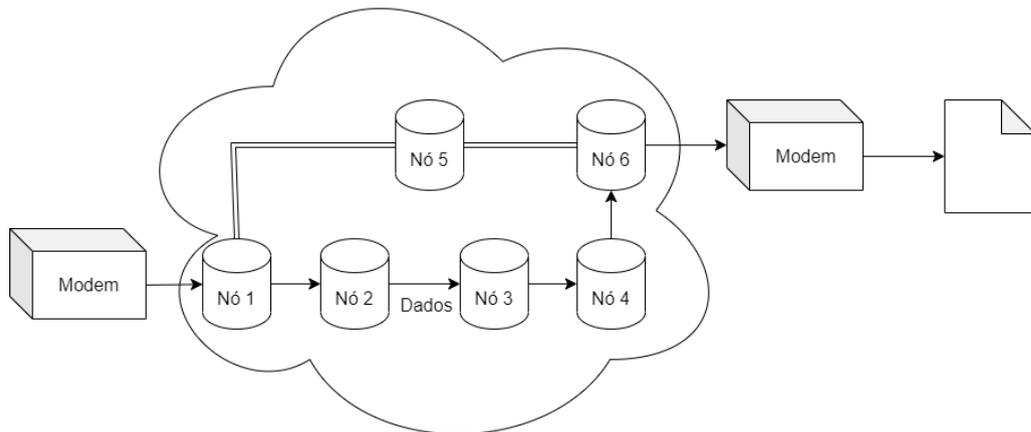
Nesse modelo inclui, além da mensagem em si, informações referentes a origem e o seu destino. No envio do pacote, a informação é passada na rede, e cada nó examina e realiza o processo de decisão sobre qual o próximo caminho do pacote até chegar ao destino.

### 3.2.2 Comutação por Circuitos Virtuais

TANENBAUM(2003) comenta que a comutação por circuitos virtuais permite

que os pacotes utilizem números de circuitos em vez de endereços de destino completos, o que pode economizar largura de banda quando os pacotes são pequenos. No entanto, essa abordagem requer espaço de tabela dentro dos roteadores, o que pode ser uma desvantagem dependendo do custo relativo dos circuitos de comunicação em comparação com a memória do roteador. Além disso, a configuração dos circuitos virtuais demanda tempo e recursos, mas uma vez configurados, o direcionamento dos pacotes torna-se simples, e o modo de compartilhamento dos circuitos favorecem na capacidade da rede para que seja utilizado. A seguir contém uma imagem que contempla a representação dessa comutação.

**Figura 4:** Imagem representativa sobre a Comutação por Circuitos Virtuais



Fonte: A autoria do Pesquisador (2023)

### 3.3 Comutação de Mensagens

ANDRE H O SANTOS(2016), a comutação de mensagens, também conhecida como Message Switching, é utilizada para envio de mensagens entre dispositivos. Esse método é diferente da comutação de circuitos pelo fato de que não é estabelecido um caminho dedicado durante toda comunicação, e os dados que percorrem pela rede são divididas e transmitidas de forma independente.

**Figura 5:** Imagem representativa sobre a Comutação de Mensagens



Fonte: [www.tede.ufam.edu.br](http://www.tede.ufam.edu.br)

O envio das mensagens na rede é através de um dispositivo para o outro, através dos nós presentes no caminho, sendo eles responsáveis por armazenar, de forma temporária, as mensagens enviadas. Os nós recebem, armazenam e transmitem para os próximos nós com base nas informações contidas em cada mensagem.

### 3.4 Variações dos Tipos de Comutação

A comutação possui variações que são específicas para seu tipo de aplicação, tecnologias que foram desenvolvidas para terem baixa taxa de erros ou alta taxa de transmissão de dados. A existência de tipos como a Comutação por Células é um exemplo disso, comentado na publicação de ANDRE H O SANTOS(2016). Esse tipo de comutação é semelhante a comutação de mensagens, na qual essa técnica de comutação simplifica os mecanismos de controle de erro e possui protocolos superiores.

A tecnologia ATM (Asynchronous Transfer Mode) é um exemplo de aplicação dessa comutação, permitindo a transmissão, multiplexação e chaveamento de células, utilizando conexões virtuais para rotear as células. Discutido por TANENBAUM(2003), o ATM é uma rede orientada a conexões que foi projetada na década de 1990 com grandes expectativas de resolver todos os problemas de redes e telecomunicações, unificando diferentes meios de comunicação em um único sistema integrado. No entanto, enfrentou desafios semelhantes aos do modelo OSI, incluindo questões relacionadas ao momento, tecnologia, implementação e política. Apesar disso, o ATM teve mais sucesso que o modelo OSI e é amplamente utilizado no sistema de telefonia, muitas vezes para transportar pacotes IP. Embora seja mais comumente usado pelas operadoras para transporte interno, continua sendo uma parte ativa e importante da

infraestrutura de comunicações.

#### **4 Metodologia**

O estudo realizado possui objetivo do tipo descritivo, realizando descrições sobre o tema em questão, com informações sobre o contexto histórico, funcionamento, técnicas e demais aspectos relacionados. Quanto aos procedimentos técnicos, está ligado ao estudo de caso, onde foram analisados repositórios, que envolvem artigos, livros e demais conteúdos existentes sobre o tema.

Sobre os métodos presentes para a composição do estudo, envolve-se o dedutivo, além do método de procedimento comparativo, no ponto de generalizar e confirmar informações, além de analisar a tecnológica e explicar semelhanças e diferenças. É presente também o método monográfico, no qual estuda um tema específico, e necessita-se de uma visão objetiva para chegar a conclusão.

Os dados retirados para estudo são do tipo secundários, visto que parte de uma análise de estudos existente que servem como base para a construção da visão objetiva da problematização. Para isso, foram coletados dados de artigos científicos, sites, fontes de pesquisa em geral, visto que o tema não é de conhecimento amplo, para que seja analisado a fim de obter a resposta para a questão. Os principais recursos utilizados são: pesquisa documental, observações sistemáticas, estudos sobre assuntos e demais relacionados.

O foco de conteúdos estão nas principais publicações realizadas nos últimos 20 anos, mas com complementos de artigos antecessores a essa definição de tempo, para contribuir com o estudo, visto que não há tantas obras que focam especificamente no tema, logo, necessita-se de complementos para estudo.

O trabalho consiste em uma revisão sistemática sobre o tema da comutação. O objetivo da revisão é proporcionar uma visão geral da área, abordando contexto histórico, funcionamento e demais aspectos relevantes e relacionados. Com a escassez de estudos voltados para a problemática tratada, a pesquisa visa preencher lacunas para facilitar a compreensão do tema e resolver o problema, além de indicar pesquisas futuras.

Para a realização da extração de dados para análise e formulação do

problema, foi pesquisado principais conteúdos envolvendo o tema comutação, selecionando artigos, teses e dissertações, livros, sites e demais relacionados. Para realização da busca do conteúdo foi utilizado o motor de busca Google, assim como a ferramenta/site Google Scholar, como também o BING, Scribd, DOCPLAYER, Academia.Edu. As principais strings de buscas foram: Comutação e Redes de Computadores, Switching Computer Networks, Network Switching and Optimization, Switching Technique, contribuindo para a extração de conteúdos não só para a metodologia, como também para o desenvolvimento da pesquisa.

Os conteúdos pesquisados foram adicionados em uma planilha editável, onde entraram em critérios de inclusão e exclusão. O critério de inclusão aborda trabalhos mais recentes e/ou relevantes, sendo artigos, livros e demais relacionados, que podem, principalmente, entrar na seleção de conteúdos para a busca de resultados. O critério de exclusão serve para separar o conteúdo que não entra na metodologia para obtenção do resultado, podendo ou não ser utilizado como referencial teórico. Foram coletados por volta de 32 conteúdos, conforme o apêndice A, dos quais houveram aplicações de critérios de inclusão e exclusão para adequação da pesquisa.

**Quadro 1:** Quadro informativo dos conteúdos selecionados para obtenção do resultado.

<b>Título</b>	<b>Autores / Ano</b>	<b>Tipo de Estudo</b>
Network optimization for unified packet and circuit switched networks	Ping Yin, Steven Diamond, Bill Lin, Stephen Boyd, 2019	Artigo
Comunicação de Dados e Redes De Computadores - Quarta Edição	Behrouz A. Forouzan, 2008	Livro
An overview of routing methods in optical burst switching networks	Mirosław Klinkowski,* , João Pedro , Davide Careglio , Michał Pióroe, João Pires, Paulo Monteiro, Josep Solé-Pareta, 2010	Artigo
Computer Networks, Fourth Edition	Andrew S. Tanenbaum, 2002	Livro
Otimização do Processo de Comutação em Redes de Transporte	Miguel Duarte Henriques, 2013	Tese
ADVANCES IN OPTIMAL ROUTING THROUGH COMPUTER NETWORKS	Israel M. Paz, 1977	Artigo

## 5 Resultados e Discussão

FOROUZAN(2006) aborda em sua obra diversos conceitos que estão vinculados à comunicação de dados e redes de computadores. Nesse livro, é notável a presença de citações de elementos que constituem a camada de transmissão de dados na rede, onde inclui a comutação. A comutação possui um capítulo especial, dedicado a comentar sobre os principais tipos, eficiência, dentre outros.

Ainda no texto do livro de FOROUZAN(2006), é possível encontrar a discussão sobre três fases da comunicação em uma rede de comutação, principalmente em comutação de circuitos, é indicado o estabelecimento de conexão, transferência de dados e encerramento da conexão. O processo envolve a criação de um circuito dedicado entre os comutadores, no qual envolve a solicitação e confirmação entre os sistemas e comutadores, e com o estabelecimento do circuito, pode ser transferido os dados. Após o encerramento por parte de um dos lados, é enviado a informação para que sejam liberados recursos alocados durante a comunicação.

A obra em questão, discute sobre a eficiência da comutação de circuitos. A abordagem sobre os recursos alocados durante a conexão, torna o canal de comunicação indisponível para outras conexões que queiram executar o percurso. Esse fato pode ser um problema para a rede, já que dispositivos podem ser “conectados” sem atividades no intuito de realizar a comunicação.

Miroslaw Klinkowski e os demais autores do artigo “Network optimization for unified packet and circuit switched networks”, mencionam sobre a otimização e a eficiência em sua transmissão, para isso deverá ser implementada uma arquitetura unificada de rede, na qual combina os principais tipos de comutação. A arquitetura indicada utiliza switches híbridos, que envolvem as principais técnicas de comutação. No texto, destacam-se sobre redução de custos, maior escalabilidade, já que lida com aumento de tráfego de forma eficiente, e encaminhamento em alta velocidade, pois os dados ou pacotes podem atravessar a rede por caminhos pré-estabelecidos.

Os autores do artigo comentam sobre a questão de alternativa para melhorar a rede e melhorar a eficiência, mas as técnicas existentes da comutação funciona no intuito de contribuir com a comunicação, operando de forma que seja possível

a otimização de recursos para melhorar a eficiência da transmissão, necessita do uso inteligente dos canais, priorizando canais mais importantes para a comunicação.

Em “Otimização do Processo de Comutação em Redes de Transporte” de MIGUEL DUARTE HENRIQUES(2013), é discutido sobre a evolução da comutação nas redes de telecomunicações e como ela pode otimizar seus recursos no intuito de melhorar a eficiência na transmissão de dados. Com o aumento significativo da capacidade das redes ópticas, sendo impulsionada pelo avanço do sistema de transmissão e também da comutação, além de elementos que permitem a reconfiguração e o redirecionamento dos comprimentos de onda, e com aumento da demanda de serviços, tornou-se necessário a otimização dos recursos.

Segundo o texto, a comutação de circuitos perdeu espaço para a comutação de pacotes, já que mostraram-se flexíveis em relação ao anterior. A comutação de circuitos possui limitações na rede, dificultando o aumento rápido da sua capacidade, por isso a comutação de pacotes ganhou espaço.

Uma tecnologia baseada na comutação de pacotes é o MPLS (Multiprotocol Label Switching), implementado em redes de transporte para fornecer serviços relacionados a Virtual Private Networks (VPN), dentre outros. A sua vantagem está relacionada ao encaminhamento com base em endereços IP, pois utiliza etiquetas para rotear pacotes.

TANENBAUM(2002), discute sobre as técnicas de comutação que permitem a otimização dos recursos. A comutação em si utiliza suas técnicas a fim de proporcionar uma transmissão dos dados de forma mais eficiente, já que são destacadas em momentos diferentes. No texto, é discutido sobre a utilização da comutação de circuitos em sistemas telefônicos, enquanto a comutação de pacotes pode ser utilizada amplamente nas redes de computadores.

Entende-se que a comutação é utilizada de acordo com a situação em que foi aplicada. Como TANENBAUM(2002) cita sobre o uso das duas principais técnicas, é possível visualizar que as tecnologias agregadas, como por exemplo o MPLS citado por MIGUEL DUARTE HENRIQUES(2013), são vinculadas de acordo com o serviço determinado.

O Artigo, “An overview of routing methods in optical burst switching networks”, realiza uma discussão sobre comutação óptica por rajadas. Em relação à comutação em redes, o texto faz a referência da utilização do recurso da comutação justamente em um caso especial, onde ao invés de comutar pacotes individuais, a técnica iria combinar os pacotes IP e alocar de acordo com o tempo necessário para a transmissão. Essa técnica está atrelada a reserva de recursos de transmissão com antecedência.

O texto mostra a comutação óptica por rajadas como parte da evolução da comutação redes. É notável a busca da otimização do uso de recursos e aplicar estratégias de roteamento para minimizar a contenção e melhorar a eficiência da transmissão. Logo, entende-se que a comutação está também relacionada às estratégias de acordo com o serviço, utilizando os recursos necessários para gerar uma eficiência global da transmissão.

ISRAEL M. PAZ(1977), menciona em seu texto que a comutação é uma tecnologia de controle de fluxo utilizada nas redes de computadores, descrevendo diferentes tecnologias vinculadas a comutação, como as redes de comutação store-and-forward. O artigo também comenta sobre a otimização dos recursos e eficiência, discutindo, especialmente sobre a comutação de pacotes, o uso das técnicas de empacotamento, o que aumenta significativamente a taxa de transferência da rede.

ISRAEL M. PAZ (1977) também comenta em seu texto que a melhoria na eficiência geralmente requer um aumento moderado na complexidade do hardware da rede. O texto observa a falta de padronização e os custos para implementação de tecnologia. As técnicas de roteamento concentram-se em minimizar o atraso médio das mensagens, em contraste com a primeira geração de roteamento. De acordo com publicações mais recentes, houve melhorias nos principais aspectos, incluindo-se uma padronização mais avançada e redução no atraso médio das mensagens.

Com base nas informações retiradas, observa-se uma constância sobre a comutação e a utilização das suas técnicas em determinadas situações. Nota-se que surgem pontos que contribuem para a otimização dos recursos para melhorar a eficiência das transmissões, sendo geralmente, a utilização eficiente da largura de banda, priorização do tráfego, minimização de latência, melhoria na

escalabilidade e o aumento da confiabilidade.

A utilização eficiente da largura de banda evita o congestionamento e garante que os recursos sejam utilizados de forma otimizada. A largura de banda refere-se a quantidade de dados que podem ser transmitidos no período de tempo enquanto há alocação dos recursos. Para ser eficiente nesse quesito, é necessário minimizar o uso desnecessário da banda, dependendo da técnica para o gerenciamento de tráfego.

Ainda em relação à utilização eficiente da largura de banda, existem casos em que o desperdício pode ocorrer, como na comutação de circuitos. Durante os períodos de silêncio, esse problema pode surgir. No entanto, a comutação evita o uso extra da banda desde o início, pois durante a fase de conexão ocorre uma disputa pela alocação de recursos, garantindo assim um gerenciamento adequado. Uma vez estabelecida a conexão, o uso da banda ocorre somente durante sua duração, eliminando desperdícios anteriores à conexão.

A priorização do tráfego, garante que elementos como pacote de voz sejam priorizados para comunicação, assegurando o contato urgente e essencial. Em redes congestionadas, é necessário a priorização do tráfego, nesse caso, certos tipos de dados, principalmente em voz ou vídeo em tempo real, precisam de prioridade para garantir uma transmissão fluida e sem interrupção. Para ser alcançado, a comutação realiza a priorização de tráfego com base em seus critérios de técnicas aplicadas do início ao fim.

A minimização de latência elimina a necessidade de um roteamento em tempo real, já que o caminho é estabelecido antecipadamente. Para melhorar a eficiência das transmissões, especialmente em aplicações sensíveis ao tempo, precisa ser alcançado com rotas de rede otimizadas, predeterminadas, dependendo da técnica aplicada, para redução dos atrasos de comunicação.

A melhoria da escalabilidade e aumento da confiabilidade facilitam no crescimento das redes de comutação e oferecem recursos de redundância, podendo ser tolerável a falhas em determinados serviços que não são priorizados no tráfego, por exemplo e-mail. Para garantir uma transmissão confiável de dados, é necessário a questão de tolerância de falhas para determinadas aplicações. Para ser alcançado, pode envolver redundância, onde há rotas alternativas para transmitir os dados caso a rota principal falhe.

Durante o estudo, notou-se as vantagens e desvantagens das principais técnicas de comutação. Em comutação de circuitos, destacam-se as vantagens vinculadas a garantia de recursos, falta de congestionamento devido ao caminho exclusivo, porém há desperdício de banda na conexão, e a possibilidade da existência de atraso no estabelecimento da rota em caso de caminho ocupado.

Em comutação de mensagens, é possível visualizar o uso otimizado da tecnologia e menor congestionamento, já que os nós guardam as mensagens de forma temporária durante o processo, mas há um delays (atrasos) na memorização, não sendo indicado para aplicações em tempo real. Já a comutação de pacotes é indicada para dados, divisão das mensagens para contribuir na transmissão da mensagem, com desvantagens relacionadas ao atraso na junção e processamento dos nós enfileirados, e como pode ser utilizado em diversos caminhos, poderá ter atrasos em determinadas aplicações.

## **6 Conclusão e Trabalhos Futuros**

Ao término desse trabalho buscou-se contribuir no entendimento do contexto histórico, principais técnicas utilizadas, e de como a comutação otimiza seus recursos a fim de ser mais eficiente em sua transmissão. O fato do assunto não ser de vasto conhecimento, é fundamental a busca de meios que indiquem sobre o funcionamento da comutação.

Conclui-se que a comutação otimiza seus recursos a fim de ser mais eficiente em sua transmissão através da utilização das técnicas adequadas, dependendo do serviço, onde resulta em uma rede mais eficiente, capaz de fornecer serviços de alta qualidade e atender a demanda dos usuários no envio das mensagens no intuito da comunicação.

É possível destacar que a comutação contribui com os canais de comunicação devido aos pontos pertencentes a tecnologia, já que favorecem de forma significativa para o funcionamento do sistema como todo, e sem uma otimização com as técnicas adequadas, poderiam surgir gargalos em seus fluxos a medida que os recursos fossem atribuídos.

A distribuição dos tipos de comutação favorece especificamente em diferentes situações de comunicação, visto que a comutação pode garantir uma banda

adequada para a transmissão de dados, permitindo que a comutação evolua e se adapte em determinados cenários, atendendo às necessidades da situação, seja por voz, dados, ou outros.

A comutação é essencial para entregar dados de forma eficiente até o destino final, minimizando as falhas na transmissão. A comutação poderá otimizar seus recursos a fim de ser mais eficiente em sua transmissão através da sua estrutura, usando suas técnicas e suas funcionalidades para contribuir com o funcionamento do sistema, onde o envio dos dados serão por meio de camadas adequadas, realizando uma distribuição confiável, sendo geralmente, a utilização eficiente da largura de banda, priorização do tráfego, minimização de latência, melhoria na escalabilidade e o aumento da confiabilidade para ter um resultado satisfatório na comunicação.

A comutação, assim como a tecnologia em geral, necessita de uma evolução, o artigo “An overview of routing methods in optical burst switching networks” demonstra isso, já que o mesmo busca uma evolução da comutação para adequar as ações práticas, propondo evoluções no quesito do desenvolvimento de algoritmo de roteamento mais eficiente e adaptável, explorando novos métodos e novas técnicas, buscando estudo de mecanismos de controle de qualidade, tolerância a falhas e demais relacionados. Desta forma, necessita-se de estudos futuros para indicar possíveis melhorias a respeito da comutação, no qual poderá ser relatado demais informações a respeito da sua estrutura, possibilitando o funcionamento em um padrão mais atualizado.

## 7 Referências

COMER, Douglas E. **Redes de Computadores e Internet**. 6ª Ed. Bookman, 2016.

**Comutação de Circuito e de Pacote**. Teleco, 2019. Disponível em: <[https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialvoipconv/pagina\\_3.asp/](https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialvoipconv/pagina_3.asp/)> Acesso em: 04 de jun. de 2023.

FOROUZAN, Behrouz A. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores**. 4ª Ed. Bookman, 2008.

HENRIQUES, Miguel Duarte. **Otimização do Processo de Comutação em**

**Redes de Transporte.** p. 101, 2013.

KLINKOWSKI, Miroslaw. e Col. **An overview of routing methods in optical burst switching networks.** p. 13, Janeiro de 2010

Kurose, Jim F & Ross, Keith W. **Redes de computadores e a internet uma abordagem top-down.** 6ª Ed. Pearson, 2014.

MACÊDO, Diego. **Comutação de Circuitos, Pacotes e Células.** DIEGOMACEDO, 2012. Disponível em: <<https://www.diegomacedo.com.br/comutacao-de-circuitos-pacotes-e-celulas/>>.

Último acesso em: 15 de jun. de 2023.

PAZ, Israel M. **ADVANCES IN OPTIMAL ROUTING THROUGH COMPUTER NETWORKS.** p. 21. Setembro de 1977.

SANTOS, Andre H O. **Redes de Comunicação de Dados | Comutação.** União Geek, 2016. Disponível em: <<https://www.uniaogeek.com.br/redes-de-comunicacao-de-dados-comutacao/>> .

Acesso em: 04 de jun. de 2023.

TANENBAUM, Andrew S. **Computer Networks.** 4ª Ed. Amsterdam: Editora Campus, 2002.

YIN, Ping. e Col. **Network optimization for unified packet and circuit switched networks.** p. 22, Maio de 2019.

## 8 Apêndice

### Apêndice A:

Pesquisa de Conteúdo para Produção do TCC - Keven Levi									
ID	Tipo	Título	Autores	Ano	Conteúdo desde	Crerios	Motivo	Como encontrei?	Observação
1	Tese/Artigo/Livro/PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	Otimização do Processo de Comutação em Redes de Transporte	Miguel Duarte Henriques	2013	Últimos 10 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação	Google	N/A
2	Slide/PDF em Geral	COMUTAÇÃO	Filipe Raulino	IDK	Não Identificado	Exclusão	Não possui data e é um slide com informações, servindo apenas como conteúdo referencial.	Google	Material utilizado como base de estudo para o projeto de pesquisa.
3	Site/Artigo	Voz sobre IP I: A Convergência de Dados e Voz	Glauca da Silva Ribeiro	2019	Últimos 5 anos	Não Definido	Conteúdo Referencial	Google	N/A
4	Site/Artigo	Redes de computadores/Comutação de circuitos e de pacotes	David Sudjiman	2017	Últimos 10 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação	Google	N/A
5	Slide/PDF em Geral	Comunicação de Dados e Redes de Computadores	José Ruela	2008/2009	Mais de 10 anos	Não Definido	Conteúdo Referencial	Google	N/A
6	Tese/Artigo/Livro/PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down	Jim Kurose & Keith W. Ross	2013	Últimos 10 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação	PDFDrive	N/A
7	Site/Artigo	Chaveamento em Redes de Computadores	José Mauricio Santos Pinheiro	2008	Mais de 10 anos	Exclusão	Conteúdo Referencial	Google	N/A
8	Tese/Artigo/Livro/PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	Network optimization for unified packet and circuit switched networks	Ping Yin1 · Steven Diamond2 · Bill Lin1 · Stephen Boyd3	2019	Últimos 5 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação	Google	N/A
9	Site/Artigo	computer-network-switching-modes	IDK	IDK	Não Identificado	Exclusão	Conteúdo Referencial	Google	N/A
10	Slide/PDF em Geral	Subject: Computer networks Topic: Switching	USNA THOMAS	2020	Últimos 5 anos	Exclusão	Serve apenas como conteúdo referencial.	Google	N/A
11	Tese/Artigo/Livro/PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	Optical Burst Switched Networks	Jason P. Jue Vinod M. Vokkarane	IDK	Não Identificado	Exclusão	Serve apenas como conteúdo referencial.	Google	N/A
12	Slide/PDF em Geral	Redes de Computadores	Antonio Carlos Souza	IDK	Não Identificado	Exclusão	Serve apenas como conteúdo referencial.	Google Scholar	N/A
13	Tese/Artigo/Livro/PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	Redes De Computadores 4aEd	TANENBAUM, Andrew S	2002	Mais de 10 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação	Google	N/A
14	Tese/Artigo/Livro/PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	Comunicação de Dados e Redes De Computadores - Quarta Edição	Behrouz A. Forouzan	2008/2010	Mais de 10 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação	Google	N/A
15	Tese/Artigo/Livro/PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	Redes de Computadores e Internet - 6a Edição	Dougla E. Comer	2016	Últimos 10 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação	Google Scholar	2016 a publicação da versão traduzida

16	Tese/Artigo/Livro/ PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	Redes de Computadores Uma Abordagem TOP- DOWN	Forouzan & Mosharraf	2013	Últimos 10 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação	Google Scholar	2013 a publicação da versão traduzida
17	Tese/Artigo/Livro/ PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	Redes de Computadores	Julio Ross	2008	Mais de 10 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação		N/A
18	Tese/Artigo/Livro/ PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	Redes de Computadores e a Internet	Evandro Cantú	2009	Mais de 10 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação	Google Scholar	N/A
19	Tese/Artigo/Livro/ PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	UM PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE REDES ETHERNET COMUTADA – BASEADA EM UMA METRICA DE QUALIDADE DE CONTROLE	Alirio Sá, Raimundo Macedo, Tito Luis Maia Santo, Ubirajara Franco Moreno	IDK	Não Identificado	Exclusão	Conteúdo Referencial	Google Scholar	N/A
20	Slide/PDF em Geral	Circuit Switching and PacketSwitching	Dr Steve Gordon	IDK	Não Identificado	Exclusão	Conteúdo Referencial	Academia.Edu	N/A
21	Slide/PDF em Geral	Redes de Comunicação de Dados   Comutação	ANDRE H O SANTOS	2016	Últimos 10 anos	Exclusão	Conteúdo Referencial	Google/Bing	Material utilizado como base de estudo para o projeto de pesquisa.
22	Slide/PDF em Geral	REDES DE COMPUTADORES UNIDADE 3 – Transmissão e Codificação de Dados (Aula 6 – Comutação e Meios Físicos)	Ivan Nunes da Silva	IDK	Não Identificado	Exclusão	Conteúdo Referencial	Bing	N/A
23	Site/Artigo	Comutação de Circuitos, Pacotes e Células	Diego Macêdo	2012	Mais de 10 anos	Exclusão	Conteúdo Referencial	Google	Material utilizado como base de estudo para o projeto de pesquisa.
24	Tese/Artigo/Livro/ PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	Redes de Computadores - Uma Abordagem de Sistemas	Larry L. Peterson e Bruce S. Davie	2013	Últimos 10 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação	Scribd	N/A
25	Slide/PDF em Geral	Redes de Computadores	Nelson Fonseca	IDK	Não Identificado	Exclusão	Conteúdo Referencial	Bing	N/A
26	Slide/PDF em Geral	1º Semestre 2004Capítulo 6 Comutação por Pacote	Indica-se:Prof. Motoyama	2004	Mais de 10 anos	Exclusão	Conteúdo Referencial	Scribd	N/A
27	Slide/PDF em Geral	Aula 11 Comutação de pacotes	Prof. Dr. S. Motoyama	IDK	Não Identificado	Exclusão	Conteúdo Referencial	DOCPLOYER	N/A
28	Slide/PDF em Geral	CAPÍTULO II COMUTAÇÃO TELEFÔNICA	IDK	IDK	Não Identificado	Exclusão	Conteúdo Referencial	Scribd	N/A
29	Tese/Artigo/Livro/ PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	Comutação e Transmissão I	Jair José da Silva	2016	Últimos 10 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação	Scribd	Apostila
30	Site/Artigo	Comutação de Circuito e de Pacote	IDK	2019	Últimos 10 anos	Exclusão	Conteúdo Referencial	Google	N/A
31	Tese/Artigo/Livro/ PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	An overview of routing methods in optical burst switching networks	Mirosław Klinkowski,*, João Pedro, Davide Careglio, Michal Pióroe, João Pires, Paulo Monteiro, Josep Solé-Pareta	2010	Mais de 10 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação	Google Scholar	N/A

32	Tese/Artigo/Livro/ PDF/Estudo de Caso e demais relacionados	ADVANCES IN OPTIMAL ROUTING THROUGH COMPUTER NETWORKS	PAZ, Israel M	1977	Mais de 20 anos	Inclusão	Livro/Artigo/Tese sobre otimização e/ou Comutação	-	N/A
----	--	---	---------------	------	--------------------	----------	---	---	-----

Apêndice A, referente a planilha de anexo dos conteúdos pesquisados para o estudo. A planilha possui colunas que especificam ano da obra, autores, indicativo de conteúdo, critério de seleção, plataformas de busca, observações, além da identificação para cada conteúdo registrado. A utilização dos conteúdos para critérios de inclusão foi firmada durante a execução da pesquisa, visto que foram verificados durante o contexto aplicados. A classificação para os critérios foi apenas indicativa.