

Métodos de Ensino e Aprendizagem em Redes de Computadores – uma Revisão Sistemática da Literatura

Robert Kauan Barros de Aguiar, IFMA/Campus São João dos Patos,
robertb@acad.ifma.edu.br - <https://orcid.org/0009-0006-1954-1001>

Thiago Reis da Silva, IFMA/Campus São João dos Patos, thiago.reis@ifma.edu.br,
<https://orcid.org/0000-0003-4206-6801>

Rommel Vladimir de Lima, UERN, rommelwladimir@uern.br, <https://orcid.org/0000-0002-0309-6322>

Diego Grossmann, IFMA – Campus São João dos Patos, diego.grossmann@ifma.edu.br,
<https://orcid.org/0000-0003-1088-7867>

Bruno Vicente Alves de Lima, IFMA, Campus Coelho Neto,
brunovicente.lima@ifma.edu.br, <https://orcid.org/0000-0003-3404-5859>

Franklyn Brito Mourao de Oliveira, IFMA/Campus São João dos Patos,
franklyn.oliveira@ifma.edu.br – <https://orcid.org/0009-0005-5254-5760>

Resumo: Introdução: O ensino de Redes de Computadores (RC) enfrenta dificuldades em integrar teoria e prática, exigindo métodos didáticos variados. **Objetivos:** Analisar métodos educacionais para RC, como jogos, simuladores e laboratórios virtuais, além dos desafios enfrentados pelos alunos. **Método:** Foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com 144 estudos selecionados de um total de 383. **Resultados:** Cisco Packet Tracer e GNS3 destacaram-se entre as ferramentas utilizadas. Jogos educacionais e metodologias ativas demonstraram ganhos na aprendizagem. Os principais desafios foram a complexidade dos conceitos e a limitação de infraestrutura. **Conclusão:** Os métodos analisados contribuem para o aprendizado em RC, mas persistem lacunas, como acessibilidade e aplicação de Inteligência Artificial, indicando a necessidade de novas investigações.

Keywords: Métodos, Redes de Computadores, Revisão Sistemática da Literatura.

Teaching and Learning Methods in Computer Networks – A Systematic Literature Review

Abstract. Introduction: The teaching of Computer Networks (CN) faces difficulties in integrating theory and practice, requiring varied didactic methods. **Objectives:** To analyze educational methods for CN, such as games, simulators, and virtual labs, as well as the challenges faced by students. **Method:** A Systematic Literature Review (SLR) was conducted, with 144 studies selected out of 383. **Results:** Cisco Packet Tracer and GNS3 stood out among the tools used. Educational games and active methodologies demonstrated learning gains. The main challenges were the complexity of concepts and infrastructure limitations. **Conclusion:** The analyzed methods contribute to learning in CN, but gaps persist, such as accessibility and the application of Artificial Intelligence, indicating the need for further research.

Keywords: Methods, Computer Networks, Systematic Literature Review.

1. Introdução

As Redes de Computadores (RC) constituem um componente curricular essencial nos cursos de Computação, fornecendo a base teórica para a compreensão da comunicação entre sistemas e dispositivos. Esse componente envolve conteúdos complexos que

demandam raciocínio lógico e a capacidade de lidar com distintos níveis de abstração por parte dos estudantes.

Estudos apontam que o ensino de RC, por seu caráter técnico, exige equilíbrio entre teoria e prática, o que nem sempre é simples. Aulas apenas expositivas limitam a compreensão conceitual, enquanto foco exclusivo na prática pode comprometer o entendimento dos fundamentos (Reddy *et al.*, 2020). Além disso, atividades práticas enfrentam obstáculos logísticos, como demanda por equipamentos, riscos de danos, acesso restrito e tempo limitado em laboratórios (Prvan e Ožegović, 2020).

Diante desse cenário, diversas abordagens têm sido exploradas para melhorar o ensino de Redes de Computadores, como simuladores, laboratórios virtuais, emuladores, jogos e metodologias híbridas. Essas estratégias visam integrar teoria e prática, promovendo a aprendizagem e o raciocínio. Segundo Prvan e Ožegović (2020), é essencial que o ensino desenvolva habilidades práticas sem negligenciar os conceitos teóricos, como sub-redes, firewalls e protocolos.

Apesar do crescente volume de estudos sobre o tema, ainda não há uma sistematização consolidada dos métodos existentes que permita identificar quais métodos têm sido mais utilizados, em quais contextos são aplicados, quais desafios enfrentam e que resultados educacionais proporcionam. Nesse contexto, a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre métodos para o ensino RC justifica-se como uma contribuição para a área.

Este artigo visa identificar, classificar e analisar os métodos de ensino de RC descritos na literatura. Para isso, são propostas questões de pesquisa sobre estratégias, recursos tecnológicos e desafios enfrentados pelos alunos. Espera-se que os resultados da RSL auxiliem educadores na escolha de metodologias e indiquem lacunas para futuras pesquisas.

2. Metodologia

Adotou-se a abordagem de uma RSL proposta por Kitchenham *et al.* (2009), que orienta a identificação, avaliação e interpretação de evidências científicas. O processo envolveu: formulação das questões de pesquisa, definição dos termos de busca, critérios de inclusão/exclusão, revisão dos estudos e análise dos resultados. Esta RSL busca responder às Questões de Pesquisa (QP) descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Questões de Pesquisa.

QPs	Descrição
QP1	Quais os métodos (jogos, ferramentas, simulações, laboratórios virtuais, metodologias e outras) estão sendo propostas para o ensino de Redes de Computadores? E para quais níveis de ensino?
QP2	Que conteúdos estão sendo abordados nos estudos?
QP3	Quais os desafios que os alunos enfrentam ao aprender os conceitos teóricos/abstratos de RC?

2.1. Processo de busca e *String* de Pesquisa

A seleção dos estudos primários ocorreu em duas etapas. A primeira foi uma busca manual em anais e periódicos relevantes. A segunda consistiu em uma busca automatizada no Google Scholar, escolhido por sua ampla indexação de artigos e repositórios como IEEE e Scopus. Essa abordagem permitiu uma cobertura abrangente. Para essa fase, elaborou-se a seguinte *string* de busca:

("computer networks" OR "networking education" OR "network courses" OR "network teaching" OR "network learning") AND ("teaching" OR "learning" OR "education" OR "instruction" OR "training" OR "pedagogy" OR "didactic" OR "curriculum") AND ("simulation" OR "simulator" OR "emulation" OR "game-based learning" OR "gamification" OR "game" OR "project-based learning" OR "virtual lab" OR "augmented reality" OR "flipped classroom" OR "active learning" OR "methodology" OR "problem solving")

2.2. Processo de busca e critérios de Inclusão e Exclusão

A seleção dos trabalhos seguiu quatro etapas: (1) análise de títulos, resumos e palavras-chave; (2) leitura das introduções e conclusões; (3) leitura completa dos artigos; e (4) inclusão e extração dos dados. Na primeira etapa, os artigos foram avaliados preliminarmente e catalogados para reavaliação conforme os Critérios de Inclusão (CI) e Exclusão (CE) definidos (Tabela 2). Na segunda, as introduções e conclusões dos artigos pré-selecionados foram lidas para nova classificação. A terceira etapa envolveu a leitura integral dos textos restantes, com reaplicação dos critérios. Por fim, na quarta etapa, os estudos que atenderam a todos os requisitos foram incluídos para análise final. A Tabela 3 apresenta a quantidade de artigos em cada etapa do processo.

Tabela 2: Critérios de Inclusão e exclusão.

Critérios de Inclusão (CI)	Critérios de Exclusão (CE)
CI1: Estudos que relataram o uso de diversas abordagens no ensino e aprendizagem de Redes de Computadores para os alunos de todos os níveis de ensino, escritos em inglês e português; CI2: Estudos que apresentam dificuldades e/ou problemas que têm sido enfrentados em Redes de Computadores com a utilização das abordagens educacionais sob a perspectiva de ensino e aprendizagem; CI3: Publicações entre 2020 a 2024.	CE1: Documentos que estão disponíveis na forma apresentações, estudos secundários (ou seja, revisões sistemáticas da literatura e mapeamentos sistemáticos) e terciários; CE2: Artigos com menos de 4 páginas (artigos resumidos); CE3: Artigos que não esteja disponível para acesso gratuitamente nas bases de dados; e CE4: Artigos duplicados.

3. Resultados e Discussões

Esta seção apresenta uma síntese dos principais resultados obtidos neste estudo. A subseção 3.1 traz os dados quantitativos da pesquisa, a 3.2 responde às questões de pesquisa propostas e a 3.3 apresenta os trabalhos relacionados que dialogam com esta revisão.

3.1. Números da Pesquisa

A busca inicial identificou 383 estudos. Após aplicação dos Critérios de Inclusão (CI) e Exclusão (CE), restaram 303 artigos na segunda etapa, 200 na terceira e 144 na etapa final, todos em conformidade com os critérios. Do total, 56 foram obtidos por busca manual e 88 por meio da string de busca. Os estudos foram catalogados com metadados relevantes, como título, fonte e ano. A Tabela 3 apresenta a distribuição por fonte e etapa do processo de seleção da RSL. Os estudos incluídos nesta RSL podem ser acessados por meio

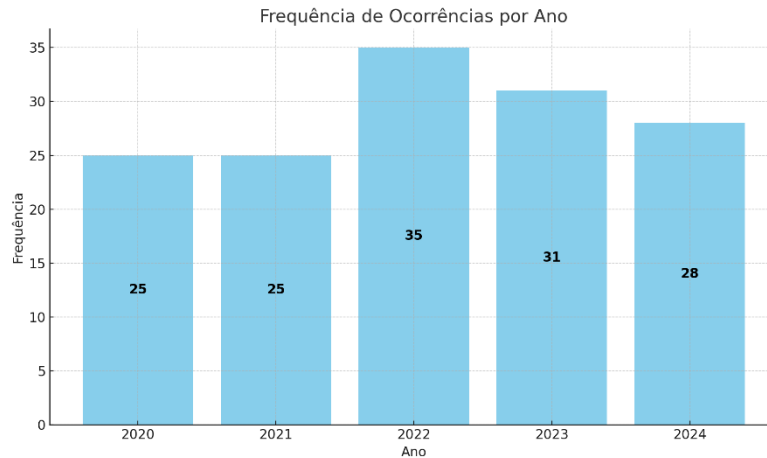
do link: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/14dCzxksK5ZJb9Bs4nC564D1rO5m0qW2NGuV0RZHxdc/edit?usp=Sharing>. Nessa planilha, foram especificados um identificador (ID) para cada artigo, utilizado para distingui-los durante as discussões, bem

como o título do artigo, os autores, o ano de publicação e a conferência ou periódico em que foi publicado. O ID foi definido com a letra “E” (de “estudo”), seguido de um numeral arábico, sequenciando os artigos conforme sua ordem de aparição nos resultados da pesquisa — por exemplo, E1 refere-se ao primeiro artigo identificado.

Tabela 3: Resultado do processo de busca.

Busca	Conferências/Periódicos/String de Busca	Etapas			
		1 ^a	2	3 ^a	4 ^a
Busca Manual - Conferências	Computer and Beach (COTB)	10	6	4	1
	Congresso sobre Tecnologias na Educação (CTRL+E)	7	5	3	1
	Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)	25	15	6	4
	Workshop de Informática na Escola (WIE)	27	13	8	4
	Workshop de Educação em Computação (WEI)	21			2
	Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGAMES)	15	10	6	2
	Escola Regional de Redes de Computadores (ERRC)	5	2	0	0
	Simpósio Brasileiro de Educação em Computação (EduComp)	9	6	4	2
	<i>Frontiers in Education</i> (FIE)	25	17	8	6
	<i>International Conference on Advanced Learning Technologies</i> (ICALT)	8	3	0	0
	<i>Innovation and Technology in Computer Science Education</i> (ITiCSE)	29	19	17	7
	<i>Symposium on Computer Science Education</i> (SIGCSE)	6	2	0	0
	<i>IEEE Computer and Communications Societies</i> (INFOCOM)	8	0	0	0
	<i>IEEE Global Engineering Education Conference</i> (EDUCON)	42	36	29	20
Busca Manual - Revistas	Revista Brasileiro de Informática na Educação (RBIE)	3	1	0	0
	Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)	11	3	2	1
	IEEE RITA	16	8	4	3
	<i>IEEE Transactions on Education</i>	8	4	2	2
	<i>IEEE/ACM Transactions on Networking</i>	17	3	1	1
	Informática na Educação: Teoria e Prática (IETP)	2	0	0	0
Busca automática	String de Busca	220	182	112	88
TOTAL DE ARTIGOS INCLUÍDOS					144

Conforme o Gráfico 1, as publicações estão relativamente distribuídas ao longo dos anos. O destaque foi 2022, com 35 estudos (20,35%), seguido por 2023 com 31 (17,96%) e 2024 com 28 (16,28%). Os menores índices foram em 2020 e 2021, com 25 publicações cada (14,53%).

Gráfico 1: Classificação dos artigos por ano.

Fonte: Autoria Própria (2025).

3.2. Respostas às Questões de Pesquisa

QP1: *Quais os métodos (jogos, ferramentas, simulações, laboratórios virtuais, objetos de aprendizagem, softwares, metodologias e outras) estão sendo propostos para o ensino de Redes de Computadores? E para quais níveis de ensino?*

Para organizar os estudos, os artigos foram classificados em quatro categorias: uso de ferramentas de software, jogos, metodologias e outras estratégias de ensino em RC, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Métodos propostos nos estudos.

Classificação	Métodos	Estudos
Ensino de RC com Ferramentas de Software	Simuladores	Packet Tracer [E1, E7, E17, E18, E22, E23, E26, E30, E31, E34, E35, E45, E53, E82, E83, E84, E85, E90, E91, E94, E98, E99, E100, E101, E102, E103, E104, E105, E106, E107, E108, E109, E110, E111, E112, E113, E114, E115, E116, E117, E118, E119, E120, E125, E126, E128, E132, E133, E135]
		Outros: OMNeT++ [E30, E49, E91, E93, E127], NS3 [E30, E83, E91, E133], OPNET [E23, E91], RIPSsim [E121], OptSim [E127], PNetLab [E31], NS2 [E30], Vilanets [E142]
	Emuladores	GNS-3 [E23, E31, E44, E49, E83, E91, E126, E136]
		EVE-NG [E31, E77, E95, E135]
	Laboratórios Virtuais	Outros: eNSP [E41], Mininet [E96] e Klonet [E88], Boson NetSim [E126]
		VMWare [E19, E52, E86]; VirtualBox [E86, E130], Docker [E79, E97], NETinVM [E137], Citylab [E141], E143, E144.
	Outras Ferramentas	E2, E10, E12, E20, E25, E48, E143
		Wireshark [E7, E53, E85], ISAGE [E138], CryptoScratch [E37], Cyber-Softbook [E39],

		RECONe [E89], Delite e Brite [E133], Zabbix [E51] e Net2Plan [E127]
Ensino de RC Baseado em Jogos	Digitais	E4, E13, E32, E54, E55, E57, E58, E59, E60, E61, E62, E64, E65, E66, E67, E68, E71, E72, E73, E74, E75 e E76
	Não Digitais	E56, E63, E69, E70
Ensino de RC Utilizando Metodologias		Gamificação [E5, E9, E14, E24, E42, E123, E129]; Aulas Invertidas [E8, E27, E131]; Computação Desplugada [E16, E28, E36, E81]; Realidade Virtual [E43] e Aumentada [E46 e E47]; Aprendizagem Baseada em Projetos [E15], Metodologias Ativas [E131]
Ensino de RC com Outras Estratégias		Desafios em <i>Capture the Flag</i> (CTF) [E21, E124], CTF e implementações com Raspberry Pi Asterisk [E122], Uso de Robótica Educacional com Arduino [E6, E40] e Raspberry Pi [E88], Análises de Desempenho [E3], Inteligência Artificial [E9, E38], IoT [E87], <i>Machine Learning</i> [E80], Videoaulas [E29], Animações e visualizações [E11], MOOCs [E92, E140], Roteiro didático [E50], <i>Autonomous Training Resources</i> (ATRs) [E139], testbed [E33]

1 - Ensino de RC com Ferramentas de Software. Neste estudo, ferramentas de software referem-se a programas voltados a tarefas educacionais ou ao desenvolvimento de habilidades específicas, incluindo simuladores, emuladores, virtualização, contêineres, laboratórios virtuais e outras ferramentas.

Os **Simuladores**, que reproduzem redes em ambientes controlados, permitem testar configurações e protocolos sem hardware físico, sendo a abordagem mais comum nos estudos. O Cisco Packet Tracer foi o mais utilizado, destacando-se no estudo [E122] por facilitar o aprendizado e oferecer um ambiente seguro, especialmente útil em instituições com laboratórios obsoletos. NS-2 e NS-3 também foram citados, com ênfase no NS-3 no estudo [E134], que ressalta sua eficácia no ensino de RC por meio de simulações e observação em tempo real.

O OPNET foi utilizado em atividades laboratoriais para simulação de redes, testes de configurações e análise de desempenho [E23]. O OMNeT++, framework modular para RC e sistemas distribuídos, também foi citado [E23, E91]. Além disso, alguns estudos relataram o desenvolvimento de simuladores próprios, como o RIPSIM, voltado ao protocolo RIP [E121], e o OptSim, para redes ópticas [E127].

A pesquisa identificou diversos estudos sobre **Emuladores**, que replicam o funcionamento de equipamentos reais em ambientes virtuais (Teguh e Ahmad, 2024), permitindo simular topologias sem laboratórios físicos. O GNS3 foi o mais utilizado, ao executar imagens reais de sistemas operacionais de roteadores e proporcionar prática em redes virtuais. Outros emuladores citados incluem EVE-NG [E77], que permite criar e testar topologias remotamente, eNSP (equipamentos Huawei) [E141], Mininet [E96] e Klonet voltados para Redes Definidas por Software (SDN) [E88]. Demais emuladores estão listados na Tabela 4.

Laboratórios Virtuais, ambientes digitais que simulam práticas de laboratório físico (Santos *et al.*, 2020), foram destacados em diversos estudos. Em [E48], seu uso ajudou a superar a falta de prática experimental e o acesso limitado ao hardware. O estudo [E143] reforça sua importância diante da obsolescência dos equipamentos disponíveis em muitas instituições, devido aos altos custos de atualização e manutenção.

Ferramentas de virtualização e contêineres, como VMWare, VirtualBox e Docker, proporcionam flexibilidade de aprendizado em qualquer lugar e horário [E52, E86], além de reduzirem custos com manutenção e monitoramento.

Diversas **Ferramentas** foram empregadas no estudo. Entre as de análise de redes, destacam-se o Wireshark [E7, E53, E85], para captura e inspeção de tráfego, e o Delite [E133], voltado à modelagem. Como geradores de topologia, foram citados o BRITE, para simulações personalizadas, e o Net2Plan, focado em planejamento e otimização [E127]. Também foram desenvolvidas ferramentas customizadas, como o CryptoScratch (criptografia) [E37], Cyber-Softbook (segurança cibernética) [E39] e RECONe (plataforma educacional) [E89].

Apesar de aumentarem a motivação e facilitarem a compreensão teórica, essas ferramentas não substituem totalmente os equipamentos reais, devendo ser utilizadas como complemento ao processo de ensino e aprendizagem.

2 - Ensino de RC Baseado em Jogos: Os estudos mostram o uso de jogos no ensino de RC, principalmente digitais, devido à interatividade que proporcionam. Alguns trabalhos, como [E70], exploraram jogos não digitais, utilizando tabuleiros para simular cenários de segurança cibernética, nos quais os participantes atuam como atacantes ou defensores em uma organização fictícia.

A aprendizagem baseada em jogos é uma estratégia eficaz [E55], tornando o ambiente educacional mais dinâmico e estimulando o engajamento [E60], a motivação [E62], a criatividade e a concentração [E54]. No estudo [E55], um jogo sério digital combinou realidade aumentada e ambiente 3D, desafiando alunos a resolverem tarefas colaborativas sobre protocolos como TCP, UDP, endereçamento IP e roteamento.

Dos jogos analisados, 15 foram classificados como Jogos Sérios [E2, E7], cujo objetivo principal, segundo Stals *et al.* (2025), é promover a aprendizagem e o desenvolvimento de competências, e não o entretenimento.

3 – Ensino de RC Utilizando Metodologias: Na categoria Metodologias, a Gamificação se destacou. O estudo [E8] aplicou estratégias gamificadas no ensino de firewalls e VLANs, com efeitos positivos na motivação, retenção de conhecimento e autonomia dos alunos. A abordagem transformou conteúdos em experiências interativas, promovendo engajamento. Outras metodologias identificadas incluíram sala de aula invertida [E8, E27, E131], computação desplugada [E16, E28, E36, E81], realidade virtual [E43] e aumentada [E46 e E47], além de metodologias ativas [E131], todas com contribuições relevantes para o ensino de RC.

4 – Ensino de RC com Outras Estratégias: Diversas estratégias adicionais foram identificadas. O estudo [E9] abordou o uso de Inteligência Artificial, enquanto [E122] e [E124] exploraram Asterisk/VOIP e desafios CTF. Aplicações em IoT foram tratadas em [E87], e técnicas de Machine Learning para redes em [E80]. CTF e Raspberry Pi foram temas de [E21] e [E88], respectivamente. No campo da robótica educacional, destacam-se [E6] (ESP8266-01 e Arduino) e [E40] (Arduino ESP32). [E3] utilizou o Google Colab para análise de desempenho, e [E29] integrou vídeos do YouTube como apoio didático. [E11] aplicou animações para ensinar cibersegurança a estudantes do ensino médio, e [E50] propôs roteiros inclusivos com Braille e comunicação alternativa. Já [E92] avaliou MOOCs em modelos híbridos, com bons resultados acadêmicos e de aceitação. Detalhes adicionais estão na Tabela 4.

A maioria dos estudos analisados foi voltada ao Ensino Superior (97 estudos, 65%). O Ensino Médio/Técnico e o Médio concentraram 12 (8%) e 6 (5%) trabalhos,

respectivamente. O Ensino Fundamental contou com 2 estudos (1,5%), enquanto 5 (4%) abordaram os níveis Fundamental e Médio. A Pós-Graduação (Mestrado) apareceu em 4 estudos (3%). Também foram identificados 2 estudos (1,5%) para profissionais da área, 1 para formação de professores (1%) e 12 (11%) com aplicação em qualquer nível de ensino.

QP2: Que Conteúdos Estão Sendo Abordados nos Estudos?

A análise dos estudos mostra diversidade de conteúdos, com destaque para os fundamentos teóricos, especialmente os modelos OSI e TCP/IP [E1, E6, E24, E29, E54, E83, E111], abordados em suas camadas, funções e comparações. Esses modelos são frequentemente associados a arquiteturas de rede, que incluem desde dispositivos físicos, como roteadores e switches [E45, E56, E98, E133], até aspectos lógicos, como protocolos Ethernet, redes sem fio e meios de transmissão [E108, E113, E127]. Essa base teórica é essencial para o estudo de tópicos avançados

No âmbito dos protocolos e do funcionamento das redes, há uma predominância de pesquisas sobre protocolos de transporte, como TCP e UDP [E4, E27, E57, E73, E93], com foco em mecanismos de controle de congestionamento e segmentação. Igualmente relevantes são os protocolos de roteamento dinâmico e estático, como RIP, OSPF e BGP [E2, E18, E33, E53, E120, E121, E126], essenciais para entender o tráfego de dados em redes de diversas escalas. Protocolos de aplicação, como HTTP, DNS e DHCP [E7, E40, E64, E94, E122, E128], também são discutidos devido ao seu papel crítico em serviços cotidianos, desde o acesso à internet até comunicações por voz sobre IP (VoIP).

A configuração e o gerenciamento de redes são temas recorrentes, com foco em endereçamento IP, subnetting, VLANs [E23, E35, E109, E114, E119, E135] e no projeto de topologias [E22, E30, E62, E82, E105]. Ferramentas como o Cisco Packet Tracer [E77, E85, E102, E110, E112, E113] auxiliam na visualização de conceitos e na resolução de problemas. No estudo [E113], o simulador é usado para abordar classes de IP, máscaras, tipos de cabos, configuração de dispositivos e testes via CLI. A pesquisa mostra que a simulação facilita a aplicação prática da teoria.

A segurança é um dos temas mais abordados, com estudos sobre firewalls, IDS/IPS e VPNs [E8, E81, E100, E10]. Também são discutidos ataques como DDoS, phishing e spoofing [E9, E10, E59, E65, E129], evidenciando a preocupação com ameaças digitais. A criptografia é tratada por meio de algoritmos como AES e RSA e técnicas como assinaturas digitais e PGP [E16, E28, E36, E37, E50], destacando sua relevância na proteção de dados.

Tecnologias emergentes, como Internet das Coisas (IoT) [E5, E87, E103, E115], Redes Definidas por Software (SDN) [E7, E89, E96] e virtualização de funções de rede (NFV), são exploradas em menor escala, mas com interesse crescente, especialmente em arquiteturas de IoT focados em RC. Nota-se, contudo, lacunas em temas como inteligência artificial aplicada a redes e acessibilidade [E50], que demandam pesquisas adicionais.

Outros tópicos, como gerenciamento de redes — incluindo operação de NOCs [E41], monitoramento baseado em FCAPS [E51] e garantia de QoS [E117] — e serviços de rede, como balanceamento de carga e NAT [E126, E128], são menos frequentes. A integração com *cloud computing* também recebe atenção limitada nos estudos analisados.

Pesquisas também evidenciam a integração de redes com outras disciplinas, como programação. O estudo [E37] combina RC com algoritmos criptográficos em Scratch, enquanto o [E5] desenvolve um chat em Python usando sockets e threads.

A análise revela equilíbrio entre fundamentos teóricos e práticos, com destaque para segurança, modelos OSI/TCP-IP e protocolos. Contudo, temas como IA, computação em nuvem e acessibilidade em RC ainda são pouco explorados, indicando oportunidades para futuras pesquisas.

QP3: Quais os desafios que os alunos enfrentam ao aprender os conceitos teóricos/abstratos de RC?

Alunos enfrentam dificuldades na aprendizagem de RC, especialmente em temas como protocolos, roteamento e arquiteturas de rede [E99, E100, E114], que se tornam abstratos sem vínculo prático. Aulas expositivas isoladas dificultam a visualização desses conteúdos [E77, E115], e tópicos como criptografia, VLANs e TCP/IP exigem recursos visuais ou práticos muitas vezes ausentes no ensino tradicional [E16, E28, E110].

A falta de experiência com equipamentos reais, somada à limitação de infraestrutura física, é um desafio recorrente [E19, E26, E109]. Na pandemia, a dependência de simuladores como o Packet Tracer evidenciou dificuldades na configuração de dispositivos e na visualização de conexões [E2, E30, E86]. Estudos como [E33] e [E44] reforçam que simuladores simples não substituem plenamente as práticas laboratoriais.

A desconexão entre teoria e prática é um obstáculo recorrente [E18, E78, E112]. Estudos como [E4] e [E45] mostram que conceitos complexos, como janelas de congestionamento e IPSec, exigem experimentação. A baixa motivação em ambientes remotos [E7, E25], a curva de aprendizado das ferramentas [E83, E93] e a dependência do professor [E6, E82] agravam essas dificuldades.

Integrar conhecimentos multidisciplinares, como programação e segurança, é um desafio [E6, E79, E88]. A abstração dos protocolos e o uso de jargões dificultam a compreensão [E38, E46], enquanto o uso intensivo de laboratórios virtuais pode gerar ansiedade nos discentes [E97]. A diversidade de experiências prévias entre os alunos [E14, E38] exige abordagens pedagógicas adaptadas.

Limitações metodológicas e de recursos afetam o aprendizado, como materiais desatualizados [E92], falta de laboratórios [E34] e dificuldades com simuladores avançados (NS3, OMNeT++) [E83, E93]. Ferramentas como o Packet Tracer ajudam a tornar conceitos abstratos mais acessíveis [E105, E111], mas sua eficácia depende de um bom design pedagógico e feedback contínuo [E61, E74], para evitar o desengajamento dos alunos.

3.3. Trabalhos Relacionados

Prvan e Ožegović (2020) classificaram métodos de ensino em RC nas categorias de visualização, virtualização, aprendizagem ativa e laboratórios práticos, mas sem delimitação temporal ou análise de abordagens híbridas. Campanile *et al.* (2020) concentraram-se no uso do NS-3 para simulações, com foco em desempenho e roteamento, sem abordar os desafios enfrentados pelos estudantes. Já Asadi *et al.* (2024) investigaram a aprendizagem baseada em simulação, apontando o Cisco Packet Tracer como ferramenta predominante, mas limitaram-se à Scopus. Este estudo se diferencia ao ampliar a análise metodológica, considerando o período de 2020 a 2024, diversas fontes (conferências, periódicos e repositórios digitais) e ao explorar lacunas pouco discutidas, como acessibilidade e uso de Inteligência Artificial no ensino de RC. Além disso, incorpora a análise dos desafios enfrentados pelos alunos, oferecendo uma visão mais abrangente e atualizada do cenário educacional da área.

4. Considerações Finais e Perspectivas de Trabalhos Futuros

O estudo identificou diversos métodos para o ensino de RC, com destaque para o uso do Packet Tracer, GNS3, jogos educacionais e laboratórios virtuais. Tais abordagens contribuem para a motivação e compreensão dos alunos, embora persistam desafios, como a integração entre teoria e prática e a limitação de infraestrutura. A análise também revelou lacunas, especialmente na inclusão, com apenas um estudo [E50] abordando adaptações para pessoas com deficiência, como uso de Braille e comunicação alternativa.

A aplicação da IA no ensino de RC ainda é pouco explorada, diferentemente de áreas como programação, onde já é usada para personalização da aprendizagem (Silva *et al.*, 2024). Futuras pesquisas podem investigar seu uso em simulações, feedback automatizado e análise em tempo real. Também é necessário ampliar estudos sobre tecnologias como *cloud computing* e promover a acessibilidade, com ferramentas inclusivas e metodologias adaptadas. A integração de abordagens como gamificação e realidade aumentada merece atenção para criação de experiências mais imersivas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) pelo apoio institucional, em especial: ao Edital PRPGI nº 18/2024 – PIBIC Ensino Superior 2024/2025, pela concessão da bolsa de pesquisa ao primeiro autor; ao Edital PRPGI nº 138/2024 – Apoio a Grupos de Pesquisa, pelo suporte financeiro à realização desta pesquisa; e ao campus São João dos Patos, pela infraestrutura disponibilizada durante o desenvolvimento do trabalho.

Referências

- ASADI, S.; ALLISON, J.; IRANMANESH, M.; FATHI, M.; SAFAEI, M.; SAEED, F. Determinants of intention to use simulation-based learning in computers and networking courses: An ISM and MICMAC analysis. In: IEEE transactions on engineering management, 2024.
- KITCHENHAM, B.; BRERETON, P.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; BAILEY, J.; LINKMAN, S. Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. In: Information and Software Technology, v.51, p.7 -15, 2009.
- PRVAN, M.; OŽEGOVIĆ, J. Methods in teaching computer networks: a literature review. In: ACM Transactions on Computing Education (TOCE), 20(3), 1-35, 2020.
- REDDY, P. S.; AKRAM, P. S.; RAMANA, T. V.; RAM, P. A. S.; RAJ, R. P.; SHARMA, M. A. Configuration of firewalls in educational organisation LAB setup by using cisco packet tracer. In: IEEE International Symposium on Sustainable Energy, Signal Processing and Cyber Security (iSSSC) (pp. 1-6), 2020.
- SANTOS, A. E. D.; SILVA, T. R.; SANTOS, F. G.; ALMEIDA, F. F.; VALÉRIO, J. R.; ARANHA, E. H. SILVA. Ensino de redes de computadores mediado por tecnologias educacionais: um mapeamento sistemático da literatura. In: Revista Novas Tecnologias na Educação, 18(1), 2020.
- SILVEIRA JÚNIOR, G.; MEDINA, R. D.; LIMA, P. R. B. D.; ROCHA MAZZUCO, A. E. Mapeamento Sistemático sobre o desenvolvimento e a utilização de Jogos e Simuladores no ensino de Redes de Computadores. In: Revista Novas Tecnologias na Educação, 17(3), 152-162, 2019.
- STALS, S.; BAILLIE, L.; FERGUSON, J. I.; ABBOTT, D.; MAAREK, M.; SHAH, R.; LOUCHART, S. Evaluating serious slow game jams as a mechanism for co-designing

serious games to improve understanding of cybersecurity. ACM Games: Research and Practice, 2025.

TEGUH, A. M.; AHMAD, T. Towards Optimal Learning: A Study on the Integration of EVE-NG Virtual Lab for Improved Computer Networking Education in Secondary Schools. In: IEEE Second International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ICETITE) (pp. 1-6), 2024.

SILVA, T. L. D.; VIDOTTO, K. N. S.; TAROUÇO, L. M. R.; SILVA, P. F. D. Inteligência artificial generativa no ensino de programação: um mapeamento sistemático da literatura. RENOTE: Novas Tecnologias na Educação. 22(1), p. 262-272, 2024.