



# LABORATÓRIOS VIRTUAIS DE APRENDIZADO PARA O ENSINO DE REDES DE COMPUTADORES: UM ESTUDO SISTEMÁTICO

Robert Kauan Barros de Aguiar<sup>1</sup>, Thiago Reis da Silva<sup>2</sup>

## RESUMO

Este artigo realiza um mapeamento sistemático da literatura sobre laboratórios virtuais no ensino de Redes de Computadores, analisando 36 artigos publicados entre 2005 e 2024. Os resultados mostram que ferramentas — como simuladores, emuladores e ambientes de virtualização — aumentam flexibilidade e engajamento dos alunos, mas enfrentam desafios como limitações de infraestrutura, complexidade técnica e necessidade de capacitação docente. Também são destacadas tendências, como cloud computing, gamificação, realidade aumentada e Inteligência Artificial, esta última com potencial para personalização do ensino, ainda que pouco explorada. Conclui-se que os laboratórios virtuais são benéficos, mas sua adoção em larga escala demanda investimentos e formação continuada de professores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Laboratórios Virtual, Redes de Computadores, Mapeamento Sistemático da Literatura.

**FINANCIAMENTO:** Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino de Redes de Computadores (RC) é fundamental na formação de profissionais em áreas como Tecnologia da Informação, Ciência da Computação e Engenharia. Essa disciplina, segundo Graham *et al.* (2020), é indispensável para a compreensão do funcionamento da internet e dos principais protocolos de comunicação,

---

<sup>1</sup> Estudante bolsista – Curso de Tecnologia em Redes de Computadores – IFMA/Campus São João dos Patos; robertb@acad.ifma.edu.br

<sup>2</sup> Professor de Informática Dr – Coordenador do Projeto/Orientador – IFMA/Campus São João dos Patos; E-mail: thiago.reis@ifma.edu.br

abarcando tanto fundamentos teóricos quanto práticas técnicas essenciais. Contudo, seu ensino ainda enfrenta desafios importantes, como a predominância de conteúdos teóricos, a escassez de materiais didáticos práticos e a limitação de acesso a equipamentos físicos, dificultando o desenvolvimento de habilidades aplicadas (Silveira Júnior, Fialho e Mazzarotto 2019).

Nesse cenário, os Laboratórios Virtuais (LVs) emergem como uma alternativa para aproximar o ensino de RC das demandas práticas do mercado e superar restrições de equipamentos e financeiras. No contexto do estudo LVs são ambientes ou ferramenta computacional – simulador, emulador ou plataforma de virtualização – projetado para possibilitar atividades práticas de RC sem a necessidade de equipamentos físicos dedicados. Essa definição engloba desde ferramentas amplamente utilizadas, como Cisco Packet Tracer e GNS3, até ambientes de virtualização (ex.: VMware, OpenStack) e soluções customizadas desenvolvidas por instituições de ensino.

Neste contexto, os LVs permitem simular configurações, operações e falhas de redes, favorecendo o aprendizado e a experimentação de diferentes cenários, mesmo em contextos de infraestrutura limitada. Além disso, tornam possível ampliar o acesso a práticas laboratoriais a um número maior de estudantes e possibilitam a implementação de metodologias ativas, como a gamificação, a aprendizagem baseada em simulação e a integração de inteligência artificial (Lima, Pereira e Viana, 2022).

Diante das potencialidades e desafios relacionados ao uso de LVs, este artigo tem como objetivo analisar a literatura sobre a aplicação dessas ferramentas no ensino e aprendizagem de RC, buscando compreender seus benefícios, limitações, tendências e oportunidades de inovação. Para isso, é apresentado um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) (Petersen, Vakkalanka e Kuzniarz, 2015), focado em cursos técnicos e de graduação, com abrangência internacional.

## **2. METODOLOGIA**

Esse estudo é uma pesquisa exploratória que foi conduzida a partir de uma busca na literatura sobre a utilização de laboratórios virtuais no ensino de RC através de um MSL. Esse método é planejado, estruturado e controlado para fornecer uma estrutura que outros pesquisadores possam replicá-los (Peterson, Vakkalanka e Kuzniarz, 2015), o qual foi dividido em três etapas: planejamento, condução e discussão dos resultados.

Na etapa de planejamento, após a definição do escopo da pesquisa, foram criadas as Questões de Pesquisa (QPs): **QP1**: *Quais são as principais iniciativas de ensino de redes que utilizam laboratórios virtuais?* **QP2**: *Quais são os principais desafios na*

utilização de laboratórios virtuais no ensino de redes? **QP3:** Quais tendências emergentes existem no uso de laboratórios virtuais no ensino de redes? **QP4:** De que forma estão sendo empregadas técnicas de IA, junto aos laboratórios virtuais, para incrementar o ensino de redes?

A partir desta definição, foi determinado o processo de busca dos estudos, utilizando o motor de pesquisa do Google Scholar e os Períodos da Capes. Com o objetivo de otimizar os resultados, foi elaborada uma string de busca que contemplasse estudos publicados até 2024, abrangendo produções em língua inglesa e portuguesa. Para a busca dos artigos, foram elaboradas strings específicas para cada base, considerando as particularidades dos mecanismos de pesquisa, conforme apresentando na Tabela 1.

**Tabela 1: String de Busca.**

<b>Google Scholar</b>	<b>Portal da CAPES</b>
(intitle:"redes" OR intitle:"network*") AND (intitle:"lab" OR intitle:"laborator" OR intitle:"simula" OR intitle:"simulat" OR intitle:"emula" OR intitle:"emulat" OR intitle:"virtualiza") AND ("rede de computadores" OR "redes de computadores" OR "computer network") AND ("ensino" OR "training" OR "aprendizagem" OR "learning") AND filetype:PDF -"neural"	Título: ("redes" OR network*) AND (lab OR Laborator* OR simula* OR simulat* OR emula* OR emulat* OR virtualiza*) Conteúdo: (rede? de computadores OR computer network) AND ("Ensino" OR "Training" OR "aprendizagem" OR "learning") NOT (neural)

Essas strings foram elaboradas para garantir a recuperação de estudos voltados ao ensino de RC, priorizando materiais sobre laboratórios virtuais, simulação, emulação ou virtualização, e excluindo resultados relacionados a redes neurais.

Esse processo de busca obteve 347 estudos (54 provenientes do Google Acadêmico e 293 do Periódicos CAPES), assim, teve início a etapa de execução do MSL, na qual foram examinados os títulos, resumos e palavras-chave dos artigos inicialmente selecionados. Nessa fase, aplicaram-se os Critérios de Inclusão (CI) e Exclusão (CE), apresentados na Tabela 2, com o propósito de definir quais estudos avançariam para a próxima etapa do processo.

**Tabela 2: Critérios de Inclusão e Exclusão.**

<b>Critérios de Inclusão</b>	<b>Critério de Exclusão</b>
<b>CI1:</b> Estudos publicados em periódicos com revisão por pares; <b>CI2:</b> Publicações redigidas no idioma inglês ou português; <b>CI3:</b> Pesquisas cujo foco temático esteja relacionado ao ensino de redes de computadores por meio de laboratórios virtuais;	<b>CE1:</b> Documentos que não apresentem dados empíricos, tais como editoriais, resenhas, comentários ou ensaios teóricos; <b>CE2:</b> Estudos cujo escopo não esteja vinculado à área de redes de computadores, como, por exemplo,

<b>CI4:</b> Trabalhos direcionados ao público de nível técnico ou de graduação.	pesquisas sobre redes neurais ou redes sociais; <b>CE3:</b> Artigos cujo texto completo não esteja disponível para acesso e análise; <b>CE4:</b> Artigos duplicados.
---	--

Após a aplicação dos critérios de exclusão aos artigos previamente selecionados, 311 estudos foram descartados — sendo 275 pelo critério CE2, 15 pelo CE4 e 21 pelo CE1. Como resultado, 36 estudos foram analisados. A lista completa dos artigos selecionados está disponível no <https://encurtador.com.br/r5MGq>. Nessa etapa, utilizou-se o ChatGPT como apoio extração das informações.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos 36 artigos selecionados por meio do MSL permitiu identificar o cenário atual, as principais iniciativas, desafios e tendências no uso de laboratórios virtuais no ensino de redes de computadores. As subseções a seguir apresentam, de forma objetiva, os principais achados do estudo, respondendo às QPs propostas e situando a evolução do tema ao longo do tempo.

#### 3.1. QP1 – *Quais são as principais iniciativas de ensino de redes que utilizam laboratórios virtuais?*

Esta questão tem como objetivo apresentar as principais iniciativas adotadas para o ensino de redes utilizando LVs. A Tabela 3 resume as principais categorias e a quantidade de artigos identificados em cada uma.

**Tabela 3: Principais Iniciativas de LV no Ensino de RC.**

Iniciativas	QTD	Estudos
Ferramentas próprias/customizadas	9	E2, E3, E6, E8, E13, E14, E17, E30, E34
GNS3	7	E1, E5, E12, E16, E19, E24, E25
Cisco Packet Tracer (comercial)	6	E1, E5, E12, E16, E25, E31
Virtualização/Nuvem	5	9, 33, 35, 7, 19
Ambientes híbridos (físico e/ou virtual)	4	E4, E11, E18, E36
Gamificação e Realidade Aumentada	3	E10, E24, E32

**Ferramentas próprias/customizadas:** Nove artigos relataram o desenvolvimento de soluções institucionais, como em Farias (2008), que descreve a criação de um laboratório remoto personalizado, ou em Silveira Júnior, Fialho e Mazarotto (2019), que apresentam um ambiente de simulação próprio com recursos específicos de monitoramento.

**GNS3 (*open source*):** Sete artigos utilizaram o GNS3, ferramenta de código aberto, para simulação de topologias reais. Por exemplo, o estudo de Cui *et al.* (2012)

mostra a aplicação do GNS3 para ampliar o acesso dos estudantes a cenários avançados de roteamento.

**Cisco Packet Tracer (comercial):** Seis artigos destacaram o uso do Cisco Packet Tracer em atividades práticas. Em Abdel-Maksoud (2019), a ferramenta foi utilizada em cursos introdutórios devido à sua interface didática e ampla adoção institucional.

**Virtualização/Nuvem:** Cinco artigos exploraram ambientes de virtualização e nuvem, como VMware e OpenStack. Xu (2014), por exemplo, descreve a implementação de uma plataforma em nuvem que permitiu reduzir custos e facilitar o acesso remoto às atividades laboratoriais.

**Gamificação e Realidade Aumentada:** Três artigos investiram em abordagens inovadoras. Lima, Pereira e Viana (2022) desenvolveram um sistema de simulação com realidade aumentada para o ensino de conceitos avançados de redes, promovendo maior engajamento dos estudantes.

**Ambientes híbridos (físico e/ou virtual):** Quatro artigos relataram o uso combinado de equipamentos reais e ambientes virtuais, buscando unir o realismo das práticas presenciais com a flexibilidade das simulações. Silveira Júnior, Fialho e Mazarotto (2019) exemplificam essa tendência ao integrar simuladores e hardware real em um único ambiente de aprendizagem.

Os dados indicam que não há uma solução predominante, mas sim a coexistência e a integração de múltiplas abordagens. Ferramentas próprias e plataformas abertas como GNS3 têm ganhado espaço pela flexibilidade, enquanto soluções consolidadas como Cisco Packet Tracer seguem sendo amplamente utilizadas. Ambientes em nuvem e estratégias de gamificação representam tendências de inovação, embora ainda estejam em menor número na literatura.

### ***3.2. QP2 – Quais são os principais desafios na utilização de laboratórios virtuais no ensino de redes?***

A análise dos artigos revela que a adoção de LVs enfrenta uma série de desafios recorrentes, que podem limitar tanto a implementação quanto a sustentabilidade dessas soluções no contexto educacional.

**Tabela 4: Desafio para adoção de LVs.**

<b>Desafio</b>	<b>QTD</b>	<b>Estudos</b>
Infraestrutura Tecnológica	10	E2, E5, E6, E8, E9, E10, E14, E21, E24, E31
Complexidade Técnica	8	E5, E6, E15, E19, E20, E22, E26, E27
Necessidade de Suporte Técnico	7	E3, E9, E11, E14, E16, E20, E28

Formação de Educadores	6	E1, E4, E11, E13, E18, E23
Resistência à Mudança	5	E3, E7, E12, E17, E25
Custos Iniciais	5	E4, E8, E10, E18, E23
Escalabilidade e Manutenção	4	E2, E7, E19, E25
Problemas de Conectividade	3	E12, E21, E26

Como observado na Tabela 4, o desafio mais mencionado é a infraestrutura tecnológica insuficiente, destacada em dez artigos. Muitos ambientes virtuais dependem de servidores robustos, redes estáveis e equipamentos adequados para garantir um funcionamento eficiente. Farias (2008) enfatiza as dificuldades relacionadas ao acesso remoto seguro e à limitação de recursos computacionais, fator ainda mais crítico em instituições com menor investimento em TI.

A complexidade técnica de implantação e operação desses ambientes também aparece de forma destacada. O processo de configurar, manter e atualizar laboratórios virtuais, especialmente aqueles baseados em tecnologias avançadas como virtualização, nuvem ou simulações de protocolos, demanda conhecimento técnico especializado e constante atualização dos envolvidos.

Outro aspecto relevante é a necessidade de suporte técnico contínuo. O funcionamento eficiente de LVs exige equipes preparadas para solucionar falhas, realizar atualizações e garantir a segurança dos ambientes, como pontuado por Wang, Meng e Liao (2010), que relatam a importância de profissionais qualificados para manter ambientes escaláveis e acessíveis.

A formação de educadores é citada como fator limitante, pois a adoção de novas tecnologias no ensino demanda capacitação docente. Jovanovic *et al.* (2012) relatam que o engajamento de professores só ocorre quando há suporte institucional para o desenvolvimento de competências digitais.

Além disso, há desafios ligados à resistência à mudança por parte de docentes e gestores, à necessidade de investimentos iniciais para aquisição de licenças e infraestrutura, à escalabilidade das soluções (especialmente em instituições de grande porte) e a problemas de conectividade, que podem afetar o acesso dos estudantes a plataformas remotas (Cui et. al., 2012).

Os desafios mais citados envolvem barreiras tecnológicas, falta de suporte técnico e pedagógico, e questões institucionais. A superação desses obstáculos é essencial para consolidar LVs como estratégia pedagógica no ensino de RC.

### ***3.3. QP3 – Quais tendências emergentes existem no uso de laboratórios virtuais no ensino de redes?***

A análise dos estudos mostra uma evolução nas estratégias de ensino de redes, com destaque para tendências tecnológicas que vão além do uso tradicional de simuladores.

A virtualização em larga escala, incluindo o uso de nuvem e Redes Definidas por Software (Software-Defined Networking - SDN), foi destacada em diversos artigos como uma das principais inovações. Xu (2014) descreve como o uso de plataformas em nuvem, como OpenStack, permitiu a ampliação do acesso de estudantes a laboratórios práticos, tornando o ensino mais flexível. O emprego de SDN também é citado como tendência para experimentação avançada (Murturan et. al., 2017).

A gamificação e o uso de jogos sérios também ganham destaque como recursos para aumentar o engajamento e a motivação dos estudantes. O trabalho de Lima e Pereira (2022) mostra o uso de jogos e elementos de gamificação para facilitar a compreensão de conteúdos técnicos e tornar as atividades laboratoriais mais atrativas.

Outra inovação emergente é a incorporação de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV), ainda incipiente, mas com potencial. Lima, Pereira e Viana (2022) descrevem experiências com RA no ensino remoto emergencial, ampliando a imersão e a interatividade nos ambientes virtuais.

Os ambientes híbridos – que combinam equipamentos reais e ambientes virtuais – também são apontados como tendência, promovendo maior realismo nas práticas laboratoriais e permitindo que os estudantes tenham experiências próximas à realidade profissional. O avanço nas simulações, especialmente em relação à análise de protocolos, qualidade de serviço (QoS) e cenários de rede complexos, é notório.

Outra tendência observada é o crescimento das plataformas baseadas em código aberto, que oferecem maior flexibilidade. O uso de ferramentas como o GNS3 amplia o acesso a laboratórios complexos sem os custos das licenças de softwares proprietários (Donelan, Karskas e Kavanagh, 2018).

Em contrapartida, embora menos frequente, alguns estudos mencionam o início da personalização do ensino de redes por meio de inteligência artificial e algoritmos adaptativos, sinalizando uma perspectiva de evolução para futuros trabalhos (Asadi *et al.*, 2024).

As tendências emergentes apontam para a integração de tecnologias – como nuvem, SDN, gamificação, RA/RV e softwares de código aberto – que ampliam as possibilidades de experimentação, personalização e engajamento no ensino de redes, embora a adoção de IA ainda esteja em fase inicial na literatura.

### **3.4. QP4 – De que forma estão sendo empregadas técnicas de IA junto aos laboratórios virtuais para incrementar o ensino de redes?**

Os artigos evidenciam que o uso prático de técnicas de IA em LVs para o ensino de redes ainda é limitado. Apenas um estudo apresenta uma aplicação concreta, empregando algoritmos adaptativos para o diagnóstico automatizado do desempenho dos estudantes e a recomendação personalizada de atividades em ambientes virtuais de redes (Asadi *et. al.*, 2024).

No geral, a maioria dos trabalhos aborda o tema da IA de maneira prospectiva, discutindo o potencial da tecnologia para personalizar cenários de aprendizagem, sugerir atividades conforme o progresso dos alunos e monitorar dificuldades individuais. Lima, Pereira e Viana (2022) destacam que, embora a IA seja reconhecida como tendência importante, sua implementação prática no contexto do ensino de redes ainda não está consolidada.

Assim, as iniciativas existentes concentram-se mais na discussão teórica sobre benefícios e possibilidades do uso de IA, do que em exemplos concretos ou resultados empíricos. A integração efetiva de IA aos LVs permanece como uma lacuna relevante e promissora para futuras pesquisas, especialmente no que se refere à personalização da aprendizagem e ao suporte inteligente à resolução de problemas pelos estudantes.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS**

Esta pesquisa analisou 36 estudos sobre o uso de LVs no ensino de RC em cursos técnicos e de graduação. Os resultados demonstram que os LVs representam uma estratégia relevante para superar desafios históricos da área, como o acesso limitado a equipamentos físicos e a necessidade de práticas alinhadas à realidade profissional. Quanto às QPs, as principais iniciativas identificadas incluem a adoção de simuladores como GNS3 e Cisco Packet Tracer, soluções proprietárias e ambientes de virtualização em nuvem, além de ferramentas personalizadas, especialmente em instituições que buscam autonomia tecnológica e maior customização. Evidencia-se, assim, a coexistência de múltiplas abordagens, o que diversifica as possibilidades didáticas e amplia o acesso dos estudantes a experiências práticas variadas.

Entre os desafios mais frequentes estão as limitações de infraestrutura tecnológica (especialmente em contextos com recursos escassos), a complexidade técnica na implementação e manutenção dos LVs, a demanda por suporte técnico contínuo, a capacitação docente e a resistência à adoção de novas tecnologias. Tais fatores podem comprometer a eficácia dos LVs, exigindo investimentos institucionais e políticas de

formação docente continuada. Quanto às tendências, observa-se a expansão da virtualização em larga escala (nuvem, Redes Definidas por Software), a incorporação de gamificação e realidade aumentada/virtual, o crescimento de ambientes híbridos (físicos e virtuais) e o avanço de plataformas de código aberto, refletindo a busca por inovação, flexibilidade pedagógica e experiências de aprendizagem imersivas e personalizadas.

A aplicação de IA nos LVs ainda é incipiente, sendo mais discutida como perspectiva futura do que como prática consolidada. Embora haja menções a iniciativas focadas em diagnóstico automatizado e personalização de atividades, os estudos empíricos sobre o tema permanecem escassos. A literatura destaca a IA como uma fronteira promissora, com potencial para transformar o acompanhamento individualizado do estudante e a oferta de práticas adaptativas no ensino de redes.

Como recomendações para pesquisas futuras, sugere-se aprofundar investigações sobre o impacto pedagógico dos LVs em diferentes contextos institucionais, explorar sistematicamente o uso de IA para personalização do ensino e avaliar comparativamente o custo-benefício de soluções comerciais versus plataformas abertas. Além disso, o desenvolvimento de ambientes imersivos com realidade virtual e a realização de estudos longitudinais destacam-se como direções relevantes.

Por fim, o estudo evidencia que os LVs já se consolidaram como uma ferramenta eficaz no ensino de RC, contribuindo para a aprendizagem e ampliando o acesso a práticas essenciais. Contudo, seu potencial pleno depende do fortalecimento da infraestrutura tecnológica, da capacitação docente e da integração gradual de inovações, em especial IA e realidade virtual.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) pelo apoio institucional, em especial: 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**

ABDEL-MAKSOU, S. Practical Computer Networking with Packet Tracer. In: International Journal of Advanced Computer Science and Applications, v. 10, n. 8, p. 220-226, 2019.

ASADI, S.; ZAFAR, M.; HUSSAIN, M.; ARSHAD, R. Application of Artificial Intelligence in Virtual Network Labs: A Review. In: Education and Information Technologies, 2024.

CUI, L. et al. WeFiLab: A web-based remote laboratory platform for computer networking. Computer Applications in Engineering Education, v. 20, n. 3, p. 411-420, 2012.

DONELAN, H.; KARSKAS, M.; KAVANAGH, A. Virtual Laboratories in Computer Networking Education. In: Education and Information Technologies, v. 23, n. 2, p. 617–634, 2018.

FARIAS, C. S. WebLab: Laboratório remoto para ensino de redes de computadores. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

GRAHAM, K.; ANDERSON, J.; RIFE, C.; HEITMEYER, B.; PATEL, P. R.; NYKL, S.; LIN, A. C.; JOVANOVIĆ, J.; POPOVIĆ, A.; SIMIĆ, K. An educational tool for teaching computer networks. In: IEEE International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning, p. 62-66. 2012.

LIMA, E.; PEREIRA, R. R.; VIANA, W. AmongNET Game: Um relato de experiência do uso da Virtualidade e da Realidade Aumentada no Ensino Remoto Emergencial de Redes de Computadores. In: Simpósio Brasileiro de Educação em Computação (EDUCOMP), p. 152-162, 2022.

MURTURAN, G.; CANBAZ, N.; OZCAN, S. SDN-LAB: A Remote Laboratory for Teaching Software Defined Networks. In: International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), p. 239-243, 2017.

PETERSEN, K.; VAKKALANKA, S.; KUZNIARZ, L. Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. In: Information and Software Technology, v. 64, p. 1–18, 2015.

SILVEIRA JÚNIOR, J. F.; FIALHO, F. A. P.; MAZZAROTTO, P. S. Laboratório virtual para o ensino de redes de computadores. In: Revista Novas Tecnologias na Educação (RENTE), v. 17, n. 1, p. 1-10, 2019.

WANG, L.; MENG, Q.; LIAO, Y. A remote virtual laboratory for experiments of modern control. Computers in Education, v. 54, n. 1, p. 220-228, 2010.

XU, Q. Design and Implementation of a Virtual Laboratory Platform Based on Cloud Computing. In: International Journal of Online Engineering, v. 10, n. 6, p. 47-52, 2014.