

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – CAMPUS DE SOROCABA  
PPGEd – Programa de Pós-Graduação em Educação

Jones Artur Gonçalves

**LABORATÓRIOS DE SIMULAÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NO ENSINO  
DE CIÊNCIAS: UMA ANÁLISE DO POTENCIAL TÉCNICO E PEDAGÓGICO**

Sorocaba

2020

Jones Artur Gonçalves

**LABORATÓRIOS DE SIMULAÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NO ENSINO  
DE CIÊNCIAS: UMA ANÁLISE DO POTENCIAL TÉCNICO E PEDAGÓGICO**

Dissertação apresentada ao PPGEd – Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba – versão para defesa, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientação: Profa. Dra. Maria José Fontana  
Gebara

Sorocaba

2020

---

## FICHA CATALÓGRAFICA

Gonçalves, Jones Artur

Laboratórios de simulação e experimentação remota no ensino de ciências: uma análise do potencial técnico e pedagógico / Jones Artur Gonçalves -- 2020.  
95f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador(a): Profa. Dra. Maria José Fontana Gebara

Banca Examinadora: Prof. Dr. Antonio Augusto Soares, Prof. Dr. José Nunes dos Santos

Bibliografia

1. Laboratórios remotos e simuladores. 2. Tecnologias da Informação e Comunicação. 3. Educação científica. I. Gonçalves, Jones Artur. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano - CRB/8 6979

FOLHA DE APROVAÇÃO

**JONES ARTUR GONÇALVES**

LABORATÓRIOS DE SIMULAÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NO ENSINO DE  
CIÊNCIAS: UMA ANÁLISE DO POTENCIAL TÉCNICO E PEDAGÓGICO

Dissertação apresentada ao PPGEd – Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba – versão para defesa, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientador(a)

---

Prof. Dra. Maria José Fontana Gebara  
DFQM/PPGEd/UFSCar

Examinador(a)

---

Prof. Dr. Antonio Augusto Soares  
DFQM/UFSCar

Examinador(a)

---

Prof. Dr. José Nunes dos Santos  
SEED/Paraná

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu filho Miguel, em especial, que chegou no ápice da construção deste trabalho de pesquisa, dando ainda mais fôlego, coragem e determinação para que concluísse esta etapa tão importante da minha vida acadêmica. A Deus, sobretudo, pelas nossas vidas.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço à minha família, especialmente esposa, sogra e mãe, pelo apoio incondicional e pela compreensão às ausências, pelas palavras motivacionais e por me apoiarem na busca contínua pelo conhecimento.

Agradeço ainda aos educadores que passaram pela minha vida e contribuíram significativamente para que me tornasse um profissional da educação hoje.

Por fim, sou grato a toda ajuda e empenho da minha orientadora, Profa. Dra. Maria José Fontana Gebara na realização deste trabalho e aos professores que compuseram a banca de qualificação e defesa, por contribuírem para a qualidade final deste trabalho.

## **EPÍGRAFE**

*[...] para mim, é impossível existir sem sonho. A vida na sua totalidade me ensinou como grande lição que é impossível assumi-la sem risco.*

Paulo Freire

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi analisar, do ponto de vista técnico e pedagógico, o potencial de simuladores e laboratórios remotos para as aulas de Ciências da educação básica. O trabalho em questão apresentou um breve histórico das tecnologias da informação e comunicação (TIC) no ensino de Ciências e suas perspectivas pedagógicas. Para atender os objetivos da pesquisa, foram analisados diferentes perfis de laboratórios remotos e de simulação em diferentes países e contextos tecnológicos. Foram discutidas, ainda, as principais vantagens e desafios do seu uso e quais as necessidades para ampliação destes recursos nas instituições escolares. De maneira geral, por meio das análises, foi possível encontrar evidências das contribuições dos laboratórios remoto e de experimentação no ensino de Ciências. Os resultados encontrados nesta dissertação sugerem que a experimentação, por meio dos laboratórios remotos e simuladores, pode contribuir, sob a perspectiva pedagógica, para um maior engajamento dos alunos; maior envolvimento com o trabalho em equipe, por meio de aprendizagem colaborativa; além de incentivá-los à uma prática mais estimuladora, através do envolvimento científico com o conteúdo. A contribuição esperada desde trabalho é fomentar a discussão acadêmica a respeito do uso de tecnologias como os laboratórios remoto e de experimentação no ensino, tornando os conteúdos de Ciências na educação básica mais interativos, dinâmicos e motivadores.

**Palavras-chave:** Laboratórios remotos. Simuladores. Tecnologias da Informação e Comunicação. Educação científica.



## ABSTRACT

The purpose of this research was to analyze from the pedagogical and technical point of view the potential of remote laboratories and simulators for basic education Science classes. The work has presented a brief record of information and communication technologies (ICT) in Science teaching and its pedagogical perspectives. In order to meet the paper purposes different remote pedagogical and simulators profiles were studied in different countries and technological contexts. The main advantages and challenges of its use were discussed, as well as the needs for the expansion of these resources in school institutions. In a general way, through the analysis it was possible to find evidences of the contribution from remote and testing laboratories in Science teaching. The results found in this paper proposes that the testing through the remote laboratories and simulators under the pedagogical perspective can contribute to a greater engagement of the students; greater involvement with teamwork through a collaborative learning, in addition to a more stimulating practice through the scientific involvement with the content. The expected contribution from this work is to foster the academical discussion about the use of technologies as remote laboratories and testing in teaching by making Science contents in basic education more interactive, dynamic and motivating.

**Keywords:** Remote laboratories. Simulators. Information and Communication Technologies. Science teaching.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comportamento midiático de acordo com as gerações.....	15
Figura 2 – Gráfico dos principais navegadores utilizados globalmente entre 2018 e 2019.....	47
Figura 3 – Gráfico dos principais navegadores utilizados no Brasil entre 2018 e 2019.....	48
Figura 4 – Página principal do laboratório PhET.....	63
Figura 5 – Demonstração dos tipos de acesso offline ao laboratório.....	64
Figura 6 – Demonstração do banco de experimentos relacionados à área de Física.....	65
Figura 7 – Divulgação da comunidade de professores na página principal do PhET .....	65
Figura 8 – Demonstração de um experimento relacionados à área de Física.....	66
Figura 9 – Relação problema-exercício de acordo com diferentes abordagens.....	67
Figura 10 – Página principal do laboratório RExLab.....	68
Figura 11 – Demonstração do banco de experimentos remotos disponíveis.....	69
Figura 12 – Modelo ilustrativo de placa Raspberry Pi.....	70
Figura 13 – Página detalhada de um dos experimentos.....	71
Figura 14 – Página principal do laboratório OLabs.....	72
Figura 15 – Página principal do laboratório OLabs: exemplo dos idiomas disponíveis.....	73
Figura 16 – Página com os requerimentos de sistema para execução dos experimentos.....	74
Figura 17 – Página detalhada de um dos experimentos.....	75
Figura 18 – Página principal do laboratório WebLab-Deusto.....	77
Figura 19 – Página do repositório de laboratórios remotos LabsLand.....	78
Figura 20 – Página do repositório de experimentos.....	80
Figura 21 – Página principal do laboratório iSES.....	81
Figura 22 – Modelo de “passo a passo” para execução de uma das simulações disponíveis....	82
Figura 23 – Exemplo de simulação real (indução eletromagnética) em operação.....	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação entre pessoas e dispositivos conectados ao longo dos anos.....	27
Tabela 2 – Histórico do tráfego global de Internet.....	29
Tabela 3 – Laboratórios remotos e de simulação analisados.....	60
Tabela 4 – Critérios técnicos analisados.....	61
Tabela 5 – Critérios pedagógicos analisados.....	62
Tabela 6 – Resumo da análise dos laboratórios selecionados na pesquisa experimental.....	62

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tecnologias possíveis para implementação na educação.....	32
Quadro 2 – Resumo analítico de pressupostos do ensino por investigação .....	39
Quadro 3 – Recomendações básicas de usabilidade.....	51
Quadro 4 – Fatores que envolvem o conceito de usabilidade.....	52

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 AS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO E O ENSINO DE CIÊNCIAS..</b>	<b>20</b>
2.1 AS NOVAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO CONTEXTO EDUCACIONAL.....	21
2.2 AS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS ...	33
2.3 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA EXPERIMENTAÇÃO E SIMULAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS .....	40
<b>3 Percurso metodológico</b> .....	<b>41</b>
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	41
3.2 OBJETO DE ESTUDO: LABORATÓRIOS REMOTOS E SIMULADORES .....	42
3.3 CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DOS LABORATÓRIOS REMOTOS E SIMULADORES .....	45
3.3.1 Critérios Técnicos .....	46
3.3.2 Critérios Pedagógicos.....	53
3.3.3 Instrumento de Suporte para a Avaliação.....	58
<b>4 Análise de laboratórios de simulação e experimentação remota no ensino de ciências</b> .....	<b>59</b>
4.1 CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DO OBJETO DE ESTUDO .....	59
4.1.1 Critérios Técnicos .....	61
4.1.2 Critérios Pedagógicos.....	61
4.2 ANÁLISE DOS LABORATÓRIOS SELECIONADOS .....	62
4.2.1 PhET, da Universidade de Colorado (Estados Unidos).....	63
4.2.2 RExLab .....	67
4.3.3 OLabs .....	72
4.2.4 WebLab-Deusto .....	77
4.2.5 iSES (Internet School Experimental Studio).....	80
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>834</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>86</b>
<b>APENDICE – 1</b> .....	<b>92</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Novas tecnologias da informação e comunicação são adotadas com mais facilidade por gerações mais jovens, principalmente, quando associadas ao entretenimento ou como forma de interação entre grupos que compartilham os mesmos interesses. Com base nesta premissa, pressupõem-se que as redes de compartilhamento e as plataformas eletrônicas de interação, aprendizagem e informação apresentam-se potencialmente relevantes para o processo de ensino aprendizagem, pois na última década novas tecnologias invadiram a sociedade em todos os âmbitos: educacional, industrial, comunicacional etc.

No âmbito educacional, a Internet em particular, que já fazia parte do contexto escolar desde antes dos anos 2000, ainda que de maneira pouco abrangente, através de novas formas de comunicação e interação em tempo real – tais como blogs, vlogs, fóruns, espaços de aprendizagem, mídias sociais e aplicativos – passou a proporcionar maior difusão de conteúdos.

Do ponto de vista educacional, a Internet que há alguns anos era utilizada como ferramenta de pesquisa acadêmica é hoje utilizada para interações sociais, aquisição de conhecimento pela sociedade como um todo, elaboração de ferramentas para otimizar processos, como forma de simular ambientes etc., permitindo agilidade e interatividade entre seus usuários, tais como alunos, professores e profissionais de diferentes áreas modo geral.

Para as gerações nascidas após os anos 2000, quando ocorre a massificação do uso da Internet, seu advento não é visto como um avanço da modernidade, mas sim como um processo natural de desenvolvimento que apenas foi ganhando novas formas de uso ao longo dos anos. Para Kenski (2012), esta evolução tecnológica não se limitou exclusivamente ao uso de ferramentas e equipamentos, mas também foi capaz de influenciar comportamentos, tanto individuais como grupos inteiros na sociedade.

Nos anais do 3º Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação (2010), apresenta-se, pela primeira vez, o termo “nativos digitais”, a partir das teorias de Prensky (2001, p. 1), para designar “aqueles que já nasceram em um universo digital, em contato com a Internet, computador e games”.

As gerações nascidas a partir da década de 1980, conhecidas como Y e Z, foram educadas paralelamente ao período de popularização da Internet. A Geração Y (também conhecida como *Millennials* ou Geração Digital), que abrange os nascidos entre 1980 e 1999, e a Geração Z (Geração *Next*), como são conhecidos os nascidos a partir de 2000, foram amplamente influenciadas ao longo de seu crescimento pela movimentação e desenvolvimento das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC).

Sobre esses nativos digitais temos que:

Chamados multi-tarefas, tem facilidade para ler, produzir e interagir através de diversas telas (computador, celular, videogames), não encontram dificuldade em lidar com as novidades e aprendem a usá-las sem ler manuais. (...) E é com esta naturalidade intrínseca que eles agem perante infinitas novidades, adaptando-se a elas quase que instantaneamente e colocando-as como parte indispensável de suas vidas. (CARNIELLO; RODRIGUES; MORAES, 2010, p. 3)

De acordo com pesquisa realizada pelo Ibope<sup>1</sup> (2010), as gerações Y e Z correspondem a 41% da população (sendo 23 e 18%, respectivamente). Ainda de acordo com o estudo apresentam as seguintes características:

- Geração Y – 68% trabalham; 34% estão cursando ou terminaram o ensino superior; 59% saíram da casa dos pais; 31% são chefes de família. Possuem maior familiaridade com a tecnologia, capacidade de inovação e foco na evolução profissional. São informais, flexíveis, conectados e colaborativos.

- Geração Z – embora muito jovens, 31% já tiveram o primeiro trabalho; 84% estudam. Têm como característica principal o imediatismo e estão acostumados à convergência de mídia, isto é, a pluralidade de canais para consumo de conteúdo (como estar concomitantemente navegando pela Internet em busca de um conteúdo no *notebook* e ouvir um *podcast* pelo *smartphone*) e à atitude multitarefa, têm capacidade para desenvolver várias coisas ao mesmo tempo (e ao seu tempo). Comunicam-se com muito mais frequência e de maneira muito mais intensa que as demais gerações, tendo a tecnologia como principal forma de comunicação e interação.

A maior exposição às informações e a forma como elas são absorvidas tornou estas gerações mais “impacientes”, desejam resultados imediatos e, aparentemente, a capacidade de processar informações é maior. Com relação à capacidade multitarefa, são capazes de, simultaneamente, estudar, assistir televisão, ouvir música em equipamentos eletrônicos e comunicar-se através de mensagens instantâneas pelo celular. A efetividade de cada atividade pode ser questionável.

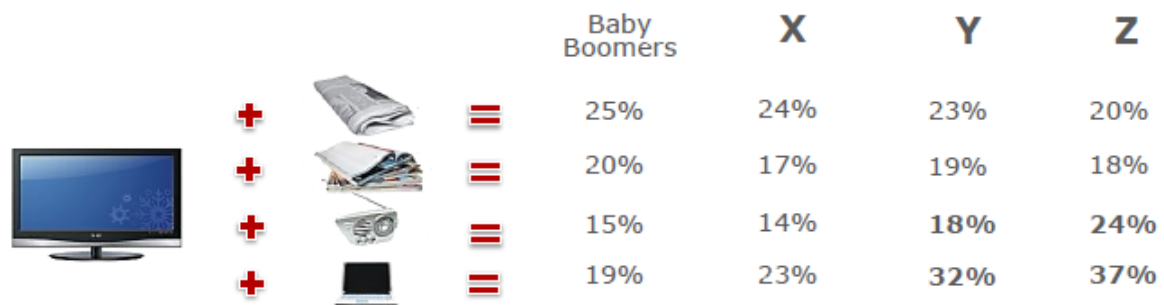
Sobre o comportamento midiático e o uso simultâneo de recursos tecnológicos, a pesquisa Ibope (2010) estabelece uma comparação não apenas entre as últimas gerações, mas destas com os *Baby Boomers* e a Geração X<sup>2</sup>, como vemos na Figura 1:

---

<sup>1</sup> Gerações Y e Z: Juventude Digital | Target Group Index BrY11w1+w2 (Ago09-Jul10)

<sup>2</sup> Geração Baby Boomer: nascidos no período do Pós-Guerra, entre 1940-1959 e Geração X: nascidos entre 1960-1979.

FIGURA 1 - Comportamento midiático de acordo com as gerações



Fonte: Pesquisa Ibope “Gerações Y e Z: Juventude Digital” (2010).

Santaella (2005) classifica esta associação entre mídias, justamente, como uma das principais características da chamada “cultura de mídias”, em que fronteiras permeáveis, permitem interação e assumem uma dinâmica concomitante. Segundo a autora, o *feedback* imediato proporcionado pela tecnologia é o que possibilita a interatividade.

As duas gerações aqui discutidas apresentam outro ponto em comum: a necessidade de compartilhamento, seja de informações, anseios, objetivos e novidades. De acordo com Santaella (2004, p. 52), quanto maior a interatividade, mais profunda será esta experiência, pois “a imersão se expressa na sua concentração, atenção, compreensão da informação e na sua interação instantânea e continua com a volatilidade dos estímulos”.

Orozco-Gomes, citado por Cirelli e Costa (2011), aponta a comunicação, a educação e as novas tecnologias como a tríade do século XXI, e discute questões desafiadoras e transformadoras que a escola enfrentará ao incorporar novas tecnologias.

Neste novo século as novas tecnologias de informação, ao mesmo tempo que abrem uma série de possibilidades para um intercâmbio mais eficiente e variado de conhecimentos, relevam também um cenário preocupante para o futuro de nossas sociedades. (CIRELLI, COSTA, 2011, p. 160)

Isto porque, assim como a tecnologia passa por mudanças constantes ao longo do seu desenvolvimento, a educação também precisa deste acompanhamento evolutivo. A implantação destes recursos na prática docente, entretanto, precisa ser planejada e estruturada para que possa ser construído um ambiente enriquecedor, que conduza e estimule o processo de aprendizagem.

As práticas tecnológicas em ambiente educativo necessitam de acompanhamento e profundo estudo sobre como promover as transformações necessárias para a fomentação desta nova realidade. Sobretudo, repensarmos os papéis de alunos e professores no processo ensino



aprendizagem: como o aluno pode agir e prosperar neste tipo de ambiente e como os professores podem criar situações que promovam e estimulem ambientes coletivos de aprendizagem.

Neste contexto,

(...) educar em uma sociedade da informação significa muito mais que treinar as pessoas para o uso das tecnologias de informação e comunicação: trata-se de investir na criação de competências suficientemente amplas que lhes permitam ter uma atuação efetiva na produção de bens e serviços, tomar decisões fundamentadas no conhecimento, operar com fluência os novos meios e ferramentas em seu trabalho, bem como aplicar criativamente as novas mídias, seja em usos simples e rotineiros, seja em aplicações mais sofisticadas. Trata-se também de formar os indivíduos para “aprender a aprender”, de modo a serem capazes de lidar positivamente com a contínua e acelerada transformação da base tecnológica. (TAKAHASHI, 2000, p. 71)

Como defende Castells (2005, p. 198), “as tecnologias de informação e de comunicação são ferramentas necessárias, mas apenas sob formas apropriadas que levarão as pessoas a aprender e a trabalhar numa economia do conhecimento”. Tal afirmação implica na necessidade de adaptação da instituição escolar para estabelecer condições para que estes recursos sejam utilizados de forma, efetivamente, pedagógica, como apoio à prática docente e não apenas como entretenimento.

Para Kenski (2012), educação e tecnologia são indissociáveis, isto é, estão fundidas uma à outra e se complementam em sua fundamentação. E elas se fundem na prática do exercício da cooperação, integração e na possibilidade de compartilhamento e construção do conhecimento. A autora afirma que “educar para a inovação e a mudança significa planejar e implantar propostas dinâmicas de aprendizagem, em que se possam exercer e desenvolver concepções sócio-históricas da educação” (p.67).

Existem, atualmente, novas ferramentas tecnológicas que auxiliam a tarefa docente e tornam-se verdadeiros aliados no processo de ensino aprendizagem. As simulações educativas, por exemplo, ganharam versões eletrônicas bastante elaboradas, trazendo muito mais envolvimento com o universo dos jovens. É possível exemplificar uma ampla gama de possibilidades para trazer estes recursos à sala de aula, tais como ambientes virtuais de aprendizagem, aplicações de realidade virtual, jogos de simulação, entre outros. A inovação, neste sentido, é fator essencial para o desenvolvimento educacional, uma vez que novas ferramentas surgem a cada dia, promovendo a necessidade de planejamento dos processos de ensino e, principalmente, engajamento da prática educacional.

Todavia, é necessário que o docente, na atuação do processo de ensino aprendizagem, fique atento para que o uso das ferramentas digitais não disperse o objetivo didático principal, pois a interatividade não administrada pode tirar o foco do conteúdo principal objetivado pelo professor. Neste sentido, Cortella (2014) defende a importância de haver cautela para que não se perca a atenção dos conceitos a serem explorados pelo professor.

Esta facilidade tecnológica pode ser utilizada pela escola de maneira planejada e fundamentada, de forma que

Os processos educativos escolares não devem se adaptar às inovações, mas integrar novas formas ao seu cotidiano. Adaptar é postura passiva, enquanto integrar pressupõe metas de convergência. As tecnologias mais recentes podem fazer parte do trabalho pedagógico escolar, desde que utilizadas como ferramentas a serviço de objetivos educacionais que estejam claros para a comunidade. Repito: tecnologia em si não é sinal de mentalidade moderna; o que moderniza é a atitude e a concepção pedagógica e social que se usa e, assim, uma mentalidade moderna lança mão da tecnologia por incorporar-se aos seus projetos, e não simplesmente por ser tecnologia. (CORTELLA, 2014, p. 53)

Sobre a questão do uso da tecnologia – aqui entendendo todas as suas possibilidades educacionais – Cortella (2014) esclarece a importância de tê-la como ferramenta de apoio integrativa. O ambiente de colaboração, interatividade e cooperação, propiciado pelas TIC auxilia o processo de aprendizagem, tornando o conteúdo muito mais dinâmico, atrativo e relevante para os alunos (LÉVY, 1999).

Considerando todos os participantes deste processo, e compreendendo como a tecnologia pode ser importante para o ensino, resta pensar como, efetivamente, ela pode ser aplicada na prática do cotidiano escolar. Um ponto de atenção que difere, neste sentido, da educação tradicional com o uso da tecnologia em sala de aula é justamente a premissa do imediatismo, tão cara aos jovens da chamada geração Z.

Dentre as várias possibilidades de inserção da tecnologia no ambiente escolar, como auxílio nos processos de ensino, destacamos o uso de laboratórios de simulação e de experimentação remota, que permitem interação e aprendizagem coletiva, conceitos bastante difundidos e propagados por autores como Castells (2005) e Lévy (1999). Os laboratórios de simulação e de experimentação remota são vistos de maneira tão atrativa pela geração Z, justamente, pelo *feedback* instantâneo que oferece.

Os benefícios da simulação são bastante amplos, pois trazem a possibilidade de inúmeras tentativas, entre erros e acertos, em um ambiente distinto da realidade, que permite

ao aluno vivenciar – ainda que virtualmente – diferentes situações de aprendizagem e trocar experiências de aprendizado (SANTAELLA, 2013). Para Lévy (1999, p. 70), o ambiente de realidade virtual é “um tipo particular de simulação interativa, na qual o explorador tem a sensação física de estar imerso na situação definida por um banco de dados”.

Em um mundo virtual existe um universo de possibilidades, e

Ao interagir com o mundo virtual, os usuários o exploram e o atualizam simultaneamente. Quando as interações podem enriquecer ou modificar o modelo, o mundo virtual torna-se um vetor de inteligência e criação coletivas. Computadores e redes de computadores surgem, então, como a infraestrutura física do novo universo informacional da virtualidade. (LÉVY, 1999, p. 75)

Esta interação, portanto, é vista por Lévy (1999) como um exemplo de comunicação baseado na construção cooperativa de um mundo. Isto é, a partir da participação conjunta, colaboração de todos da equipe, um objetivo em comum pode ser facilmente alcançado. Com foco nesta proposição, podemos concluir que os ambientes virtuais de aprendizagem estimulam de maneira mais interativa a participação conjunta na resolução de problemas. Por isso, eles podem ser explorados pela equipe docente como uma ferramenta de integração e mobilização em sala de aula.

Em vista do exposto, e tendo como premissa a importância da introdução de tecnologias da informação e comunicação nos processos educativos, surgiu o interesse em investigar a seguinte questão:

*Quais os limites e as contribuições de laboratórios de simulação e experimentação remota atualmente disponíveis para o ensino de Ciências na educação básica, particularmente no Ensino Médio?*

Considerando-se a facilidade, apontada por diversos autores, de gerações mais jovens em usar tecnologias da informação e comunicação, o objetivo geral deste trabalho é investigar como/se os laboratórios de simulação e de experimentação remota podem ser uma ferramenta agregadora e estimuladora da prática educacional, mais especificamente no ensino de Ciências no Ensino Médio.

Para atingir tal objetivo, investigaremos as principais características destes laboratórios remotos e simuladores de forma a:

- Analisar historicamente o uso das TIC e suas contribuições para o ensino de Ciências;
- Descrever o funcionamento dos laboratórios de simulação e experimentação remota;
- Identificar as razões para adoção destes tipos de laboratórios à prática educativa;

- Compreender quais as possibilidades destes laboratórios do ponto de vista pedagógico;
- Analisar, a partir da literatura, quais as vantagens e limitações obtidas por meio de intervenção destes tipos de laboratórios na prática em sala de aula.

Esta dissertação está desenvolvida em três capítulos, além desta Introdução e das Conclusões. No primeiro capítulo, apresentamos os referencias que nortearam a pesquisa, neste caso, a Experimentação e as Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino de Ciências. Em seguida, no Capítulo 2, apresentamos a abordagem metodológica delimitada para a análise de nosso objeto de estudo. Seguindo-se, no terceiro capítulo discutimos, à luz da literatura, os resultados obtidos, e, finalizando, as conclusões às quais os resultados da pesquisa nos permitiram vislumbrar.

## 2 AS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Com a reforma do Ensino Médio, as disciplinas da área de Ciências da Natureza – Biologia, Física e Química – sofreram alterações e novas propostas, demarcadas por meio do programa ‘Ensino Médio Inovador (EMI)<sup>3</sup>’. De acordo com o Ministério da Educação:

O programa Ensino Médio Inovador foi instituído pela Portaria nº 971, de 9 de outubro de 2009, no contexto da implementação das ações voltadas ao Plano de Desenvolvimento da Educação – PDE. A edição atual do Programa está alinhada às diretrizes e metas do Plano Nacional de Educação 2014-2024 e à reforma do Ensino Médio proposta pela Medida Provisória 746/2016 e é regulamentada pela Resolução FNDE nº 4 de 25 de outubro de 2016. (BRASIL, 2019)

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para o Ensino Médio propõem orientações básicas de conteúdos considerando princípios pedagógicos, nas três áreas de conhecimento da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), respectivamente: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; e Ciências Humanas e suas Tecnologias.

Neste trabalho, especificamente, serão enfatizadas algumas orientações curriculares para o Ensino Médio da área de conhecimento de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, e, mais especificamente, do Ensino de Física, especialmente, a preocupação com o desenvolvimento científico e tecnológico, que ganham destaque nas Diretrizes Curriculares Nacionais, conforme evidencia o documento:

A apropriação de conhecimentos científicos se efetiva por práticas experimentais, com contextualização que relacione os conhecimentos com a vida, em oposição a metodologias pouco ou nada ativas e sem significado para os estudantes. Estas metodologias estabelecem relação expositiva e transmissivista que não coloca os estudantes em situação de vida real, de fazer, de elaborar. Por outro lado, tecnologias da informação e comunicação modificaram e continuam modificando o comportamento das pessoas e essas mudanças devem ser incorporadas e processadas pela escola para evitar uma nova forma de exclusão, a digital. (BRASIL, 2013, p. 167)

Neste contexto, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio também incentivam o resgate investigativo no ensino de Física, a fim de estimular o pensamento crítico às questões relacionadas aos fenômenos científicos, além da promoção da reflexão na construção do

---

<sup>3</sup> <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=13439:ensino-medio-inovador>

conhecimento. Este enfoque na tríade ciência, tecnologia e sociedade “possibilita a discussão da relação entre os polos que a sigla designa e a relevância de aspectos tecnocientíficos em acontecimentos sociais significativos”. (BRASIL, 2006, p. 62)

Historicamente, ainda de acordo com Giordan (1999), a experimentação sempre teve destacada relevância para a metodologia científica, pautada “pela racionalização de procedimentos, tendo assimilado formas de pensamento características, como a indução e a dedução” (p. 44).

Ainda como contribuição para a pesquisa e prática científica, Giordan (1999, p. 45), destaca que:

[...] sequências de dados extraídos de experimentos são consideradas, na visão positivista, competências de extremo valor para a educação científica do aluno. A experimentação exerce a função não só de instrumento para o desenvolvimento dessas competências, mas também de veículo legitimador do conhecimento científico, na medida em que os dados extraídos dos experimentos constituíam a palavra final sobre o entendimento do fenômeno em causa. (GIORDAN, 1999, p. 45)

Pautada nestas condições, a experimentação eleva o papel do professor como organizador de um processo construtivo e promove uma reflexão mais racionalizada e uma vivência realmente tangível das experimentações e situações de pesquisa.

## 2.1 AS NOVAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO CONTEXTO EDUCACIONAL

De acordo com Kenski (2012, p. 21), “a evolução social do homem confunde-se com as tecnologias desenvolvidas e empregadas em cada época”. Desta forma, se traçada uma linha do tempo imaginária, pode-se encontrar aparatos tecnológicos ao longo de toda a história humana.

Tais aparatos contribuíram, fundamentalmente, para que os recursos empregados por cada sociedade fossem capazes de minimizar esforços e, conseqüentemente, proporcionassem mais qualidade de vida e melhores conexões entre as pessoas, os equipamentos e as ferramentas empregadas por elas.

Em relação a esta conexão, Kenski (2012) defende que:

A evolução tecnológica não se restringe apenas aos novos usos de determinados equipamentos e produtos. Ela altera comportamentos. A ampliação e a banalização do uso de determinada tecnologia impõem-se à cultura existente e transformam não apenas o comportamento individual, mas o de todo o grupo social. [...] A economia, a política e a divisão social do

trabalho refletem os usos que os homens fazem das tecnologias que estão na base do sistema produtivo em diferentes épocas. O homem transita culturalmente mediado pelas tecnologias que lhe são contemporâneas. Elas transformam sua maneira de pensar, sentir, agir. (KENSKI, 2012, p. 21)

Isso significa pensar que estas mudanças contribuíram do ponto de vista tecnológico com uma verdadeira mudança de paradigma em diferentes áreas, tais como na comunicação, nas Ciências e, sobretudo, nas relações humanas, ao alterar a forma como agimos e transformamos as coisas.

Quando falamos de tecnologia em educação é muito comum se pressupor, como na atualidade, o uso de dispositivos móveis e computadores como ferramentas ou instrumentos de ensino, mas o uso das tecnologias na educação vem de muito antes desta era digital na qual estamos inseridos, também conhecida como sociedade da informação.

Em relação à sociedade da informação, Coll e Monereo (2010), explicam como as tecnologias e a sociedade se inter-relacionam:

Entre todas as tecnologias criadas pelos seres humanos, aquelas relacionadas com a capacidade de representar e transmitir informação – ou seja, as tecnologias da informação e da comunicação – revestem-se de uma especial importância, porque afetam praticamente todos os âmbitos de atividade das pessoas, desde as formas e práticas de organização social até o modo de compreender o mundo, de organizar essa compreensão e de transmiti-la para outras pessoas. (COLL; MONEREO, 2010, p. 17)

As novas tecnologias, desta maneira, estariam intimamente ligadas ao conceito de inovação. Para identificá-las, é importante pensar nas tecnologias como evolutivas, ou seja, elas se caracterizam por estarem em permanente transformação. De acordo com Kenski (2012, p. 25), “caracterizam-se também por terem uma base imaterial, ou seja, não são tecnologias materializadas em máquinas e equipamentos. Seu principal espaço de ação é virtual e sua principal matéria-prima é a informação”.

Historicamente, pode-se considerar as linguagens oral e escrita como as mais antigas formas de expressão.

Os primeiros registros gráficos do pensamento humano foram encontrados em materiais como paredes de cavernas, ossos, pedras e peles de animais. Muitos outros materiais foram utilizados como suporte para a escrita antes da invenção do papel. Os egípcios criaram um tipo especial de papel chamado

papiro que, pelo seu uso generalizado, acabou por também denomina o tipo de documento que nele era escrito. (KENSKI, 2012, p. 30)

As mudanças causadas a partir da escrita, neste sentido, foram fundamentais para o desenvolvimento das civilizações e causaram uma verdadeira quebra de paradigmas ao conseguir registrar o que antes era apenas externado oralmente, como afirma Neitzel (1999, p. 20), ao defender que “a partir de então, o homem não precisou mais se preocupar com a questão do apagamento das memórias, suas lembranças não mais dependiam da transmissão oral, passaram a ser registradas pela escrita”.

Outro advento que proporcionou a emancipação e massificação da escrita, popularizando o acesso à informação, surgiu por meio da invenção de Gutemberg, em meados dos anos 1450. Este importante marco histórico é destacado por Neitzel (1999) como um dos principais adventos tecnológicos e comunicacionais:

A impressão foi, durante muito tempo, a principal tecnologia intelectual, mas, ainda não satisfeito, o homem continuou a sonhar com outras formas de comunicação que o aproximasse mais facilmente de outras culturas e divulgasse o saber produzido com maior rapidez e amplitude. O homem buscava conquistar um meio mais rápido de comunicação, de registro, e dedicou-se a aperfeiçoar os meios que dispunha para diminuir a barreira da distância e do tempo, solucionar o problema da velocidade, pois somente após horas, dias, semanas é que a mensagem escrita no papel chegava às mãos do destinatário. (NEITZEL, 1999, p. 20)

Talvez este tenha sido o primeiro passo para a evolução da comunicação impressa que, com o passar dos anos, propagou o acesso ao conhecimento e informação pela sociedade.

Neste contexto, Tardif (2015), em citação de Bruzzi (2016), explica que, mais tarde, com a descoberta de processos de impressão de imagens, permitiu-se a expansão da cultura escrita às mais diversas camadas a sociedade, não se restringindo só a cultura escolástica e dos clérigos, sendo, daí por diante, criados diversos outros dispositivos, como a lousa, o lápis, enfim, diversas tecnologias foram empregadas no auxílio das aulas.

De acordo com Bruzzi (2016), diversos aparatos vêm sendo utilizados na educação desde os tempos coloniais, tais como o Horn-book de 1650, um aparato de madeira com gravuras, utilizado no ensino da leitura e escrita de crianças.

Ainda no âmbito da educação, novas ferramentas também passaram a ser agregadas, com a facilidade da transcrição da escrita no tão famoso quadro popularmente conhecido como lousa, da década de 1890. Na sequência, outros dispositivos mais “tecnológicos” passaram a ser utilizados, como o primeiro projetor de filmes e o aumento das transmissões de rádio, na



década de 1920; o retroprojeto, de 1930; a caneta esferográfica e o mimeógrafo, em 1940; a fotocopiadora, de 1959. (BRUZZI, 2016, p. 478)

No contexto geral da comunicação, a televisão teve um papel importantíssimo para a propagação de informações e transformou-se, desde sua invenção e, posteriormente, produção em larga escala em 1935, em uma das principais TIC. Em relação a isso, Cury e Capobianco (2011, p. 5) esclarecem:

A produção em escala industrial dos aparelhos de televisão possibilitou as primeiras transmissões oficiais em 1935 na Alemanha e, logo a seguir, na França. Em 1938, iniciam-se as transmissões na Rússia e em 1939, nos Estados Unidos. Durante a Segunda Guerra Mundial, somente a Alemanha não suspendeu as transmissões. Depois da guerra, iniciou-se uma nova fase na qual as principais TICs tornaram-se importantes meios de comunicação de massa. (CURY; CAPOBIANCO, 2011, p. 5)

Paralelamente ao advento da televisão, também na década de 1930, a exploração das possibilidades que, mais tarde contribuiriam para a computação, começava a conquistar avanços mais significativos, como descrito por Cury e Capobianco (2011, p. 7):

Alan Mathison Turing (1912-1954) e Alonzo Church, trabalhando separadamente, desenvolveram um algoritmo (conjunto finito de operações que levam a um resultado) possibilitando definir os limites do que poderia ser um computador. A partir da tese de Turing, nascia o modelo teórico do computador capaz de descrever os aspectos lógicos do funcionamento como memória, estados e transições. A máquina de Turing não pode ser construída, mas simulava o modo operacional de um computador moderno. (CURY; CAPOBIANCO, 2011, p. 7)

No período da Segunda Guerra Mundial, “o desenvolvimento de máquinas que pudessem acelerar os procedimentos manuais realizados para fins militares” ganhou impulso e, na década de 1940, surgiram os primeiros computadores eletromecânicos, os quais, de acordo com Machado e Maia (2011, p. 7), ocupavam amplos espaços físicos e não contavam com muitos recursos.

No final da década de 1960, o Pentágono – sede do Departamento de Defesa dos Estados Unidos – desenvolveu uma rede, chamada Arpanet, que anos depois daria luz à Internet e à rede mundial de computadores, com o objetivo de facilitar a comunicação entre equipes da recém criada agência de pesquisas federais, DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) (MATTELART, 2006).

Embora os computadores tenham sido criados no início do século XX, em grande parte para cálculos durante a Segunda Guerra, tais como o computador ENIAC (*Electronic Numerical Integrator And Computer*), logo após esse período, eles foram utilizados por instituições de ensino e grandes corporações para realização de cálculos complexos e análise de dados.

Já o primeiro sistema operacional foi desenvolvido em 1953 e surgiram então também as primeiras linguagens de programação, como FORTRAN, ALGOL E COBOL (MACHADO; MAIA, 2011).

O período tecnológico conhecido como “quarta geração de computadores”, que deu origem aos computadores pessoais, hoje amplamente conhecidos, teve início em 1970, com a empresa Apple, logo depois alcançada tecnologicamente pela sua concorrente IBM, que lançou em 1981 um computador que daria origem ao hoje popularmente conhecido PC (*Personal Computer*) (CURY; CAPOBIANCO, 2011).

Ainda na década de 1980, surgiram as estações de trabalho com o conceito de execução de multitarefas. De acordo com Machado e Maia (2011, p. 13), “surgem os primeiros sistemas operacionais comerciais que oferecem interface gráfica, como o Microsoft Windows e o OS/2”.

O uso dos computadores com fins educacionais decorreu em grande parte com o surgimento dos computadores pessoais, como citam os autores Fiolhais e Trindade (2003):

A história da utilização de computadores na educação costuma ser dividida em dois períodos: antes e depois do aparecimento dos computadores pessoais. Os computadores pessoais, que surgiram no final da década de 70 do século XX, representaram um marco significativo na democratização do uso de computadores. (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p. 260)

IBM, Apple e Microsoft contribuíram para a popularização do acesso ao computador, permitindo assim que, a partir dos anos 1980, eles pudessem ser empregados no ensino. Um exemplo, citado por Fiolhais e Trindade (2003), foi a criação da linguagem de computador Logo, para o ensino de programação e desenho de figuras matemáticas, criada pelo professor de matemática Seymour Papert, do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT).

Ainda na década de 1980, surge a *World Wide Web*, ou mais popularmente conhecida como Internet. Ainda neste período, políticas públicas para o uso de computadores nas escolas brasileiras passaram a ser implementadas e no ano de 1983, especificamente, dois grandes marcos contribuíram para que estas ações fossem concretizadas: a criação da Comissão Especial de Informática na Educação e a criação do Projeto Educom (Educação com Computadores), que tinham como foco a facilitação do acesso a computadores nas escolas públicas, além da

disseminação destes equipamentos como apoio no processo de ensino aprendizagem (TAJRA, 2012).

No Brasil, a Internet de fato só passou a ser difundida a partir dos anos 1990, mas no contexto educacional, seu uso foi promovido depois dos anos 2000 nas escolas públicas, porém, ainda hoje, nem todas foram contempladas (TAJRA, 2012).

No que tange ao ensino de Ciências, dentre outras formas de utilização, a Internet permite realizar simulações, além do acesso a experimentos remotos de qualquer lugar, sem a necessidade de o aluno acessar um computador de sua escola ou ter que adquirir um *software* específico para estudos em sua residência.

Foram nos anos 1990 que começaram a surgir *softwares* de ensino em nível profissional, segundo Bacon (1992), citado por Araujo, Veit e Moreira (2011),

No início da década de 90, (Bacon, 1992) aponta como nova tendência no ensino de Física de nível universitário o uso de pacotes de softwares com qualidade profissional, em contraste com os programas educacionais desenvolvidos pelos próprios acadêmicos usados até então. Os programas elaborados pelos professores para a suas aulas eram comumente construídos a partir de uma linguagem de programação como FORTRAN, BASIC, Pascal ou C, e tinham como vantagem o perfeito entendimento do autor sobre o seu funcionamento. Bacon (ibid) considera que a principal vantagem didática dessas propostas residia no entusiasmo dos autores com a nova perspectiva gerada pelo uso de programas deste tipo. Passado o efeito do fator novidade com a popularização dos computadores e sendo o tempo requerido para o desenvolvimento de softwares superior à disponibilidade da maior parte dos professores, houve uma demanda por pacotes de programas mais flexíveis que permitissem a elaboração de materiais didáticos de modo mais fácil e de melhor qualidade. (ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2011, p. 6)

Seguindo o contexto histórico, todos os programas, tanto profissionais quanto os desenvolvidos por professores para o ensino de Ciências, a princípio rodavam de forma local, ou seja, instalados diretamente nos computadores, ainda sem as facilidades que a Internet promoveria a partir dos anos 2000, por meio das possibilidades de simulação no ensino.

Outro passo importante para as TIC foi a fase dos computadores em rede e da portabilidade, como destacam Cury e Capobianco (2011, p. 10), pois a primeira experiência neste sentido ocorreu em 1969, “por iniciativa da ARPA (*Advanced Research Projects Agency*), uma agência norte-americana financiada pelo governo que reunia militares e pesquisadores com o objetivo de elaborar projetos tecnológicos”.

Outro grande avanço foi a popularização de dispositivos móveis computacionais e de comunicação, como, por exemplo, *notebooks*, *smartphones* e *tablets*, que tornaram possível o

acesso à informação em qualquer lugar, ao alcance de suas mãos, mudando também as relações sociais e culturais da população, aumentando a gama de instrumentos que podem ser utilizados no ensino e, algumas vezes, mudando até a forma de ensinar, como no caso do Ensino a Distância (EaD).

O aumento de dispositivos móveis por habitante, neste aspecto, foi um dos grandes pontos para o surgimento da Internet das Coisas (IoT – *Internet of Things*), criada entre os anos 2008 e 2009. Esta relação entre pessoas e dispositivos é destacada na tabela abaixo:

TABELA 1 – Relação entre pessoas e dispositivos conectados ao longo dos anos

	2003	2010	2015	2020 (previsão)
<b>População mundial</b>	6,3 bilhões	6,8 bilhões	7,2 bilhões	7,6 bilhões
<b>Dispositivos conectados</b>	0,5 bilhão	12 bilhões	25 bilhões	50 bilhões
<b>Dispositivos conectados por pessoa</b>	0,08	1,84	3,47	6,58

Fonte: Stevan Junior (2018, p. 23), adaptado pelos autores.

Pensando em um recorte com dados exclusivamente nacionais, Kenski (2013) apresenta dados em relação ao uso da Internet no Brasil indicando que, em 2010, o país tinha mais de 73 milhões de usuários. Deste total, a maior parte (cerca de 56%), tem idade entre 15 e 34 anos. Se este recorte for ainda mais específico, pensando em cada região, temos um comparativo revelador a respeito da desigualdade de acesso à tecnologia, com os seguintes números (por ordem crescente de acesso): Sudeste com 67% do total de usuários online; Sul com 14,2%, Centro-Oeste, 6,1%; Nordeste com 10,7% e, por último, a região Norte com apenas 2% do total. (KENSKI, 2013, n.p). Embora esses dados, atualizados hoje, possam apresentar variações, certamente as desigualdades permanecem.

A chamada Internet das Coisas pode ser definida como a comunicação entre qualquer dispositivo ligado à Internet que possa ser identificado e compartilhe informações com outros dispositivos quaisquer (STEVAN JUNIOR, 2018).

Historicamente, no final dos anos 1990, praticamente anos 2000, o termo *Internet of Things* passou a ganhar evidência, principalmente pela tecnologia RFID (*radio frequency*

*identification*), que utiliza identificação por radiofrequência. Em dez anos, “havia mais objetos, considerando *smartphones*, *tablets* e computadores pessoais, conectados que a própria população mundial”. (DIAS, 2016, p. 17)

Tudo isso contribuiu para uma mudança sobre a visão do uso dos computadores, de uma simples ferramenta de pesquisa e entretenimento que poderia ser usada em sala de aula, a quase um item básico na pesquisa e prática acadêmica.

Podemos entender, a partir destes números, que a sociedade atual está cada vez mais conectada e consome um volume de dados consideravelmente maior a cada ano. Somados a estes recursos, novas tecnologias e maneiras de conexão surgem a cada dia e são responsáveis por integrar, informar e conectar pessoas e informações.

As chamadas novas TIC<sup>4</sup>, de acordo com Kenski (2012, p. 38), “têm suas próprias lógicas, suas linguagens e maneiras particulares de comunicar-se com as capacidades perceptivas, emocionais, cognitivas, intuitivas e comunicativas das pessoas”.

Assim, como apontado pela autora, uma série de novas formas de interação e mediação educativa surgiram, como por exemplo, os jogos interativos, as comunidades virtuais, blogs, vlogs, plataformas de ensino a distância, os ambientes virtuais de aprendizagem (também conhecidos como AVA, onde o Moodle pode ser um dos exemplos mais icônicos), realidade virtual, e outros recursos tecnológicos e midiáticos.

A própria Internet passou por várias mudanças significativas e, no contexto educativo, ganhou ressignificação ao se transformar em um ambiente muito mais interativo e participativo do que sua proposta inicial investigativa.

Na chamada web 1.0, em meados dos anos 2000, quando seu crescimento acontecia de forma exponencial, basicamente os internautas navegavam, realizavam pesquisas, assistiam a conteúdos midiáticos e interagiam de maneira ainda bastante modesta com outros usuários, como aplicativos de mensagens, salas de bate-papo e fóruns.

Alguns anos depois, a Internet ganhou um grande volume de conteúdos textuais e midiáticos que a levaram a outro patamar de interatividade e conectividade. O resultado foi uma rede muito mais participativa e, principalmente, baseada na coletividade proporcionada pelo compartilhamento de informações, dados e experiências. Os usuários passaram, então, a ter um perfil de coprodutores de todo o conteúdo gerado e compartilhado no ciberespaço.

---

<sup>4</sup> Os autores que fundamentaram esta pesquisa, principalmente Kenski, tratam as tecnologias da informação e comunicação com novo olhar a partir da modernização destas ferramentas que tiveram uma nova “onda” com o advento da Internet e maior participação da educação em rede. Este fenômeno, de acordo com a autora e outros estudiosos, ficou conhecido como NTIC, ou seja, novas tecnologias da informação e comunicação.

O aumento exponencial da conectividade fez com que previsões da década de 1990, por exemplo, dimensionassem de forma incorreta os números extraordinários atualmente mensurados, conforme indica Stevan Junior (2019, p. 18) nesta tabela ilustrativa:

TABELA 2 – Histórico do tráfego global de Internet

ANO	TRÁFEGO GLOBAL
1992	100 GB por dia
1997	100 GB por hora
2002	100 GB por segundo
2007	2 TB por segundo
2016	26,6 TB por segundo
2021 (previsão)	105,8 TB por segundo

Fonte: Stevan Junior (2018, p. 18), adaptado pelos autores.

Nesta primeira década do Século 21, a sociedade pode observar comunidades muito mais conectadas, ainda que não presencialmente, mas capazes de contribuir de forma intensa em um verdadeiro processo de inteligência coletiva. E neste contexto, Pierre Lévy enfatiza em uma entrevista<sup>5</sup> que este novo comportamento transformaria a educação em uma “pedagogia de aprendizagem coletiva permanente”.

Isso significa pensar que estas ferramentas educacionais tecnológicas podem ser capazes de ampliar o conhecimento e torná-lo disponível de maneira efetiva e abrangente.

Perrenoud (2000, p. 139) destaca a necessidade de competências fundamentadas em uma cultura tecnológica e a importância destas tecnologias para a educação:

As novas tecnologias podem reforçar a contribuição dos trabalhos pedagógicos e didáticos contemporâneos, pois permitem que sejam criadas situações de aprendizagem ricas, complexas, diversificadas, por meio de uma divisão de trabalho que não faz mais com que todo o investimento repouse sobre o professor, uma vez que tanto a informação quanto a dimensão interativa são assumidas pelos produtores dos instrumentos. (PERRENOUD, 2000, p. 139)

<sup>5</sup> <http://www.webaula.com.br/index.php/pt/acontece/noticias/2874-pierre-levy-fala-dos-beneficios-das-ferramentas-virtuais-para-a-educacao>

Estas tecnologias podem ser aplicadas presencialmente, de maneira prática, ou de maneira remota, como acontece no contexto do Ensino a Distância, como destaca Kenski (2012, p. 75) ao afirmar que “caracteriza-se pela possibilidade de deslocalização espaçotemporal”. Desta forma, professores e alunos não precisariam estar fisicamente no mesmo ambiente, ainda com a possibilidade de participar das aulas em momentos diferentes.

Em relação ao uso de recursos que podem ser utilizados nos ambientes virtuais de aprendizagem, Kenski (2012, p. 89) remete a Tori (2002) para exemplificar algumas possibilidades híbridas, isto é, presenciais e a distância, como:

- Substituição de aulas expositivas, com grande número de alunos, por material interativo on-line, complementado por aulas presenciais, com menor carga horaria e pequeno número de alunos, destinadas a atividades que envolvam discussões, esclarecimentos de dúvidas, dinâmicas e grupo, orientações;
- Gravação em vídeo de aulas magnas, sincronização com os respectivos slides de apresentação e disponibilização aos alunos, via servidores de vídeo streaming;
- Criação de fóruns de discussão por série, por área, por disciplina e por projeto;
- Oferecimento de monitoria on-line aos alunos;
- Oferecimento de laboratórios virtuais, que permitam aos alunos a realização de experiências preparatórias, reduzindo-se o tempo necessário para experimentações em laboratórios reais ou, em alguns casos, substituindo-se laboratórios que ocupam espaço físico;
- Apoio a projetos colaborativos, mesmo que realizados em sala de aula, por meio de recursos virtuais;
- Oferecimento aos alunos de conta para acesso via internet a: área em disco virtual, conteúdos e laboratórios virtuais, fóruns de discussão, biblioteca virtual e outros recursos de apoio. (KENSKI, 2012, p. 89)

Kenski (2012) define como principal vantagem para o uso dos ambientes virtuais a flexibilização da navegação, permitindo aos alunos definir sua própria trajetória de acesso às informações, diferenciando, portanto, dos modelos de ensino tradicionais. A autora traz ainda o conceito de L-games (*learning games*) como outra TIC possível no âmbito educacional, em que é possível criar e desenvolver, de maneira colaborativa, situações virtuais que permitem “o desenvolvimento de modelos e objetos de aprendizagem que viabilizem a construção de atividades coletivas plenas de interação e aprendizagem”. (KENSKI, 2012, p.120)

No universo das TIC, no entanto, há muito a ser explorado e suas inovações aplicadas à educação são permanentemente atualizadas. Um relatório de pesquisa denominado NMC Horizon, produzido pela EDUCAUSE *Learning Initiative* (ELI) em parceria com a *News Media Consortium* (NMC), com focos de estudo em tecnologia educacional, aponta tendências

tecnológicas neste âmbito em edição recente (ADAMS BECKER, *et al*, 2017, p. 8). O estudo focou em seis principais tendências:

- **Cultura de inovação:** o estudo argumenta que o ensino superior é um veículo para impulsionar a inovação, a partir da exploração de novas ideias e maneiras de replicá-las. Desta forma, as instituições promovem uma cultura de experimentação, com o objetivo de progredir com as ideias, e cabe às instituições avaliar criticamente seu currículo minimizando barreiras que possam limitar o desenvolvimento de propostas inovadoras;

- **Abordagens de aprendizagem profunda:** baseado em conteúdos que promovam nos alunos pensamento crítico, resolução de problemas, colaboração e aprendizagem autodirigida. A aprendizagem, desta forma, deve estar alinhada a propostas de desafios, projetos e questionamentos, com foco em uma aprendizagem mais significativa;

- **Foco crescente em medir a aprendizagem:** baseia-se no interesse, por parte dos professores, em buscar variedade em métodos e ferramentas avaliativas. Cabe às universidades, portanto, repensar como definir, medir e demonstrar o domínio do assunto;

- **Redesenhando espaços de aprendizagem:** consiste na estratégia de incorporar elementos digitais em ambientes físicos de aprendizagem, promovendo maior interação, mobilidade e flexibilidade para o uso de dispositivos. Alguns recursos, por exemplo, podem envolver conteúdos 3D, espaço para simulação de experiências, laboratórios com recursos visuais detalhados, entre outros. O uso destas ferramentas tem como objetivo a promoção de interações e resolução de problemas interdisciplinares;

- **Designs de aprendizagem combinados:** o chamado “aprendizado combinado”, isto é, que mescla situações presenciais e virtuais de aprendizagem, pode ser melhor compreendido devido à sua flexibilidade, facilidade de acesso e integração multimídia. Como benefício, o estudo cita o desenvolvimento do pensamento criativo, independência de estudo e maior capacidade do aluno em adaptar as experiências de aprendizagem;

- **Aprendizagem colaborativa:** baseia-se nas atividades conjuntas entre alunos e professores, por meio de uma perspectiva de aprendizagem como construção social fundamentada em quatro princípios: colocar o aluno como centro do processo, enfatizar a interação, trabalhar em grupos e desenvolver soluções para desafios reais. Neste processo, a tecnologia tem um papel fundamental para sua implementação, como serviços em nuvem, aplicativos e ferramentas digitais que promovem a conectividade entre alunos e educadores.

De acordo com o mesmo estudo, há outras tecnologias que ainda podem ser exploradas, como podemos verificar no Quadro 1.



QUADRO 1 – Tecnologias possíveis para implementação na educação

CATEGORIA	TECNOLOGIA
<b>Tecnologias de consumo</b>	Drones
	Ferramentas de comunicação em tempo real
	Robótica
	Tecnologias de vestir
<b>Estratégias digitais</b>	Inteligência de localização
	Espaços de fabricação digital (como “Fab labs”)
	Tecnologias de preservação e conservação
<b>Tecnologias da Internet</b>	<i>Blockchain</i> (visa a descentralização de dados como medida de segurança)
	Bolsa de estudos digital (uso de evidências digitais e métodos de pesquisa na pesquisa acadêmica)
	Internet das coisas (IoT)
	Ferramentas de distribuição
<b>Tecnologias de aprendizagem</b>	Tecnologias adaptativas de aprendizagem
	Tecnologias de micro aprendizagem
	Aprendizagem móvel
	Sistemas de gerenciamento de aprendizado de última geração
	Laboratórios virtuais e remotos
<b>Tecnologias de mídia social</b>	<i>Crowdsourcing</i> (modelo que conta com conhecimento coletivos para desenvolver soluções e criar produtos)
	Identidade online
	Redes Sociais
	Mundos Virtuais
<b>Tecnologias de visualização</b>	Impressão 3D
	Visualização de informação
	Realidade Mista
	Realidade Virtual
<b>Tecnologias capacitadoras</b>	Computação afetiva
	Inteligência Artificial
	<i>Big Data</i>
	Eletrovibração (evolução da tecnologia “ <i>touchscreen</i> ”)
	Displays (telas) flexíveis
	Redes de malha
	Banda Larga Móvel
	Interfaces Naturais do Usuário
	Near Field Communication (também conhecida como NFC, significa comunicação por campo de proximidade, que permite a troca de informações sem fio entre dispositivos móveis)
	Baterias de última geração
	<i>Open Hardware</i> (equipamento ou <i>hardware</i> eletrônico projetado, assim como um <i>software</i> de código livre, de maneira que qualquer pessoa possa construir, modificar e utilizar o equipamento)
	Reconhecimento de fala automática
	Assistentes Virtuais
Transferência de energia sem fio	

Fonte: (ADAMS BECKER, *et al*, 2017, p. 37, tradução dos autores)

Particularmente com relação às tecnologias de aprendizagem, nosso objeto de estudo, podemos destacar as seguintes aplicações:

- **Tecnologias adaptativas de aprendizagem:** podem ser ofertadas a partir de plataformas de aprendizagem que permitem a mensuração da evolução do aluno ou grupo de alunos, incluindo a personalização das atividades e do estilo da “trilha” de conhecimento, isto é, quais as sequências de conteúdos que irão compor determinado objetivo de aprendizagem. Além das atividades *online*, podem ser incluídos recursos como áudio e vídeo e, nesta modalidade, o professor passa a ter um papel de tutoria do processo de ensino aprendizagem, tornando o conhecimento mais autônomo e interativo ao aluno.

- **Tecnologias de micro aprendizagem:** pressupõe técnicas de aprendizagem em que prevalecem ações de curto prazo e conteúdos mais enxutos, quando o conhecimento possa ser transmitido de maneira dinâmica e efetiva, seja por meio de recursos visuais ou midiáticos, seja a partir de uma proposta interativa. Um dos recursos também utilizados nesta tecnologia são as técnicas de gamificação, por promoverem a divisão do conteúdo em blocos evolutivos, nos quais o aluno vai avançando no processo de aprendizagem a partir do cumprimento de objetivos – que podem estar totalmente voltados aos objetivos pedagógicos da ação;

- **Aprendizagem móvel:** também conhecida como *m-learning*, está diretamente ligada ao uso de recursos tecnológicos como *smartphones*, *tablets*, *notebooks* e outros equipamentos que facilitem a mobilidade e a velocidade da aprendizagem. Seu principal objetivo é oferecer uma aprendizagem a qualquer hora e em qualquer lugar, além de estreitar a conectividade entre lugares e pessoas, democratizando o acesso à informação e à educação;

- **Sistemas de gerenciamento de aprendizado de última geração:** este tipo de recurso gerencia a aprendizagem e permite ao professor/tutor monitorar as atividades e etapas do processo, além de promover a interação entre os envolvidos. Sua tecnologia permite, ainda, o controle do progresso do educando, além de consolidar as atividades em um único ambiente – neste caso, totalmente virtualizado.

## 2.2 AS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Diversos autores que embasaram teoricamente este trabalho, tais como Coll e Monereo (2010), Moran (2006), Kenski (2003; 2012; 2013), Sousa, Moita e Carvalho (2011), Ward e colaboradores (2010), apontam a tecnologia como meio de ampliação dos espaços de ensino aprendizagem. Especificamente no ensino de Ciências, as TIC podem proporcionar novos desafios a partir de estímulos não convencionais como aqueles utilizados em sala de aula, a

partir de recursos tecnológicos específicos, com o objetivo de promover um espaço interativo e inovador.

As competências propostas como desafios para o ensino de Ciências apontados nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) indicam três pilares que podem ser descritos como: competência de representação e comunicação; investigação e compreensão; contextualização sociocultural (BRASIL, 2020). O segundo tópico, especificamente a competência de investigação e compreensão está diretamente ligada ao caráter investigativo esperado no processo de ensino aprendizagem que, de acordo com os autores referenciados neste trabalho, podem apoiar-se no uso das TIC como forma de assegurar seu melhor aproveitamento e contribuição para a compreensão dos conteúdos.

Ward *et al.* (2010, p.198) indicam como pontos favoráveis para o uso das TIC: inclusão e acesso; envolvimento do aluno; aprendizagem efetiva; avaliação para ajudar a aprendizagem; avaliação somativa efetiva; abordagens inovadoras; facilidade de usar; correspondência com o currículo.

Um ponto importante a ser destacado nesta dinâmica educacional, a partir da chamada sociedade da informação, com o apoio das TIC, é a visão do professor como parte integrante do grupo de aprendentes, como afirma Kenski (2003):

O professor passa a encarar a si mesmo e a seus alunos como uma “equipe de trabalho”, com desafios novos e diferenciados a vencer e com responsabilidades individuais e coletivas a cumprir. Nesses novos agrupamentos de aprendizagem, o respeito mútuo, a colaboração e o “espírito interno da equipe” orientam para a aprendizagem de novos comportamentos e atitudes, tanto do professor como dos alunos. (KENSKI, 2003, p. 94)

Ainda nesse contexto, Coll e Monereo (2010) relacionam a mudança do papel do professor diante da interação e intervenções propiciadas pelas TIC como algo divergente da antiga visão de protagonismo, e meramente como transmissor de conhecimento, para um papel mais inclusivo e coparticipativo (COLL; MONEREO, 2010).

No ensino de Ciências, as experimentações, vivências práticas e produção de hipóteses poderiam oferecer um espaço bastante propício a esta dinâmica coparticipativa, apoiada e fundamentada no trabalho em equipe e no compartilhamento efetivo.

No entanto, para que esta integração à sociedade da informação e ao uso pleno de recursos possa acontecer com qualidade e efetividade, Kenski (2003) destaca que

A relação entre educação e novas tecnologias requer novos posicionamentos ligados à política e à gestão da educação. Esses novos posicionamentos dizem respeito à delimitação clara do papel do Estado na educação; aos objetivos e finalidades da educação em face das novas demandas sociais; à estrutura organizacional das instituições de ensino de todos os níveis; ao financiamento da educação; à universalização e à democratização do acesso a esses novos ambientes tecnológicos, por onde também se dá e se faz educação; às formas de valorização do magistério e às articulações com outras esferas sociais (que também oferecem educação). (KENSKI, 2003, p. 96)

Este ensino de qualidade, entretanto, não estaria apenas associado aos recursos utilizados em si, mas também às relações que envolvem o processo de ensino aprendizagem, principalmente, em relação aos processos de comunicação e interação.

Sobre esta questão, Sousa, Moita e Carvalho destacam que

Uma das formas de se promover um ensino de qualidade é através do emprego de tecnologias que se apresentam como uma ferramenta pedagógica que propicie a integração do aluno no mundo digital, através da otimização dos recursos disponíveis, possibilitando uma multiplicidade de formas de acesso ao conhecimento de forma dinâmica, autônoma, prazerosa e atual. (SOUSA; MOITA; CARVALHO, 2011, p. 31)

A otimização de recursos, neste sentido, é um dos pontos de destaque evidenciados na literatura como justificativa para melhor aproveitamento da tecnologia e, de certa forma, essencial para que haja maior homogeneidade de oportunidades na utilização de recursos teoricamente escassos em algumas instituições. Desta forma, as TIC seriam uma alternativa para aproximar teoria e prática de maneira mais consistente e enriquecedora.

Neste cenário, o professor tem um papel importante no sentido de estimular o pensamento crítico e a construção do conhecimento de maneira contextualizada, como afirma Moran (2004):

Do ponto de vista metodológico, o professor precisa aprender a equilibrar processos de organização e de “provocação” na sala de aula. Uma das dimensões fundamentais do educar é ajudar a encontrar uma lógica dentro do caos de informações que temos, organizar uma síntese coerente (mesmo que momentânea) das informações dentro de uma área de conhecimento. Compreender é organizar, sistematizar, comparar, avaliar, contextualizar. Uma segunda dimensão pedagógica procura questionar essa compreensão, criar uma tensão para superá-la, para modificá-la, para avançar para novas sínteses, novos momentos e formas de compreensão. Para isso o professor precisa questionar, tensionar, provocar o nível de compreensão existente. (MORAN, 2004, p. 4)

Essa correlação entre teoria e contextualização prática, portanto, pode ser viabilizada a partir do papel ativo do professor no caráter investigativo das propostas pedagógicas por meio dos recursos tecnológicos.

No ensino de Ciências, estas provocações investigativas são essenciais para que haja maior interação e produtividade nas aulas, transformando conceitos e metodologias em experiências e descobertas transformadoras do processo ensino aprendizagem. De acordo com Giordan (1999, p. 46), “a experimentação, quando aberta às possibilidades de erro e acerto, mantém o aluno comprometido com sua aprendizagem, pois ele a reconhece como estratégia para resolução de uma problemática da qual ele toma parte diretamente, formulando-a inclusive”.

Correlacionando a questão da prática ao currículo, e do estímulo a um perfil investigativo dos alunos, Moran, Masetto e Behrens (2006) afirmam:

Nesse contexto, a prática pedagógica do professor precisa desafiar os alunos a buscarem uma formação humana, crítica e competente, alicerçada numa visão holística, com uma abordagem progressista, e num ensino com pesquisa que levará o aluno a aprender a aprender. O aprendizado deve ser impulsionado pela curiosidade, pelo interesse, pela crise, pela problematização e pela busca de soluções possíveis para aquele momento histórico com a visão de que não são respostas únicas, absolutas e inquestionáveis. (MORAN; MASETTO; BEHRENS, 2006, p. 84)

Neste sentido, Cachapuz e colaboradores (2005, p. 41) apontam, como um dos principais desafios para o ensino de Ciências, principalmente a visão errônea, de acordo com os autores, de “enxergar a tecnologia como subproduto da ciência, como um simples processo de aplicação do conhecimento científico para a elaboração de artefactos”.

Ou seja, segundo os autores, a tecnologia não pode ser vista como um mero instrumento para a prática científica. Sua aplicação pode ter uma abrangência muito maior e, por isso, a discussão levanta a interdependência e a relação entre ciência e tecnologia como indissociáveis e, indiscutivelmente, esta questão implica diretamente no ensino da área. Porém, também destaca outro desafio do ensino de Ciências e uma possível hipótese para a falta de familiarização dos docentes da área com a tecnologia, ocasionada, em tese, justamente pela falta de trabalho experimental (pela dimensão tecnológica), muitas vezes limitada ao currículo majoritariamente teórico, como simples transmissão de conhecimento (CACHAPUZ *et al.*, 2005).

Esta relação de aprendizagem envolvendo a prática a partir de um experimento considerado cativante está diretamente ligada à motivação, e ela pode ser constatada quando há

a efetiva interação entre os sujeitos; pelo volume de perguntas espontaneamente feitas; pela qualidade dos questionamentos levantados; e pelo tempo de atenção que a atividade consegue atrair (LABURÚ, 2006).

A experimentação, portanto, é vista como um ponto chave da atividade científica, no sentido de impulsionar o processo investigativo e a prática construtiva do conhecimento. **As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**, especificamente da área de Ciências da Natureza, reforçam que

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida inquestionável. (BRASIL, 2000, p. 84)

As simulações computacionais na área de Ciências combinadas às atividades experimentais poderiam tornar, neste contexto do uso de objetos de aprendizagem (OA), o processo de aprendizagem mais eficiente. Estes recursos educacionais, os **OA**, teriam o papel de facilitar a aprendizagem tanto no ensino a distância como no ensino presencial, segundo Arantes, Miranda e Studart (2010). Ainda segundo os autores, “as simulações interativas já constituem um mecanismo eficiente para apresentar conceitos científicos e contribuir para tornar os professores facilitadores e os alunos autônomos no processo de ensino e aprendizagem” (p.27).

Pensando nas vantagens da adoção da experimentação no ensino de Ciências, a proposta de uma abordagem mais dialógica, baseada na construção de problemáticas, além do levantamento de hipóteses e consequente prática, levariam a um ensino com caráter mais investigativo e enriquecedor, do ponto de vista da possibilidade de experimentação das problemáticas propostas no ensino de Ciências (CACHAPUZ *et al.*, 2005).

Desta forma, pensando na finalidade pedagógica do uso da experimentação, vemos que ela poderia contribuir na construção de conceitos e competências; reforçar conceitos e ideias; facilitar a identificação de concepções alternativas; revisão e validação de conteúdos (ARANTES, MIRANDA E STUDART, 2010).

Há, ainda, a necessidade de aprofundar a aprendizagem de Ciências como investigação. Neste sentido, as TIC seriam essenciais como instrumento de apoio, aproximando as atividades pedagógicas da pesquisa científica e tecnológica (MAIZTEGUI *et al.*, 2002).

Este aprofundamento e estímulo ao processo investigativo por meio das TIC, no entanto, estariam diretamente relacionados à formação docente, tendo as tecnologias como instrumento essencial a ser abordado e incluído neste contexto. Kenski (2003), reforça que uma das soluções

[...] Está na possibilidade de educadores também participarem das equipes produtoras dessas novas tecnologias educativas. Para isso é preciso que os cursos de formação de professores se preocupem em lhes garantir essas novas competências. Que ao lado do saber científico e do saber pedagógico, sejam oferecidas ao professor as condições para ser agente, produtor, operador e crítico dessas novas educações mediadas pelas tecnologias eletrônicas de comunicação e informação. (KENSKI, 2003, p. 46)

Os ambientes educacionais virtuais, como os propostos nos laboratórios virtuais e de experimentação, de acordo com Kenski (2003), ampliariam o espaço educacional presencial e não o suprimiria. Neste sentido, eles “criam dimensões para o acesso à educação, novas possibilidades de comunicação e agregação, novas oportunidades para o avanço da ação e na formação do cidadão que habita os múltiplos espaço das escolas – e das suas múltiplas linguagens” (KENSKI, 2003, p. 66).

Do mesmo modo, Perrenoud (2000) afirma que

Um professor de biologia ou de química pode, hoje, substituir uma parte das experiências de laboratório – que continuam formativas por outras razões – através de operações virtuais que tomam muito menos tempo e, portanto, densificam as aprendizagens, porque é possível multiplicar as tentativas e os erros, sabendo imediatamente os resultados, e modificar as estratégias de acordo com a necessidade. (PERRENOUD, 2000, p. 133)

Desta forma, promover atividades com certo grau de complexidade, fazendo com que as habilidades e/ou conhecimentos sejam provocados, é o que caracterizaria o desafio como um dos fatores para a promoção da motivação de aprendizagem (LABURÚ, 2006).

A utilização de atividades de caráter investigativo, também conhecidas como aprendizagem por descoberta, ensino por investigação, entre outras nomenclaturas, pode ser utilizada, além do desenvolvimento de habilidades cognitivas, na realização de procedimentos para elaboração de hipóteses, levantamento e análise de dados, bem como no desenvolvimento de argumentos (ZÔMPERO, LABURÚ, 2011).

Outro eixo abordado pelas possíveis vantagens da experimentação no ensino de Ciências está atrelado ao desenvolvimento do trabalho em equipe e da oportunidade de aprendizagem colaborativa. Neste contexto, Laburú (2006, p. 46) destaca que “a formação de

um espírito colaborativo de equipe pressupõe uma contextualização socialmente significativa para a aprendizagem, do ponto de vista tanto da problematização como da organização do conhecimento científico. Zômpero e Laburú (2011) apresentam uma síntese das propostas de atividades investigativas apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Resumo analítico de pressupostos do ensino por investigação

<b>MOMENTOS DO PROCESSO</b>	<b>DEL CARMEN (1988)</b>	<b>OLIVERA (1992)</b>	<b>ZABALA (1992)</b>	<b>GIL (1993)</b>	<b>GARCIA (1993)</b>
<b>ESCOLHA DO OBJETO DE ESTUDO E DO PROBLEMA</b>	Planejamento e classificação do problema	Escolha do objeto de estudo	Explicitação de perguntas	Situação problemática. Precisar o problema	Contato inicial, formulação do problema
<b>EXPRESSÃO DAS IDEIAS DOS ALUNOS. EMISSÃO DE HIPÓTESES</b>	Definição, hipóteses de trabalho	Definição de hipóteses	Hipóteses, respostas intuitivas	Construção de modelos e hipóteses	Interação com as informações dos alunos
<b>PLANEJAMENTO DA INVESTIGAÇÃO</b>	Planejamento da investigação e instrumentos	Planejamento da investigação	Fontes de informações, tomada de dados		Elaboração de estratégias para incorporar novas informações
<b>NOVA INFORMAÇÃO</b>	Aplicação de instrumentos de investigação	Materiais e instrumentos	Tomada de dados	Realização de atividades	Interação da informação nova e pré-existente
<b>INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES</b>	Comunicação, discussão, valoração	Comunicação da investigação. Publicação de trabalhos	Seleção, classificação de dados e conclusão	Interpretação dos resultados, relação hipóteses e corpo teórico	
<b>EXPRESSÃO E COMUNICAÇÃO DOS RESULTADOS</b>	Comunicação, discussão, valoração	Comunicação da investigação. Publicação de trabalhos	Expressão Comunicação	Comunicação Intercâmbio entre equipes	Elaboração da informação existente. Recapitulação
<b>RECAPITULAÇÃO E SÍNTESE</b>	Sínteses Identificação Modelos explicativos			Sínteses, esquemas, Mapas conceituais	
<b>APLICAÇÃO A NOVAS SITUAÇÕES</b>			Generalização	Possibilidades de aplicação	Aplicação Generalização
<b>METACOGNIÇÃO</b>					Reflexão sobre o processo
<b>ATUAÇÃO NO MEIO</b>		Proposta de intervenção. Ações			

Fonte: Rodrigues *et al.* (1995, p. 12) citado por Zômpero e Laburú (2011, p. 74).

A ampliação das possibilidades de experimentação geradas pelas tecnologias da informação e comunicação, particularmente os simuladores e os laboratórios remotos, como já destacado anteriormente, mostra-se como um dos principais fatores para a adoção das TIC.



### 2.3 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA EXPERIMENTAÇÃO E SIMULAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Autores como Giordan (1999), defendem a experimentação por simulação no ensino de Ciências, que teria o potencial de estimular o desenvolvimento do raciocínio e a oportunidade de vivenciar o conhecimento científico.

Outro benefício comumente citado é o estreito envolvimento entre teoria e prática, incentivando a pesquisa científica. Como defendem Grandini e Grandini (2007, p. 3), neste tipo de abordagem é possível “aprender a observar cientificamente, interpretar e analisar experimentos através da objetividade, precisão, confiança, perseverança, satisfação e responsabilidade”.

Estes quesitos estão diretamente ligados a outro benefício trazido pelo uso dos laboratórios remotos e de experimentação: o cooperativismo e o trabalho em equipe. Desta forma, o processo de ensino aprendizagem deixa de ser individual, levando os alunos a discussões, pesquisas e experiências coletivas, capazes de desenvolver e aprimorar habilidades, favorecendo a compreensão e a assimilação dos conceitos. (GRANDINI; GRANDINI, 2007)

O fator motivacional, assim como o fator cognitivo, exerce influência na defesa das atividades experimentais, como defende Laburú:

Tendo isso em vista, ponderamos que o emprego de atividades experimentais, quando embutidas de traços motivadores, contribui de forma importante, ainda que parcial e temporária, para o objetivo de prender a atenção dos alunos. Inclusive, essa contribuição, provavelmente, estenda de modo favorável sua influência no desenvolvimento de etapas menos motivadoras, mas que são necessárias para completar determinada atividade escolar. (LABURÚ, 2006, p. 386)

Neste sentido, as vantagens cognitivas desta metodologia para a educação científica se justificam pela teoria de que, pela experimentação, o aluno é protagonista da sua aprendizagem, isto é, tem papel ativo na construção do conhecimento. Partindo destes dois pontos – motivação e cognição – estariam justificados os resultados para uma aprendizagem de qualidade (LABURÚ, 2006).

Em contrapartida a estes benefícios, a comunidade científica ainda enfrenta grandes desafios para a implementação eficiente e em larga escala destas modalidades de ensino. Um dos principais desafios apontados é a falta de recursos.

Uma outra questão importante para validação da eficácia destas implementações é a necessidade de capacitação e formação docente, com o objetivo de assegurar que a mediação do processo ensino aprendizagem será efetiva.

### 3 PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo, apresentamos os percursos seguidos na condução desse trabalho. Descrevemos as modalidades de pesquisa utilizadas na busca de atender aos objetivos propostos; nosso objeto de estudo; e a metodologia de pesquisa utilizada.

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa realizada pode ser classificada, quanto à abordagem, como qualitativa. Pesquisas qualitativas visam demonstrar dados que não podem ser quantificados, isto é, o objetivo do seu resultado não é trazer representatividade numérica, mas sim exploração dos dados mediante aprofundamento da compreensão de determinado grupo, valendo-se de diferentes abordagens para trazer o porquê das coisas (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Para o alcance dos objetivos deste trabalho, a pesquisa realizada apresenta natureza exploratória e descritiva. A pesquisa exploratória tem um propósito bastante específico, de acordo com Gil (2002),

Estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. (GIL, 2002, p. 41)

O alcance exploratório da pesquisa ainda atende outro propósito, como definem Sampieri, Collado e Lucio (2013)

Os estudos exploratórios são realizados quando o objetivo é examinar um tema ou um problema de pesquisa pouco estudado, sobre o qual temos muitas dúvidas ou que não foi abordado antes. Ou seja, quando a revisão da literatura revelou que existem apenas orientações não pesquisadas e ideias vagamente relacionadas com o problema de estudo ou, ainda, se queremos pesquisar sobre temas e áreas a partir de novas perspectivas. (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013, p. 101)

Desta forma, os estudos exploratórios possibilitam a realização de uma pesquisa mais completa, com objetivo de identificar tendências e sugerir afirmações devido à pouca abrangência de pesquisas anteriores no contexto do objeto de estudo (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013).

Ainda em relação aos objetivos da pesquisa, a característica descritiva pode ser definida como a necessidade do investigador em descrever os fatos e fenômenos de determinada

realidade. Neste sentido, “a análise qualitativa, pode ter apoio quantitativo, mas geralmente se omite a análise estatística ou o seu emprego não é sofisticado”. (TRIVIÑOS, 2010, p. 111)

Os propósitos dos estudos descritivos, ainda neste contexto, de acordo com Sampieri, Collado e Lucio (2013),

Buscam especificar as propriedades, as características e os perfis de pessoas, grupos, comunidades, processos, objetos ou qualquer outro fenômeno que se submeta a uma análise. Ou seja, pretende unicamente medir ou coletar informações de maneira independente ou conjunta sobre os conceitos ou as variáveis a que se referem, isto é, seu objetivo não é indicar como elas se relacionam. (SAMPLIERI; COLLADO; LUCIO, 2013, p. 102)

### 3.2 OBJETO DE ESTUDO: LABORATÓRIOS REMOTOS E SIMULADORES

O uso de informática na educação tomou grande relevância em países desenvolvidos. No contexto do ensino de Ciências, por exemplo, são amplas as discussões sobre as formas de contribuição dos laboratórios de simulação, bem como das simulações computacionais.

Simulações computacionais vão além das simples animações. Elas englobam uma vasta classe de tecnologias, do vídeo à realidade virtual, que podem ser classificadas em certas categorias gerais baseadas fundamentalmente no grau de interatividade entre o aprendiz e o computador. (GADDIS, 2000, *apud* MEDEIROS; MEDEIROS, 2002)

Podemos entender que as simulações computacionais vão muito além de meras animações onde o aluno participaria mais como espectador, sendo conduzido pelo experimento.

Desta forma, Paula (2017), explica as principais diferenças entre animações, simulações e laboratórios virtuais. Neste último ponto, o conceito é descrito pelo autor como o grau de interatividade que os usuários destas plataformas têm com elas, tais como o comportamento dos objetos ou materiais na tela do *software* ou aplicativo ou mesmo a complexidade do experimento em si.

Outro item que distingue os laboratórios virtuais são as medidas, que são o resultado da interação do estudante com os objetos e equipamentos apresentados no *software*. E, por fim, os laboratórios virtuais reproduzem situações e equipamentos existentes no mundo real.

Neste contexto, Medeiros e Medeiros (2002), também citam que os laboratórios de simulação podem representar ações de sistemas ou fenômenos, que não poderiam ser reproduzidos em sala de aula pelos alunos, tais como, o movimento os planetas, eventos históricos, experimentos de alta periculosidade, ou qualquer outro experimento cuja realização

tivesse valores financeiros elevados ou fossem extremamente rápidos ou lentos para serem acompanhados.

Gaddis (2000), citado por Medeiros e Medeiros (2002), especifica alguns dos benefícios do uso do laboratório de simulação, sendo eles: maior concentração dos alunos nos conceitos envolvidos no experimento, fornecendo *feedback* a respeito desta utilização; permitir a coleta de uma grande quantidade de dados pelos estudantes; alta interatividade e engajamento; permitir o teste de hipóteses, compreensão de conceitos abstratos, relações de causa e efeito em sistemas; e desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas.

Os laboratórios de simulação possuem diversas possibilidades, no entanto, em comparação com os mesmos experimentos nos laboratórios e ambientes reais, por mais complexos que sejam, os laboratórios de simulação, não poderão reproduzir todas as condições possíveis de um fenômeno ou evento, pois no final das contas, são aplicativos com regras e variáveis específicas, pré-programadas, e nem sempre estarão preparados para as situações diversas que o mundo real oferece.

Já os laboratórios de experimentação remota são uma alternativa aos laboratórios de simulação, pois neles, os alunos têm contato com um experimento real.

Um Laboratório de Experimentação Remota é um laboratório real, porém com a possibilidade de ser acessado de qualquer local por meio de um computador conectado à Internet. Esse tipo de laboratório tem sido utilizado por empresas, no treinamento de pessoal especializado e no ensino, em particular, nas disciplinas que utilizam práticas experimentais. (CARDOSO; TAKAHASHI, 2011, p. 186)

Os experimentos são acessados pelos alunos através da Internet, tanto por um dispositivo móvel, como um *smartphone* ou *tablet*, quanto por um computador. Cardoso e Takahashi (2011, p.189), explicam a infraestrutura necessária para a utilização dos laboratórios de experimentação remota:

O computador do usuário pode acessar o servidor web através da Internet, buscar informações detalhadas sobre a natureza do experimento e executá-lo. O servidor web permite ao usuário o acesso ao laboratório, o controle dos dispositivos e a obtenção dos resultados do experimento. A interface programável possui basicamente duas funções: interpretar os dados obtidos dos experimentos para que o servidor web possa repassar para o usuário, e interpretar o comando do usuário para que ele seja executado no aparato experimental. Na maioria dos casos, são incluídas câmeras para a visualização do experimento. (CARDOSO; TAKAHASHI, 2011, p.189)

E ainda, no que diz respeito à infraestrutura, Cardoso e Takahashi (2011, p. 189), citando Silva (2006, p. 128), afirmam que a infraestrutura dos laboratórios de experimentação remota deverá ter as seguintes características:

- Controle remoto e monitoramento dos experimentos;
- Comunicação multimídia entre os usuários;
- Um caderno de notas digital com todas as facilidades para introdução de dados, arquivos, figuras, buscas etc.;
- Gestão dos recursos, para decidir adequadamente que usuário ou usuários podem acessar a cada um dos experimentos disponíveis;
- Segurança, tanto no aspecto de permitir e negar acesso como nos recursos para gerir possíveis falhas do sistema;
- Diversos tipos de comunicação: voz, imagem, dados, resultado de experimentos, estado dos experimentos;
- Largura de banda: Adequada para permitir as distintas comunicações de dados científicos, como de imagens ou vídeo.

Cardoso e Takahashi (2011, p. 190), citando Silva (2006, p. 135), mencionam outras vantagens no uso dos laboratórios de experimentação remota:

- Maior utilização dos equipamentos do laboratório. Ao estarem disponíveis 24 horas por dia, 365 dias ao ano seu rendimento é maior;
- Organização de laboratórios. Não é necessário manter os mesmos abertos a todas as horas, basta que estejam operacionais;
- Organização do trabalho dos alunos. Com os laboratórios remotos os alunos e os professores podem organizar melhor seu tempo, de maneira similar aos horários de aulas;
- Aprendizagem autônoma. Os laboratórios remotos fomentam o trabalho autônomo, que é fundamental no modelo atual de educação superior;
- Abertura à sociedade. Os laboratórios remotos podem ser colocados à disposição da sociedade;
- Cursos não presenciais. Possibilitam a organização de cursos totalmente não presenciais, evitando muitos dos problemas atuais;
- Inserção dos usuários em um contexto real.

A falta de infraestrutura das escolas para realização de experimentos de Ciências, como abordado nos tópicos anteriores, sendo um dos principais problemas nas escolas, também afeta

o interesse dos alunos pelas disciplinas científicas em geral e, conseqüentemente, o interesse em seguir tal carreira. Antonio (2016) cita em sua dissertação dados sobre o número de estudantes que estão se formando nas áreas de Ciências, Matemática e Engenharia, demonstrando que há uma grande queda no número de alunos formados nestas áreas, causada, dentre outras razões, pela experiência negativa dos alunos nessas disciplinas nos ensinos médio e fundamental, com ênfase quase que absoluta na teoria, não havendo práticas.

Uma possibilidade para resolver este problema seria estimular os alunos a conhecerem estas áreas, o que seria facilitada com experimentos em laboratórios, pois aumentaria o engajamento e a curiosidade deles, fazendo com que no futuro alguns destes alunos manifestassem interesse em seguir em carreiras nas áreas de exatas.

Dessa forma, tendo em perspectiva a potencial contribuição dos simuladores e dos laboratórios remotos para aproximar os estudantes de disciplinas científicas, realizamos um extensivo processo de busca desses objetos na Internet. Essa busca foi guiada por pesquisa bibliográfica em artigos de periódicos, nas plataformas CAPES e Scielo, além da pesquisa em ferramentas como o Google Acadêmico e bancos de teses e dissertações.

Como resultado, foram selecionados os seguintes simuladores e laboratórios remotos: DistanceLab e-environment; Efeito Foto Elétrico – UFPB; e-LABORATORY PROJECT; Farlabs; Go-Lab Sharing and Authoring Platform; Grupo de Trabalho em Experimentação Remota Móvel; iLab Project at MIT; Internet microscope; Labster; LiLa - Libray os Labs; LTE IB - Unicamp - Educational Technology Lab; Maple Student Edition; MIT – OpenRelativity; MIT - Slower Speed of Light; OLabs; OPBS; OriginLab; Phet Interactive Simulation; Plasma Theory & simulation; Remote - Lab GymKT; Remotely Controlled Laboratories – RCLs; Remotely controlled laboratory; RExLab; Scratch; Physics Simulations and Animations; The Dynamical Astronomy JavaLab; University Network of Interactive Laboratories; UPM - 3D Labs (Universidad Politécnica de Madrid); Virtual and Remotely accessible laboratory setup and related tools; Weblab.

### 3.3 CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DOS LABORATÓRIOS REMOTOS E SIMULADORES

Os laboratórios remotos e de simulação foram apresentados até aqui como dispositivos para o ensino de Ciências, mas como todo dispositivo, para que o mesmo possa ser utilizado em sua totalidade, é necessário que requisitos de infraestrutura (*hardware*, *software* e comunicação) sejam atendidos. O entendimento sobre estes requisitos, além de possibilitar o

uso efetivo dessas ferramentas educacionais, permitirá a professores e alunos distinguirem quais dispositivos utilizar e em quais contextos.

Além disso, é preciso refletir a respeito de critérios pedagógicos – isto é, pensando na efetividade didática da adoção destes ambientes – para compreender de quais formas seu uso pode trazer benefícios ao conhecimento.

### 3.3.1 Critérios Técnicos

Um dos requisitos básicos para que possam ser utilizados, tanto os laboratórios remotos quanto os de simulação, é a comunicação, no sentido de conexão entre aparelhos por meio de uma rede, seja ela física — através de cabos ou fibra ótica, por exemplo —, ou sem fio, como, por exemplo, *wi-fi* e tecnologias de comunicação via celular ou mesmo satélite.

Desta forma, um dos requisitos básicos para o uso dos laboratórios remotos e de simulação é o acesso à Internet. Quando nos referimos a uma rede, neste contexto de estudo, nos referimos a necessidade de conexão com a *World Wide Web*, independente do dispositivo utilizado (computador, celular, *tablet* etc.) para utilização dos laboratórios.

A medida é necessária tanto em uma comunicação *online*, em que o usuário controlará algum experimento em tempo real, como no caso dos laboratórios remotos - ou mesmo realização uma simulação, quanto para fazer o *download* da aplicação em seu equipamento para execução *offline* do experimento.

O acesso à Internet pode ser feito por meio de um navegador, ou *browser*<sup>6</sup> como usado na língua inglesa, como, por exemplo, Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera, Safari, entre outros.

Em todos os laboratórios investigados, os experimentos foram disponibilizados através de uma página *HyperText Markup Language* (HTML) acessada via navegador. Bozza (2019) define as páginas HTML como:

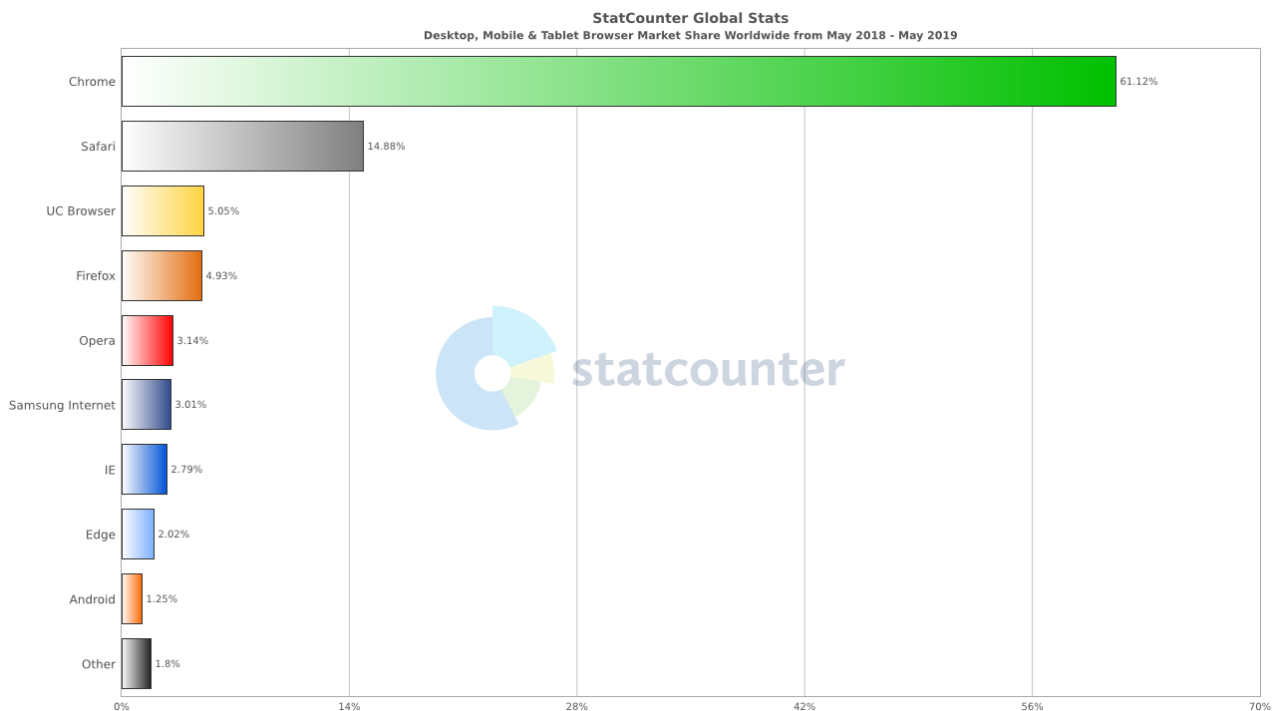
O HTML é um padrão de marcação de hipertexto (textos, imagem, vídeo e áudio) que define como os elementos de uma página devem ser exibidos. Assim, ao invés dos usuários de Internet terem que entender o comando `<b>navegador</b>` (marcação que faz a palavra aparecer em negrito), o navegador exibe a palavra navegador em negrito, facilitando a compreensão dos usuários. (BOZZA, 2019)

---

<sup>6</sup> *Browser* - também definido como navegador -é o instrumento utilizado pelo usuário para acessar conteúdos na Internet.

Segundo o site StatCounter<sup>7</sup> (2019), globalmente, os principais navegadores acessados no período de 2018 a 2019, tanto para dispositivos móveis quanto por computadores, foram: Google Chrome, Safari, UC *Browser*, Firefox, Opera, Samsung Internet, Internet Explorer (IE), Microsoft Edge e Android. Na Figura 1 apresentamos um gráfico que ilustra em quais proporções estes navegadores foram utilizados neste período.

FIGURA 2 - Gráfico dos principais navegadores utilizados globalmente entre 2018 e 2019



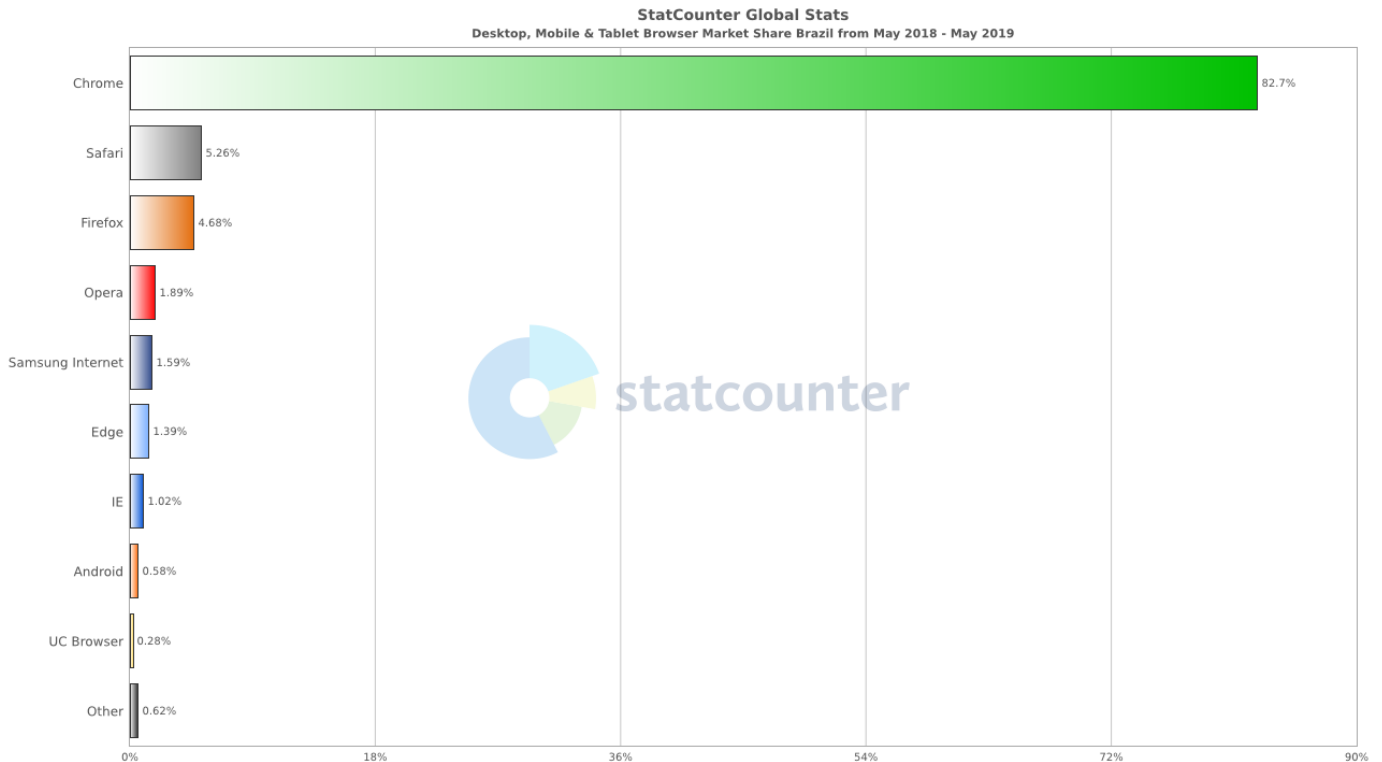
Fonte: <http://gs.statcounter.com/browser-market-share/desktop-mobile-tablet/worldwide#monthly-201805-201905-bar>

Já no cenário do Brasil, os dados apresentam maior predominância do navegador Google Chrome, conforme ilustra o gráfico representado na Figura 3, também levando em consideração o período de 2018 a 2019, tanto para dispositivos móveis quanto por computadores.

<sup>7</sup> O StatCounter (statcounter.com) é um site que agrega estatísticas baseadas em dados coletados a partir de 15 bilhões de *page views* por mês, recolhidos por meio de uma rede com três milhões de *websites*. De acordo com os desenvolvedores, os números são atualizados e disponibilizados a cada quatro horas, porém estão sujeitos a revisão por 14 dias a partir de sua publicação – portanto, dados consolidados (ALVES, 2019).



FIGURA 3 - Gráfico dos principais navegadores utilizados no Brasil entre 2018 e 2019



Fonte: <http://gs.statcounter.com/browser-market-share/desktop-mobile-tablet/brazil/#monthly-201805-201905-bar>

Podemos verificar que os navegadores Google Chrome, Safari, Mozilla Firefox, Opera, Samsung Internet, Microsoft Edge, Internet Explorer (IE), Android e UC *Browser* foram, também no Brasil, os principais navegadores.

Dentre os laboratórios remotos e de simulação estudados, o acesso é possível pelos três principais navegadores aqui listados (Google Chrome, Safari e Mozilla Firefox).

Para alguns laboratórios, serão necessárias bibliotecas e *softwares* específicos para acesso, como por exemplo, o uso do Java, linguagem de programação multiplataforma, criada pela *Sun Microsystems* que, desde abril de 2009, pertence à Oracle (que anteriormente pertencia à empresa Sun).

Segundo Furgeri (2015, p. 13), “em 1995 a Sun anunciou o Java como uma nova plataforma de desenvolvimento e, a partir deste momento, foi utilizado para a elaboração de páginas para a Internet, permitindo a criação de novos conteúdos interativos e dinâmicos”.

As aplicações do Java são inúmeras e podem ser amplamente exploradas, como aponta Furgeri:

Desde o ano de 1996 até hoje, a linguagem Java não para de crescer, produzindo soluções desde pequenas aplicações até aplicativos corporativos, controle de servidores WWW etc. Java foi usado nos antigos celulares, pagers, PDAs e, mais recentemente, nos Smartphones, uma vez que o Android foi elaborado a partir da linguagem Java e possui a mesma sintaxe. (FURGERI, 2015, p. 13)

Graças ao Java, alguns dos laboratórios de simulação podem funcionar de maneira *offline*, sem o uso da Internet, simplesmente fazendo o *download* da simulação em um computador e rodando localmente. Um exemplo é o projeto *PhET* de Simulações Interativas da Universidade de Colorado<sup>8</sup>, de utilização gratuita, desde que o equipamento em questão tenha o Java já instalado.

O Java roda tanto em dispositivos móveis (como *smartphones*, *tablets* e *notebooks*), quanto em computadores, o que permite uma grande versatilidade de acesso aos professores. Por meio dele, o professor pode escolher entre qualquer um destes aparelhos para apresentar as simulações aos alunos, não o limitando a ter um laboratório de informática em sua escola, além da possibilidade de os alunos estudarem os experimentos em suas próprias casas, desde que tenham acesso à Internet por redes sem fio (como *wi-fi* e conexão de telefonia celular).

Os laboratórios remotos e de simulação, normalmente, funcionam através de um *browser*, fazendo com que com uma grande gama de equipamentos possam ser utilizados para acesso aos mesmos, independentemente do sistema operacional utilizado. Para Machado e Maia (2011):

Um sistema operacional, por mais complexo que possa parecer, é apenas um conjunto de rotinas executado pelo processador, de forma semelhante aos programas dos usuários. Sua principal função é controlar o funcionamento de um computador, gerenciando a utilização e o compartilhamento dos seus diversos recursos, como processadores, memórias e dispositivos de entrada e saída. Sem o sistema operacional, um usuário para interagir com o computador deveria conhecer profundamente diversos detalhes sobre hardware do equipamento, o que tornaria seu trabalho lento e com grandes possibilidades de erros. O sistema operacional tem como objetivo funcionar como uma interface entre o usuário e o computador, tornando sua utilização mais simples, rápida e segura. (MACHADO; MAIA, 2011, p. 3)

A escolha dos dispositivos, bem como os sistemas operacionais neles instalados para acessar os laboratórios remotos e de simulação, impactam na questão da usabilidade, o que pode

---

<sup>8</sup> Sobre o laboratório: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/pt_BR)

influenciar na escolha dos mesmos mediante a experiência prévia que o professor já possui em relação a tais dispositivos.

Alguns outros critérios também são extremamente relevantes para a análise dos laboratórios, entre eles: idioma, usabilidade, interface humano computador (IHC), que serão descritos a seguir.

Em relação ao idioma, alguns laboratórios remotos e de simulação estão traduzidos para o português, embora a grande maioria esteja em inglês. Mas, como o apelo destas simulações é, especialmente, a parte visual, sua usabilidade é acessível a grande parte dos usuários independentemente do idioma utilizado na aplicação.

Gonçalves (2009) define os critérios que envolvem a usabilidade e interface do usuário:

A interface é, portanto, o meio no qual o usuário interage com os produtos. Ela pode ser considerada um dos focos principais do designer, onde ele trabalhará o produto para que se comunique bem com o usuário, tanto visualmente como fisicamente. No caso dos computadores, a interação com a interface pode se dar tanto pelos periféricos, tais como a tela, o mouse, o teclado, como também pelas telas dos sistemas, também chamadas de interfaces digitais. (GONÇALVES, 2009, p. 45)

A usabilidade por meio da interface entre usuário e objeto é considerada uma das questões mais importantes na análise da qualidade do *software* ou da aplicação em questão. Dessa forma, recomenda-se atenção aos critérios de usabilidade descritos no Quadro 3:

QUADRO 3 – Recomendações básicas de usabilidade

Recomendação principal	Ações indicadas para melhorar a usabilidade
<b>1. O sistema deve apresentar meios para orientar o usuário</b>	O sistema deve retornar respostas ao usuário para cada ação, seja ela grande, pequena, ou um conjunto de ações.
	As respostas devem ser significativas, apropriadas para cada situação e em tempo razoável.
	O sistema deve informar ao usuário o que está ocorrendo ( <i>status</i> do sistema).
	Deve-se oferecer meios para o usuário se localizar no sistema.
	Deve-se fornecer ajuda para utilização do próprio sistema e suas ferramentas.
	O sistema deve fornecer indicações de como o usuário deve proceder.
	O sistema deve apresentar as informações de forma organizada (localização, características gráficas, ordem alfabética, frequência de uso etc.).
<b>2. Deve-se diminuir a sobrecarga mental do usuário</b>	A interface não deve sobrecarregar a visão com número elevado de informações, assim como com informações irrelevantes ou pouco necessárias.
	Se o canal visual estiver ocupado, pode-se empregar o canal de áudio, sem sobrecarregá-los.
	As tarefas devem ser simples, reduzindo o número de passos para realizá-las.
	Todas as informações presentes no sistema devem ser legíveis, respeitando características textuais como cor, brilho, contraste, tamanho de corpo e espaçamentos.
	Todas as informações – gráficas ou textuais – devem ser claras e objetivas.
	A interface deve ser projetada de forma que a maneira de utilização do sistema seja explícita.
	Deve-se priorizar as características mais relevantes ao projetar a interface.
<b>3. O usuário deve ter controle sobre o sistema</b>	A velocidade de uso do sistema deve ser controlada pelo usuário.
	Se possível, o sistema deve fornecer ações de fazer e desfazer (CTRL+Z)
	O sistema não deve executar ações que o usuário não tenha solicitado.
	Se possível, o sistema deve fornecer ajustes e personalização das interfaces.
<b>4. O sistema deve ser compatível e adaptável ao usuário</b>	O sistema deve estar de acordo com nível de instrução, faixa etária, limitações dos usuários e formas de utilização normalmente aceitas.
	O sistema deve utilizar termos familiares aos usuários, inclusive idioma (exceto termos estrangeiros já adotados pela língua).
	O sistema deve ser flexível para atender diferentes níveis de experiência dos usuários (principiantes ou experientes).
	O sistema deve fornecer alternativas para que usuários experientes ocultem informações destinadas a usuários principiantes.
	Se possível, o sistema deve fornecer ajustes e personalização das interfaces.
	O sistema deve fornecer meios diferentes para se alcançar um mesmo objetivo.
	O sistema deve fornecer meios diferentes para se alcançar um mesmo objetivo.
<b>5. O sistema deve evitar os erros e se ocorrerem, deve favorecer a sua correção.</b>	A interface deve ser projetada de maneira a evitar a ocorrência de erros, eliminando circunstâncias propícias à sua ocorrência.
	Para prevenir erros, o sistema pode solicitar as informações por etapa.
	Se possível, o sistema deve fornecer ações de fazer e desfazer (CTRL+Z).
	O sistema deve solicitar a confirmação do usuário para ações irreversíveis.
	Quando ocorrerem, os erros devem ser apresentados ao usuário.
	Os erros devem ser recuperados de maneira rápida e fácil.
	O sistema deve fornecer meios para que o usuário corrija somente a parte incorreta.
<b>6. O sistema deve utilizar padronizações</b>	A identidade visual (cores, formas, fontes) deve ser respeitada em todo o sistema.
	Deve existir padronização de localização dos elementos do sistema.
	Deve existir padronização na forma como são realizadas as tarefas.
	Deve existir padronização de termos utilizados no sistema.

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2009, p. 83).

Prates e Barbosa (2003, p. 4) definem também alguns fatores que envolvem o conceito de usabilidade, conforme sintetizado no quadro 4:

QUADRO 4 – Fatores que envolvem o conceito de usabilidade

<b>Fator</b>	<b>Descrição prática</b>
<b>Facilidade de aprendizado</b>	Se refere ao tempo e esforço necessários para que os usuários aprendam a utilizar uma determinada porção do sistema com determinado nível de competência e desempenho.
<b>Facilidade de uso</b>	Está relacionado não apenas com o esforço cognitivo para interagir com o sistema, mas também com o número de erros cometidos durante esta interação.
<b>Eficiência de uso e produtividade</b>	Serve para analisar se o sistema faz bem aquilo a que se destina. Já o fator produtividade serve para analisar se o usuário consegue fazer o que precisa de forma rápida e eficaz.
<b>Satisfação do usuário</b>	Enfatiza a avaliação subjetiva do sistema feita por seus usuários, incluindo emoções que possam surgir durante a interação, sejam elas positivas ou negativas.
<b>Flexibilidade</b>	Considera o quanto um sistema é capaz de acomodar estas características comportamentais.
<b>Utilidade</b>	Se refere ao conjunto de funcionalidades necessárias para os usuários realizarem suas tarefas que são oferecidas pelo sistema
<b>Segurança de uso</b>	Se refere ao grau de proteção de um sistema contra condições desfavoráveis ou até mesmo perigosas para os usuários.

Fonte: Adaptado de Prates e Barbosa (2003).

Já a interação homem-computador (IHC) “tem como foco as relações ou interações físicas e cognitivas do ser humano com computadores (*hardware e software*) e se apresenta, portanto, bastante ampla, abrangendo toda e qualquer subárea relacionada ao uso de computadores por seres humanos” (GONÇALVES, 2009, p. 48).

De acordo com Rocha e Baranauskas (2003, p. 17), o termo IHC não é recente, tendo surgido em meados da década de 1980 com o propósito de avaliar o design e a implementação de sistemas computacionais que envolvem a interação entre usuários e computadores. Ainda de acordo com as autoras, “os objetivos do IHC são o de produzir sistemas usáveis, seguros e funcionais” (p.17).

### 3.3.2 Critérios Pedagógicos

A possibilidade de convivência e a exploração da pluralidade e aprendizagem coletiva são fatores essenciais que contribuem para a facilidade com que utilizam e a grande aceitação das novas gerações dos laboratórios virtuais (RECUERO, 2005). No contexto da interação e cooperativismo, Recuero (2005), citado por Carvalho (2011), destaca que:

A interação que é cooperativa pode gerar a sedimentação das relações sociais, proporcionando o surgimento de uma estrutura. Quanto mais interações cooperativas, mais forte se torna o laço social desta estrutura, podendo gerar um grupo coeso e organizado. Na organização da comunidade virtual, portanto, é necessário que exista uma predominância de interações cooperativas, no sentido de gerar e manter sua estrutura de comunidade. (RECUERO, 2005, p. 14)

Recorrer, portanto, a este tipo de recurso em sala de aula pode ser visto como mais uma estratégia docente na tentativa de engajar os alunos de uma maneira mais atrativa e dinâmica. O grande ponto de atratividade destas simulações virtuais é a oportunidade de mudança de realidade, isto é, neste mundo virtual pode-se explorar ambientes, personagens e vivências jamais imagináveis no mundo real.

Para ser efetivo, no sentido de gerar valor para o processo de ensino aprendizagem, no entanto, os laboratórios de simulação e de experimentação remota devem ter uma proposta pedagógica com objetivos muito bem definidos e alinhados à proposta de possibilitar a aprendizagem de conteúdos de Ciências. Desta forma, não serão vistos apenas como uma atividade recreativa, mas sim como uma ferramenta de aprendizagem divertida e motivadora.

Sobre a questão da efetividade enquanto procedimento pedagógico, Kenski afirma que:

O que vai fazer diferença qualitativa é a capacidade de adequação do processo educacional que levaram você, pessoa, usuário, leitor, aluno, ao encontro desse desafio de aprender. A sua história de vida, os conhecimentos anteriores, os objetivos a sua participação em uma disciplina e a sua motivação para aprender este ou aquele conteúdo, desta ou daquela maneira, são fundamentais para que a aprendizagem aconteça. (KENSKI, 2012, p. 46)

Ou seja, para Kenski (2012), o resultado desta mediação tecnológica será mais mensurável se houver empenho e participação de quem aprende. Como relação bilateral, o sucesso só pode ser alcançado se houver comprometimento e envolvimento entre as partes do processo ensino aprendizagem.

De acordo com Carvalho (2011, p.43), o planejamento da aprendizagem deve ter como princípio “apontar alguns caminhos para que o grupo atinja seus objetivos. Espera-se uma postura dialógica por parte do educador”.

Um outro ponto positivo deste modelo é a conexão entre teoria e prática, muitas vezes permitida por aplicativos. Neste formato, de aplicativos, o educador pode explorar conteúdos como matemática, estatística, geometria e associá-las às atividades práticas exploratórias.

Tratando-se especificamente do ensino de Ciências, alguns critérios para a efetividade da adoção de práticas de simulação e virtualização da aprendizagem devem ser levados em consideração. Para sintetizá-los, a seguir descrevemos as principais características de cada item analisado.

### **Adaptabilidade de recursos**

Com o acesso aos laboratórios remoto e de simulação, os recursos podem ser ajustados e dimensionados de acordo com a necessidade real da prática docente. Isso significa que, a partir de determinada necessidade pedagógica, recursos que sem o apoio tecnológico seriam praticamente inacessíveis, podem ser alocados e disponibilizados para efetivação da prática no ensino.

Como desafio tecnológico à prática docente, principalmente no caso das escolas públicas com poucos recursos, o acesso a ferramentas diferenciadas de ensino torna-se bastante limitado.

A prática experimental, portanto, com a possibilidade de manipulação de instrumentos e recursos, ainda que não presencial, proporcionaria, de acordo com Laburú (2011), uma maior consolidação dos conceitos científicos no ensino de Ciências, afinal,

As atividades manipulativas e de percepção sobre o real são semiotizações que estendem, complementam, aprimoram e refinam a capacidade cognitiva do aprendiz em tratar os abstratos conceitos da ciência. Com elas, procura-se evitar que o conhecimento científico se disponha em fragmentos isolados e desconectados. Potencializa-se, portanto, uma aprendizagem mais aprofundada e significativa, em que maior número de relações e conexões construídas é favorecido, o que torna possível outorgar significados e funcionalidade aos novos conceitos e princípios aprendidos. [...] Enfim, a aprendizagem do conhecimento das ciências da natureza não se revela por

uma mera leitura e meditação a respeito dos símbolos e princípios, mas sua interpretação e reflexão surgem, igualmente, das ações sobre o mundo natural e instrumentos tecnológicos. (LABURÚ, 2011, p. 731)

Deste ponto de vista, contar com a possibilidade de compartilhar recursos por meio dos laboratórios remoto e de simulação pode ser uma excelente vantagem didática para o processo de ensino aprendizagem. A título de exemplo, seria possível utilizar um microscópio sofisticado de maneira remota em aulas de Biologia.

### **Grau de liberdade dos usuários com relação ao experimento**

Para que haja maior assertividade no uso dos recursos, é importante que seja estimulada a reflexão, investigação e, principalmente, o incentivo à experimentação dos conteúdos e teorias pelos alunos, de maneira que a atuação do professor, como mediador do processo ensino aprendizagem, promova e instigue a aprendizagem de maneira mais significativa e relevante para o educando.

Diante de um currículo pouco flexível em relação às experiências diferenciadas daquelas tidas como tradicionais em sala de aula, ou seja, que usam recursos inovadores e tecnológicos, também é importante que o docente tenha um papel protagonista neste processo, buscando alternativas mais atraentes e práticas para o aluno.

Neste sentido, Laburú destaca que:

A curiosidade manifesta na conduta exploratória é ativada por situações ambíguas, incongruentes, surpreendentes, inesperadas, de novidade, que despertam a atenção dos alunos pelo fato de estarem em desacordo com suas crenças ou conhecimentos anteriores, além de incentivá-los a buscar a informação necessária para sua explicação. O controle refere-se a uma situação em que o sujeito percebe-se fazendo parte do processo de aprendizagem, sabe que os resultados de desempenho dependem de seus esforços, tem a oportunidade de ser ouvido e pode fazer escolhas entre exigências diferenciadas. (LABURÚ, 2006, p. 392)

Este critério tem como intuito analisar o quanto os laboratórios permitem explorar os recursos, isto é, se possui um conjunto de variáveis que permita ao usuário realizar vários experimentos com os mesmos recursos físicos do laboratório, ainda que a distância.



## **Material de apoio para o professor**

Para que haja maior assertividade no uso dos recursos, é importante que os laboratórios de simulação e remotos tragam conteúdo extra aos experimentos, de forma que o mediador dos testes, ou seja, o professor, possa agregar e enriquecer esta experiência.

Carvalho e Sasseron (2018), discutem neste contexto a importância do papel docente e de recursos de apoio em sua atuação,

Podemos e precisamos estudar os principais aspectos que circundam as práticas científicas de modo que seja possível encontrar modos de apresentar os conceitos e as noções das ciências com referências aos modos de construir e validar conhecimentos nessas áreas. (CARVALHO; SASSERON, 2018, p. 46)

Desta forma, a análise deste critério busca validar se a ferramenta oferece material de suporte para as aulas, como vídeos explicativos, guias de utilização das variáveis do experimento, testes adicionais, ou mesmo instruções de como utilizar o laboratório no ambiente escolar.

## **Estímulo às práticas investigativas e argumentativas**

Sair do lugar-comum pode ser bastante desafiador para os professores de Ciências quando o espaço pedagógico não conta com infraestrutura que promova a investigação e a experimentação dos conteúdos apresentados no currículo das disciplinas. Desta forma, o professor pode explorar práticas investigativas e argumentativas de maneira mais eficiente e elaborada, levando os alunos a um pensamento mais crítico e participativo.

Carvalho e Sasseron (2018), destacam que os modos de ação relacionados ao ensino por investigação:

Esses modos de ação relacionam-se a trabalhos práticos, caso, por exemplo, de atividade *hands on* e o uso de objetos e técnicas para coleta e organização de dados e informações, a trabalhos intelectuais como o estabelecimento e o teste de hipóteses para a resolução de um problema e a análise de situações, a definição de explicações e a busca pelos limites e condições dessas. (CARVALHO; SASSERON, 2018, p. 46)

As autoras ainda defendem que “para atuação e participação efetivas dos indivíduos em uma sociedade científica e tecnológica, pródiga em informações” é necessário priorizar ensino por investigação:

Defendemos o ensino por investigação como a resolução prática ou intelectual de problemas em que é necessário o envolvimento com ações que permitam analisar variáveis, coletar dados, identificar influências, formular explicações e estabelecer limites e condições para os quais elas sejam válidas. Todas essas ações não estão previamente definidas aos estudantes, sendo importante que as construções sejam realizadas por eles (CARVALHO; SASSERON, 2018, p. 46)

Em linhas gerais, esta participação mais efetiva do aluno semearia este perfil mais investigativo. Neste contexto, de acordo com Giordan (1999),

Tomar a experimentação como parte de um processo pleno de investigação é uma necessidade, reconhecida entre aqueles que pensam e fazem o ensino de ciências, pois a formação do pensamento e das atitudes do sujeito deve se dar preferencialmente nos entremeios de atividades investigativas. (GIORDAN, 1999, p. 44)

Dessa forma, o objetivo da análise deste critério é avaliar se a ferramenta facilita, por exemplo, ações que permitam coletar dados, manipular variáveis, testar recursos, validar teorias, entre outros.

### **Potencial contribuição para o uso de metodologias ativas**

As aulas com foco no aluno como protagonista, a partir de conteúdos mais interativos são a base deste conceito. Caberia ao educador, portanto, conduzir este processo com o desafio de tornar o aprendizado mais motivador e interessante.

Neste sentido, Bacich e Moran (2018) defendem que:

Boas experiências didáticas afirmam-se como aquelas revistas e reescritas a partir das evidências práticas trazidas pelo contexto real da sala de aula. [...] O professor torna-se, portanto, um designer de situações-problema bem formuladas, situações de aprendizagem em que ele, professor, é mediador da construção de conhecimentos realizada pelo estudante. (BACICH; MORAN, 2018, p. 189)

Alguns recursos vêm sendo adotados para sua concretização em sala de aula, tais como a sala de aula invertida – onde os alunos passam a ter uma maior autonomia no aprendizado, buscando respostas para questões previamente passadas pelo professor; gamificação; além de práticas imersivas, isto é, que proporcionem ao aluno um aprendizado mais profundo e participativo a partir da simulação de situações reais, por exemplo, por meio dos laboratórios remotos e de simulação.

O uso das metodologias ativas de ensino, desta forma, tem ganhado cada vez mais espaço em sala de aula pela facilidade que as tecnologias oferecem na adoção de práticas didáticas alternativas, como destacam Bacich e Moran (2018):

As metodologias voltadas para a aprendizagem consistem em uma série de técnicas, procedimentos e processos utilizados pelos professores durante as aulas, a fim de auxiliar a aprendizagem dos alunos. O fato de elas serem ativas está relacionado com a realização de práticas pedagógicas para envolver os alunos, engajá-los em atividades práticas nas quais eles sejam protagonistas da sua aprendizagem. Assim, as metodologias ativas procuram criar situações de aprendizagem nas quais os aprendizes possam fazer coisas, pensar e conceituar o que fazem e construir conhecimentos sobre os conteúdos envolvidos nas atividades que realizam, bem como desenvolver a capacidade crítica, refletir sobre as práticas realizadas, fornecer e receber feedback, aprender a interagir com colegas e professor, além de explorar atitudes e valores pessoais. (BACICH; MORAN, 2018, p. 27)

O objetivo da análise, neste quesito, é validar se os laboratórios contribuem com a prática docente, tendo como base o princípio de metodologias ativas, ou seja, a partir de aulas expositivas, em interação com os laboratório remotos e simuladores, e utilização de recursos que envolvam vídeo, imagens, simulação e diferentes formatos. Possibilitando, neste contexto, o ensino híbrido, isto é, com ou sem a participação direta do professor com o uso da tecnologia. O papel do docente, neste caso, é como um mediador do processo de ensino aprendizagem.

### **3.3.3 Instrumento de Suporte para a Avaliação**

Tendo em vista os critérios definidos, tanto no que diz respeito às necessidades técnicas quanto às necessidades pedagógicas, para que a utilização de laboratórios remotos e simuladores seja efetiva no processo ensino aprendizagem, elaboramos uma Planilha de Avaliação (Apêndice 1) utilizada como suporte para nossas análises.

## **4 ANÁLISE DE LABORATÓRIOS DE SIMULAÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Foram objetos de estudo desta análise 29 laboratórios selecionados mediante ampla pesquisa bibliográfica. Destes, foram elencados os cinco que atenderam em maior proporção os objetivos neste trabalho. Analisamos características técnicas e pedagógicas com foco principalmente em seu funcionamento e objetivos didáticos voltados ao processo de ensino aprendizagem

Para determinar se os laboratórios analisados atendiam aos requisitos apontados no capítulo 3 desta dissertação, foi realizada uma pesquisa exploratória, mediante teste real das ferramentas.

Foram analisados laboratórios tanto de simulação como de experimentação remota de diferentes países, abrangência e infraestrutura, tendo como principal ponto de norteamo o volume de citações encontrados sobre eles em artigos, periódicos, fóruns etc. O ponto de convergência foi o foco no ensino de Ciências Naturais e das Ciências da Natureza (Biologia, Física, Química) e suas aplicações, principalmente laboratórios e simuladores voltados para o Ensino Médio.

### **4.1 CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DO OBJETO DE ESTUDO**

Os laboratórios analisados estão listados na tabela abaixo e associados a um número de identificação para facilitar a análise posterior dos critérios técnicos e pedagógicos, conforme abaixo.

TABELA 3 – Laboratórios remotos e de simulação analisados

ID	NOME DO LAB	TIPO	
		REMOTO	SIMULAÇÃO
1	Phet Interactive Simulation	✗	✓
2	RExLab	✓	✗
3	LTE - IB - Unicamp - Educational Technology Lab	✓	✗
4	Efeito Foto Elétrico - UFPB	✗	✓
5	Grupo de Trabalho em Experimentação Remota Móvel	✓	✗
6	Go-Lab Sharing and Authoring Platform	✗	✓
7	The Dynamical Astronomy JavaLab	✗	✓
8	UPM - 3D Labs ( Universidad Politécnica de Madrid)	✗	✓
9	Scratch - Physics Simulations and Animations	✗	✓
10	MIT - OpenRelativity	✗	✓
11	Plasma theory & simulation	✗	✓
12	MIT - Slower Speed of Light	✗	✓
13	Olabs	✗	✓
14	Labster	✗	✓
15	Weblab	✓	✓
16	LiLa - Libray os Labs	✓	✓
17	OPBS	✗	✓
18	Farlabs	✓	✗
19	e-LABORATORY PROJECT	✓	✓
20	Remotely controlled laboratory	✓	✗
21	iLab Project at MIT		
22	University Network of Interactive Laboratories	✗	✓
23	Maple Student Edition		✓
24	OriginLab		✓
25	Remote- Lab GymKT (esta em manutenção)	✓	✗
26	Virtual and Remotely accessible laboratory setup and related tools	✓	✓
27	Remotely Controlled Laboratories - RCLs	✓	✗
28	DistanceLab e-environment	✓	✓
29	Internet microscope	✓	✓

Fonte: próprios autores.

#### 4.1.1 Critérios Técnicos

Do total de 29 laboratórios selecionados, apenas 23 puderam ser analisados devido à instabilidade de hospedagem, não operabilidade da plataforma durante a análise ou devido à manutenção temporária. Do total dos 23 analisados, 16 são de simulação e 12 oferecem (exclusivamente ou paralelo à simulação) experiências remotas. Para sintetizar a análise dos laboratórios do ponto de vista técnico, categorizamos os objetos de estudo de acordo com pontos em comum, conforme tabela abaixo:

TABELA 4 – Critérios técnicos analisados

<b>CRITÉRIO</b>	<b>LABORATÓRIOS QUE ATENDEM AO REQUISITO</b>
<b>Eficiência de uso/usabilidade</b>	1-3; 5-8; 10-11; 13; 15-18; 20-23.
<b>Segurança de uso</b>	1-3; 5-11; 13; 15-18; 20-23.
<b>Idioma (considerando plataformas nativas e ferramentas internacionais que contemplem o idioma português)</b>	1-9.
<b>Possui simulações <i>online</i></b>	1-2; 4-9; 11-13; 15-19; 21-23.
<b>Possui simulações <i>offline</i></b>	1; 6; 8-10; 13; 16; 18; 20; 22.
<b>É multiplataforma</b>	1-13; 15-23.

Fonte: próprios autores.

Por outro lado, alguns laboratórios não puderam ser analisados, pois apresentaram instabilidade, falta de operação ou estavam em manutenção temporária. São eles os de identificação: 22; 27-29.

#### 4.1.2 Critérios Pedagógicos

Para analisar criteriosamente todos as características pedagógicas que envolveram a pesquisa experimental, do total selecionado, apenas 14 puderam ser devidamente testados neste quesito, pois muitos não ofereceram condições favoráveis aos testes, como restrições para acesso aos conteúdos, instabilidade ou inoperabilidade da plataforma, entre outros. Para

synthetizar a análise dos laboratórios do ponto de vista pedagógico, categorizamos os objetos de estudo de acordo com pontos em comum, conforme tabela abaixo:

TABELA 5 – Critérios pedagógicos analisados

<b>CRITÉRIO</b>	<b>LABORATÓRIOS QUE ATENDEM AO REQUISITO</b>
<b>Adaptabilidade de recursos</b>	1-3; 5-7; 9-11; 13; 16; 18; 23.
<b>Grau de liberdade do usuário em relação ao experimento</b>	1-3; 7; 11; 13; 16; 18.
<b>Material de apoio ao professor</b>	1-2; 11; 13; 16; 18.
<b>Estímulo às práticas investigativas</b>	1-3; 5-7; 11; 13; 16; 18; 23.
<b>Potencial contribuição para o uso de metodologias ativas de ensino</b>	1-3; 5-7; 11; 13; 16; 18.

Fonte: próprios autores.

#### 4.2 ANÁLISE DOS LABORATÓRIOS SELECIONADOS

Dentre os laboratórios que atendiam minimamente os critérios estabelecidos para possibilitar a análise experimental, apenas 5 deles atingiram grande parte das características técnicas e gabaritaram os critérios pedagógicos, desta forma, validando a hipótese de qualificação do propósito experimental dos laboratórios.

Eles estão sintetizados na tabela abaixo, no entanto, foram apresentados de maneira substancial na sequência.

TABELA 6 - Resumo da análise dos laboratórios selecionados na pesquisa experimental

<b>LABORATÓRIO</b>	<b>TIPO</b>	<b>LOCAL</b>	<b>CRIT. TÉC.</b>	<b>CRIT. PED.</b>
<b>PhET</b>	Simulação	EUA	6/6	5/5
<b>RExLab</b>	Remoto	Brasil	5/6	5/5
<b>OLabs</b>	Simulação	Índia	4/6	5/5
<b>WebLab-Deusto</b>	Remoto/Simulação	Espanha	5/6	5/5
<b>iSES (Projeto e-Laboratório)</b>	Remoto/Simulação	República Tcheca	5/6	5/5

Fonte: próprios autores.

#### 4.2.1 PhET, da Universidade de Colorado (Estados Unidos)

Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o laboratório PhET da Universidade de Colorado Boulder, nos Estados Unidos, oferece simulações de matemática e Ciências de uma maneira lúdica e interativa, gratuitamente para qualquer interessado. Antes da disponibilização dos experimentos, a gestão do laboratório testa e avalia todas as simulações, com o objetivo de garantir a eficácia da aprendizagem.

Do ponto de vista técnico, as simulações são escritas em Java, Flash ou HTML5, e podem ser executadas online ou copiadas para seu computador. Ainda de acordo com o próprio laboratório, “todas as simulações são de código aberto, permitindo que estes recursos sejam livres para todos os estudantes e professores” (PHET, 2020).

No site do PhET as simulações são categorizadas por conteúdo: Física, Química, Matemática, Ciências da Terra e Biologia e, além das simulações, o professor ainda tem acesso a material de apoio e pode fazer parte de uma comunidade de educadores, compartilhando recursos e experiências sobre suas atividades.

FIGURA 4 – Página principal do laboratório PhET



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/pt_BR)

O laboratório tem apoio de grandes empresas e institutos, incluindo o Google, Fundação Nacional de Ciência Americana, além da própria Universidade do Colorado.

Em relação à análise técnica, o laboratório atendeu todos os critérios, demonstrando boa navegabilidade por meio de um site amigável, possui versão em português e as simulações podem ser executadas tanto *online* como *offline* para *desktop*, *laptop*, *chromebook* e *tablet*. Os experimentos estão disponibilizados em sistema multiplataforma, isto é, funcionam em diferentes sistemas operacionais, além de oferecer boa segurança de uso.



FIGURA 5 – Demonstração dos tipos de acesso *offline* ao laboratório

Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/offline-access](https://phet.colorado.edu/pt_BR/offline-access)

Já no contexto pedagógico, a análise apontou boa performance, pois permite que o professor utilize uma série de recursos tecnológicos de maneira virtual ou remota que, muitas vezes, não seria possível em sua unidade escolar. Os experimentos oferecem considerável grau de liberdade dos usuários com relação ao experimento, sendo possível testar hipóteses, consultar e alterar variáveis a fim de propor diferentes resultados, além de evidenciar uma série de possibilidades de diversas experiências de maneira prática, interativa e simples.

A exploração destas atividades de maneira ativa, isto é, fazendo com que o usuário sinta que está realizando os experimentos contribui com o processo de aprendizagem na medida em que permite atingir objetivos conceituais e procedimentais, isto é, que dizem respeito à definição de métodos para coleta e tratamento de dados (SÉRÉ, 2004).

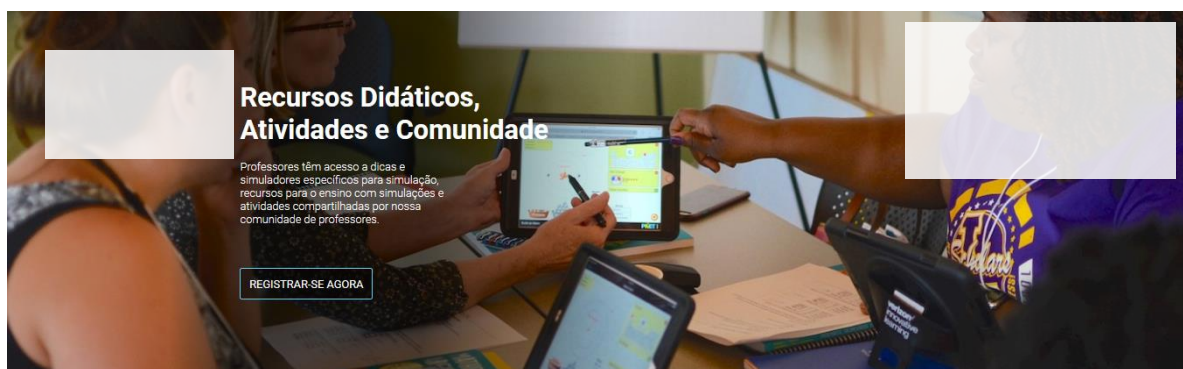
FIGURA 6 – Demonstração do banco de experimentos relacionados à área de Física



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/physics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics)

Como suporte ao professor, a plataforma oferece dicas, além de disponibilizar uma série de atividades compartilhadas por outros educadores na comunidade, sendo possível fazer o *download* dos conteúdos mediante cadastro prévio.

FIGURA 7 – Divulgação da comunidade de professores na página principal do PhET



Fonte: Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/pt_BR)

De maneira geral, o laboratório PhET oferece recursos que estimulam as práticas investigativas, além de contribuir para a apresentação de conteúdos de forma interativa e atrativa aos alunos, como ilustrado na Figura 8.

FIGURA 8 – Demonstração de uma simulação relacionada à Lei de Ohm no ensino de Física

**Lei de Ohm**

$V = IR$

4.5 V 230  $\Omega$

voltage resistance

current = 19.6 mA

Project PhET

COPIAR EMBURIR

- Lei de Ohm
- Circuitos

DOE

PhET é apoiada por

**CURIO**

Powered by Saal.ai

e educadores como você.

Ir para versão HTML5

- ▶ SOBRE
- ▶ PARA PROFESSORES
- ▶ TRADUÇÕES
- ▶ SIMULAÇÕES RELACIONADAS
- ▶ REQUISITOS DE PROGRAMAS (SOFTWARE)
- ▶ CRÉDITOS

Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/ohms-law](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/ohms-law)

Como defende Borges (2002, p. 300), “o laboratório pode proporcionar excelentes oportunidades para que os estudantes testem suas próprias hipóteses sobre fenômenos particulares, para que planejem suas ações, e as executem, de forma a produzir resultados dignos de confiança”. Neste sentido, os laboratórios de simulação, como no caso do PhET, estimulam não apenas o aprendizado em si, mas também motivam a investigação empírica.

Ainda de acordo com Borges (2002), a exploração de recursos no processo de ensino aprendizagem dos laboratórios com caráter mais investigativo em relação aos modelos tradicionais tem uma série de benefícios, principalmente em relação à proposta de situações problema, como apontados na Figura 9:

FIGURA 9 – Relação problema-exercício de acordo com diferentes abordagens

<i>Aspectos</i>	<b>Laboratório Tradicional</b>	<b>Atividades Investigativas</b>
<i>Quanto ao grau de abertura</i>	Roteiro pré-definido Restrito grau de abertura	Variado grau de abertura Liberdade total no planejamento
<i>Objetivo da</i>	Comprovar leis	Explorar fenômenos
<i>Atitude do estudante</i>	Compromisso com o resultado	Responsabilidade na investigação

Fonte: Borges (2002, p. 304).

#### 4.2.2 RExLab

Criado há mais de 20 anos, especificamente em 1997, o RExLab foi desenvolvido e é gerenciado pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). De acordo com sua gestão:

Um de seus objetivos é atender a necessidade de apropriação social da ciência e da tecnologia, popularizando conhecimentos científicos e tecnológicos, estimulando os jovens a inserirem-se nas carreiras científico-tecnológicas e buscar iniciativas que integrem a educação científica ao processo educacional promovendo a melhoria devido à atualização/modernização do ensino em todos os seus níveis, enfatizando ações e atividades que valorizem e estimulem a criatividade, a experimentação e a interdisciplinaridade. (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2020)

O estímulo à experimentação também é defendido por Séré (2004):

Através dos trabalhos práticos e das atividades experimentais, o aluno deve se dar conta de que para desvendar um fenômeno é necessária uma teoria. Além disso, para obter uma medida e também para fabricar os instrumentos de medida é preciso muita teoria. Pode-se dizer que a experimentação pode ser descrita considerando-se três pólos: o referencial empírico; os conceitos, leis e teorias; e as diferentes linguagens e simbolismos utilizados em física. As atividades experimentais têm o papel de permitir o estabelecimento de relações entre esses três pólos. (SÉRÉ, 2004, p. 39)

Apesar de ser mantido pela UFSC, o laboratório recebe apoio do CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), fundação vinculada ao Ministério da Educação, do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), órgão vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia para incentivo à pesquisa no Brasil, além de instituições (empresas privadas e universidades) nacionais e internacionais.

FIGURA 10 – Página principal do laboratório RExLab



Fonte: <https://rexlab.ufsc.br/>

Os laboratórios remotos são divididos por disciplinas, Física, Biologia e Robótica, e podem apresentar dois *status* distintos, sendo o primeiro “acessar”, o que significa que o experimento está disponível para teste, e o segundo “em teste”, pois ainda está em fase de ajuste para disponibilização à comunidade.

FIGURA 11 – Demonstração do banco de experimentos remotos disponíveis

The screenshot displays the 'Laboratórios' section of the RELLE website. The navigation bar at the top includes 'rele', 'Laboratórios', 'Cursos', 'Tutoriais', 'Sobre', and 'Contato'. A search bar and a language dropdown (set to Portuguese) are also visible. The main content area is titled 'Laboratórios' and features a grid of eight experiment cards. Each card contains a small image of the experiment setup, a title, a short description, and a button to 'Acessar' (Access) or 'Em Teste' (Under Test).

Experimento	Descrição	Status
Painel Elétrico CA	Estudo das associações em série, paralela e mista em redes de corrente alternada.	Acessar
Meios de Propagação de Calor	Estudo dos meios de propagação de calor por convecção e irradiação.	Acessar
Microscópio Remoto	Microscopia de pigmentação foliar.	Acessar
Plano Inclinado	Estudo da segunda lei de Newton do movimento e decomposição de forças em vetores.	Acessar
Painel Elétrico CC	Estudo das associações em série, paralela e mista em redes de corrente de contínua.	Em Teste
Ambiente para Desenvolvimento em Arduino	Ambiente que permite verificar, carregar códigos e controlar sensores e atuadores em Arduino.	Em Teste
Experimento de Thomson	Experimento que permite a determinação da razão carga/massa do elétron.	Em Teste
Disco de Newton	Estudo da composição das cores.	Em Teste

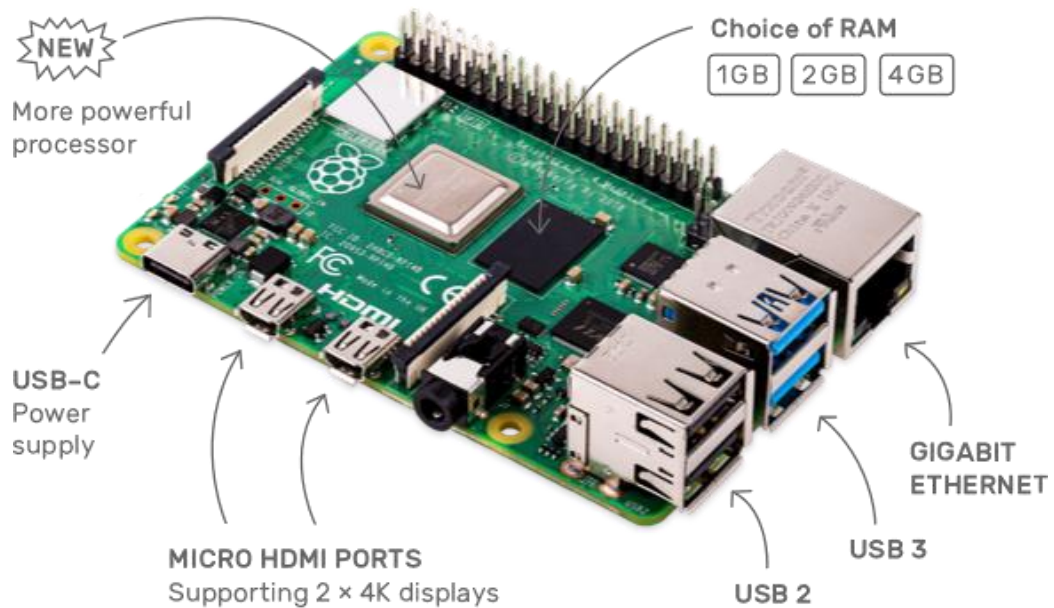
Fonte: <http://rele.ufsc.br/labs>

Por se tratar de um experimento remoto, a simulação só funciona *online*. Apresenta boa navegabilidade e a ferramenta é bastante amigável, sendo facilmente possível encontrar experimentos e fazê-los funcionar.

A plataforma é disponibilizada exclusivamente em português e foi construído com código aberto (*open source*), isto é, pode ser compartilhado e distribuído sem restrições. Todos os experimentos contam com manual técnico que explica o objetivo do experimento, sua arquitetura, a interface de usuário e quais tecnologias são utilizadas em sua estrutura. É apresentado, ainda, como é feito (do ponto de vista tecnológico) o controle e monitoramento do experimento.

Em relação à arquitetura dos experimentos, a interface do usuário é construída em JavaScript + HTML, além de *frameworks*<sup>9</sup> que permitem o desenvolvimento da estrutura a partir de botões padronizados, facilitando construção das telas. Alguns experimentos remotos possuem uma tecnologia embarcada, como Raspberry Pi, Arduino e outros componentes.

FIGURA 12 – Modelo ilustrativo de placa Raspberry Pi



Fonte: Divulgação/Raspberry Foundation.

(<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b>)

O Raspberry Pi pode ser considerado um computador de custo relativamente baixo, que conta com um alto volume de opções de programas gratuitos (*software* livre), permitindo maior acesso aos conceitos de computação e lógica de programação para usuários iniciantes ou pouco familiarizados à tecnologia. Criado na Inglaterra em 2012, pode ser utilizado como ferramenta de aprendizado e para o desenvolvimento e prática de conceitos envolvendo Eletrônica, Computação, Física e IoT (OLIVEIRA; ZANETTI; NABARRO, 2018, p. 9). Ainda entre as vantagens de uso, Oliveira, Zanetti e Nabarro (2018, p. 13) destacam sua “capacidade de controlar componentes eletrônicos, a possibilidade de conectar-se a outros dispositivos, o poder de conectividade em rede, a facilidade de utilização e o baixo custo”.

<sup>9</sup> Conjunto de ferramentas que auxiliam o desenvolvimento ágil e seguro de aplicações tecnológicas, como sites, sistemas, etc.

Do ponto de vista pedagógico, os experimentos analisados do RExLab apresentaram boa adaptabilidade de recursos, promovendo fácil acesso a instrumentos específicos que, muitas vezes, não são disponibilizados nas instituições escolares.

Durante os testes, identificou-se que os experimentos oferecem considerável grau de liberdade aos usuários, permitindo controlar totalmente equipamentos, por meio da manipulação de variáveis, conseqüentemente, proporcionando várias possibilidades de resultados à experiência remota.

A observação científica e manipulação efetiva de recursos laboratoriais são apontados por Grandini e Grandini (2007, p. 3) como benéficos ao aprendizado do ensino de Ciências, pois “deverá o laboratório, incentivar o aluno a conhecer, entender e aprender a aplicar a teoria na prática, dominando ferramentas e técnicas que poderão ser utilizadas em pesquisa científica”.

Os experimentos do laboratório em questão contam, como apoio didático ao professor, com vídeos demonstrativos e tutorial do funcionamento, com instruções para uso.

FIGURA 13 – Imagem da tela detalhada de um dos experimentos no site

**Painel Elétrico CA**

**Descrição:** Estudo das associações em série, paralela e mista em redes de corrente alternada.

**Disciplina:** Física

**Duração:** 5 minutos

**Tags:** associação de resistores

**Incorporar:** <object width="100%" hei

**Acessar**

**Avalie este Experimento**

**Vídeo**

**Tutorial**

**Documentação**

Fonte: <http://relle.ufsc.br/labs/2>

Por oferecer recursos interativos e que proporcionam bastante autonomia nas simulações, concluímos que o RExLab oferece estímulo às práticas investigativas e pode ser uma plataforma bastante interessante de laboratório remoto.



### 4.3.3 OLABS

Este laboratório de simulação foi fundado pelo Ministério de Eletrônica e Tecnologia da Informação da Índia e abrange experimentos nas áreas de Física, Química e Biologia e seu acesso é totalmente gratuito mediante inscrição prévia. Todos os recursos da plataforma foram previamente testados e o principal objetivo do laboratório é incentivar os alunos a interagirem com as simulações a fim de permitir a prática no ensino de Ciências.

FIGURA 14 – Imagem da página principal do laboratório OLABS



Fonte: <https://www.olabs.edu.in/?pg=topMenu&id=13>

Até o início de 2020, o OLABS havia registrado mais de duzentos mil usuários de todo o mundo e treinado mais de 27.000 professores, de 8.000 instituições escolares.

Uma das principais vantagens de sua utilização em relação a um laboratório físico, de acordo com o próprio OLABS, é a oportunidade de oferecer recursos variados para diferentes necessidades a um baixo risco, por meio de ambiente seguro (por exemplo, evitando contato com componentes químicos ou ferramentas de risco), ou ainda poupando recursos e equipamentos caros.

Uma outra vantagem, assim como de outros laboratórios remotos, é o fator acessibilidade, pois seus recursos estão disponíveis sem restrição de tempo e espaço.

Do ponto de vista pedagógico, o laboratório também proporciona oportunidades a alunos de escolas que não possuem recursos tecnológicos e, desta forma, por meio da experimentação, podem desenvolver melhor a prática dos conteúdos de Ciências vistos em sala de aula.

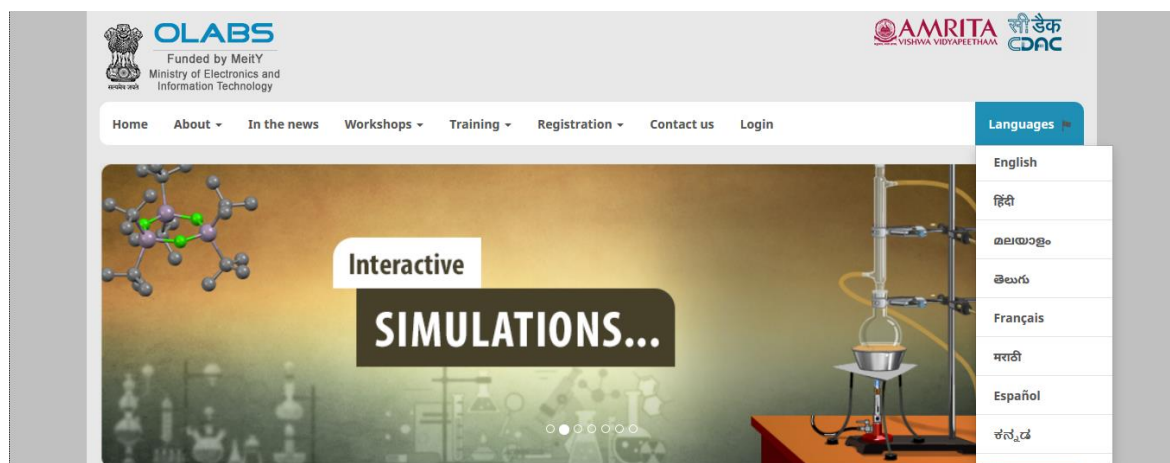
Tajra (2012), neste sentido, afirma que para incorporar a tecnologia no contexto escolar é preciso não apenas questionar o objetivo que se pretende atingir, como também avaliar as virtudes e limitações de tais recursos. Além disso, é necessário:

- Verificar quais são os pontos de vista dos docentes em relação aos impactos das tecnologias na educação.
- Discutir com os alunos quais são os impactos que as tecnologias provocam em suas vidas cotidianas. Como eles se dão com os diversos instrumentos tecnológicos.
- Integrar os recursos tecnológicos de forma significativa com o cotidiano educacional. (TAJRA, 2012, p. 41)

Desta forma, adequando os recursos à realidade escolar e envolvendo diferentes estratégias de ensino, tendo a aprendizagem como foco, a iniciativa pode ser efetivamente significativa.

Em relação à análise dos critérios técnicos, a segurança de uso mostrou-se dentro dos parâmetros esperados, oferecendo boa navegabilidade, além de estar disponível em pelo menos oito idiomas.

FIGURA 15 – Imagem da página principal do OLABS: exemplo dos idiomas disponíveis







Fonte: <https://www.olabs.edu.in>

O laboratório possui somente experimentos *online*, não permitindo o *download* das aplicações. Apesar disso, é multiplataforma, funcionando em ambientes Windows, Macintosh e Linux.

Analisando os recursos técnicos necessários, descritos pelo próprio O Labs em seu site, não é necessário um computador de alto desempenho para uma boa performance, isto significa que um computador com recursos mínimos de *hardware* já poderia experimentar o laboratório e suas ferramentas. Para isso, bastaria a instalação do *software* Java e Flash Player, além de um navegador (*web browser*) qualquer.

FIGURA 16 – Imagem da página com os requerimentos de sistema para execução dos experimentos

 <b>Requirements</b>	 <b>Windows</b>	 <b>Macintosh</b>	 <b>Linux</b>
Processor	2.33GHz or faster x86-compatible processor, or Intel® Atom™ 1.6GHz or faster processor for netbooks	Intel Core™ Duo 1.33GHz or faster processor	2.33GHz or faster x86-compatible processor, or Intel Atom 1.6GHz or faster processor for netbooks
Operating System	Microsoft® Windows® XP (32-bit), Windows Server® 2003 (32-bit), Windows Server 2008 (32-bit), Windows Vista® (32-bit), Windows 7 (32-bit and 64-bit)	Mac OS X v10.6 or v10.7	Red Hat® Enterprise Linux (RHEL) 5.6 or later (32-bit and 64-bit), openSUSE® 11.3 or later (32-bit and 64-bit), Ubuntu 10.04 or later (32-bit and 64-bit)
RAM	128MB of RAM (1GB of RAM recommended for netbooks); 128MB of graphics memory	256MB of RAM; 128MB of graphics memory	512MB of RAM; 128MB of graphics memory
Screen Resolution	1024x768 screen resolution or better	1024x768 screen resolution or better	1024x768 screen resolution or better
Java	Sun Java 1.5.0_15 or later	Apple Java 1.5.0_19 or later	Sun Java 1.5.0_15 or later
Flash Player	Adobe Flash Player 10.2 or later	Adobe Flash Player 10.2 or later	Adobe Flash Player 10.2 or later
Web Browser	Internet Explorer 7.0 and above, Mozilla Firefox 4.0 and above, Google Chrome, Safari 5.0 and above, Opera 11	Safari 5.0 and above, Mozilla Firefox 4.0 and above, Google Chrome, Opera 11	Mozilla Firefox 4.0 or Google Chrome








Fonte: <https://www.olabs.edu.in/?pg=topMenu&id=13>

O O Labs requer acesso via Internet e pode ser operado tanto por equipamento *desktop* como por meio de dispositivos móveis, como *tablets* e *smartphones*, tanto para iOS como Android.

Do ponto de vista pedagógico, os experimentos são bem elaborados e apresentam um conjunto de recursos e materiais extras de apoio que auxiliam no enriquecimento dos experimentos, como ilustra a Figura 17.

FIGURA 17 – Imagem da página detalhada de um dos experimentos

**Refraction through a Prism**

 Theory
 Procedure
 Animation
 Simulator
 Viva Voce
 Resources
 Feedback

**Our Objective:**

- (i) To study the angle of deviation ( $d$ ) with angle of incidence ( $i$ ) and to find the angle of minimum deviation ( $D$ ) from  $i$ - $d$  curve.
- (ii) To find the refractive index of the material of the prism using  $A$  and  $D$ .

**The Theory:**

**Prism**

A prism is an optical element. It has polished flat surfaces that refract light. The traditional geometric shape of a prism has a triangular base and two rectangular sides. It is called triangular prism.

A prism can be made from materials like glass, plastic and fluorite. It can be used to split light into its components.

**How a Prism Works**

When light travels from one medium to another medium, it is refracted and enters the new medium at a different angle. The degree of bending of the light's path depends on the angle that the incident beam of light makes with the surface of the prism, and on the ratio between the refractive indices of the two media. This is called Snell's law.

$$i.e, n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

Fonte: <https://amrita.olabs.edu.in/?sub=1&brch=6&sim=246&cnt=1>

No exemplo acima, a atividade apresenta um resumo teórico, explicando detalhadamente o objetivo do experimento, como esta teoria funcionaria em um ambiente simulado e, o mais importante, os resultados esperados de aprendizagem.

Além disso, é possível também checar os procedimentos, ou seja, os recursos necessários para uso do experimento, como materiais requeridos e como proceder durante a simulação para um desempenho adequado. Para auxiliar este entendimento, a plataforma disponibiliza um conteúdo em formato de vídeo. No quesito adaptabilidade de recursos, o OLABs mostrou-se bastante completo, permitindo o uso de recursos de maneira vasta e simplificada.

O experimento, efetivamente, é disponibilizado na própria página e permite a variação e teste de diferentes cenários e variáveis, proporcionando ao aluno uma vivência bastante interessante no conteúdo e com amplo grau de liberdade. Os resultados dos experimentos ainda podem ser salvos, impressos ou exportados em forma gráfica.

Por último, há um espaço para *feedback* do usuário, o que ajuda a plataforma a melhorar continuamente e, se necessário, fazer adaptações em seus experimentos, mediante demanda dos próprios alunos e professores usuários.

Outro ponto interessante destes recursos extras oferecidos pela plataforma é o questionário (tipo quiz) disponibilizado em cada experimento, que permite ao aluno testar seu aprendizado por meio da simulação, testar seus conhecimentos e conferir suas respostas. Esta validação do processo de aprendizagem é importante para verificar se os objetivos inicialmente propostos pela atividade foram atingidos.

Pensando na eficácia pedagógica dos laboratórios remotos, um estudo desenvolvido pela Associação Britânica de Tecnologia de Comunicação Educacional (*British Educational Communication Technology Association* – BECTA) trouxe os seguintes resultados:

- Correspondência ao currículo - 74% dos alunos concordam que os conjuntos de treinamento envolvendo o controle de movimento são relevantes;
- Inclusão - o conjunto (de atividades) está disponível para uma ampla gama de alunos, incluindo aqueles com deficiência;
- Engajamento do aluno - 52% concordam que os simuladores aumentaram sua motivação de aprendizagem;
- Aprendizagem efetiva - 52% concordam que aprenderam mais do que da forma tradicional e também 64% concordam que os simuladores aumentaram sua capacidade de aprendizagem;
- Avaliação somativa - 42% concordam que questionários e exercícios contribuem para o processo de aprendizagem;
- Facilidade de uso - 50% concluíram o treinamento sem qualquer ajuda;
- Economia - para acessá-lo a qualquer hora e em qualquer lugar, tudo o que você precisa é de um navegador habilitado para Java. (BECTA, 2010) citado por Gadzhanov e Nafalski (2010, p. 165)

Os resultados apresentados pela pesquisa demonstram que os laboratórios remotos se constituem em boas ferramentas de ensino, justamente por trazerem a possibilidade de investigação de maneira mais efetiva do que em sala de aula ou em laboratórios tradicionais.

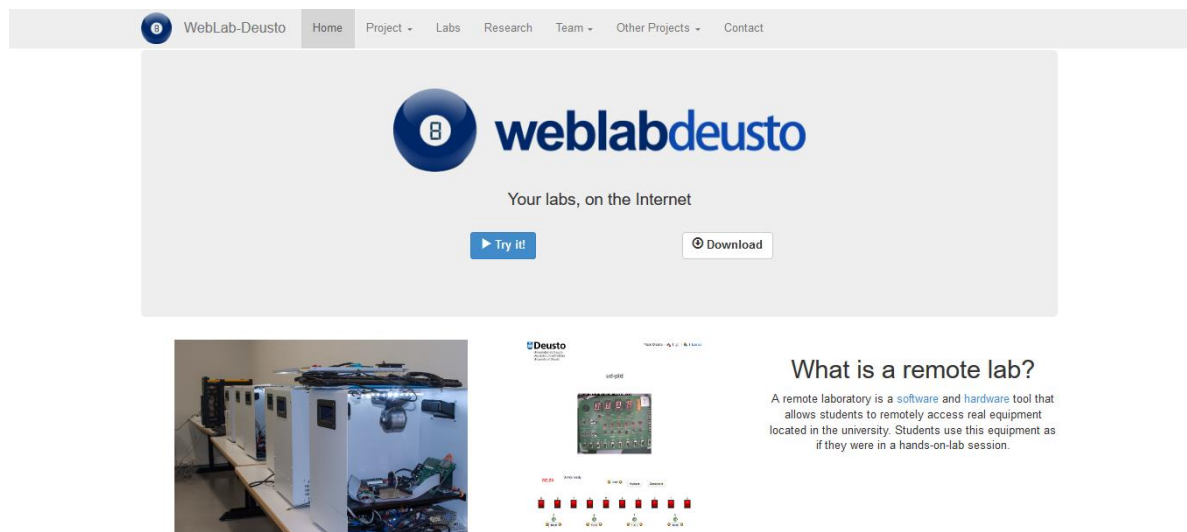
De maneira geral, pensando nos critérios estabelecidos neste trabalho para análise, o OLABS cumpre seu propósito e oferece boas formas de estímulo às práticas investigativas e pode ser um excelente recurso aos professores de Ciências para estreitar a teoria à prática simulada, com potencial contribuição para uso de metodologias ativas e alternativas diferenciadas de contextualização de conteúdo.

#### 4.2.4 WebLab-Deusto

O laboratório O WebLab-Deusto foi criado e é mantido pela Universidade Deusto, entidade católica criada em 1886 na Espanha. De acordo com o site institucional, o objetivo do projeto é “aumentar o aprendizado experimental pelo uso e desenvolvimento de laboratórios remotos” (UNIVERSIDADE DEUSTO, 2020).

O uso do laboratório é oferecido gratuitamente, de maneira remota, disponibilizado sob licença ‘*open source*’, podendo ser compartilhado e copiado por qualquer interessado. Seus usuários são basicamente faculdades (principalmente de cursos relacionados às áreas de engenharia) e escolas de Ensino Médio do mundo todo, sendo disponibilizado em mais de dez idiomas.

FIGURA 18 – Imagem da página principal do laboratório WebLab-Deusto



Fonte: <http://weblab.deusto.es>

Além do WebLab-Deusto, há um subproduto encontrado no site oficial, que funciona como um repositório de laboratórios remotos de instituições distintas, conhecido como LabsLand.

FIGURA 19 – Imagem da página do repositório de laboratórios remotos LabsLand



Fonte: [https://labsland.com/pt\\_BR](https://labsland.com/pt_BR)

Em relação à atuação do WebLab, é possível ter três diferentes experiências com seu uso, sendo a primeira por meio do acesso aos laboratórios já existentes em sua base, de maneira remota, não sendo necessária qualquer tipo de instalação ou *download*. Ainda nesta mesma categoria, em contrapartida, são oferecidos os laboratórios de experimentação onde é possível baixar um *software* e fazer a instalação da ferramenta de maneira local, mantendo seu banco de dados.

Uma segunda possibilidade do WebLab-Deusto é a criação do próprio laboratório pelo usuário, já que, como dito anteriormente, utilizam código aberto, permitindo a cópia, compartilhamento e uso irrestrito dos conteúdos. Para experiências mais personalizadas e com características específicas, o laboratório oferece uma terceira possibilidade de uso, por meio da customização de projetos.

A plataforma disponibiliza aos usuários sete laboratórios distintos:

- **Robô:** permite programar o *bot* de maneira autônoma, pelo próprio usuário. O robô funciona com um microcontrolador conectado e disponibiliza algumas funções pré-programadas, como andar, movimentar-se e utilizar seus sensores infravermelhos;
- **FPGA:** permite a programação de uma placa controladora e a executa mostrando seus resultados por meio de webcam, sendo possível ainda interagir remotamente com o experimento;

- CPLD: por meio de linguagem de programação em engenharia eletrônica, assim o como FPGA, permite a programação e interação remota por meio dos recursos oferecidos;
- Aquário: oferece uma experiência remota em um aquário real, localizado na Universidade de Deusto, onde é possível interagir, alimentar e observar os animais, além de permitir o acionamento de luzes. Este laboratório, do ponto de vista pedagógico, é o único com acesso possível aos alunos também do ensino fundamental;
- VISIR: este laboratório disponibiliza a experimentação remota com circuitos eletrônicos reais, onde os alunos criam circuitos usando somente a interface *web*, podendo fazer diferentes medições, a partir dos circuitos criados;
- UD-LOGIC (portas lógicas): diferentemente dos outros laboratórios, opera como um jogo em formato de experimento, tendo como foco alunos do ensino médio e ano inicial de Engenharia;
- LABORATÓRIO DE MÁQUINAS VIRTUAIS: fornece acesso total à uma máquina virtual executada em Linux, sem necessidade de instalação de *softwares* ou outros recursos.

Do ponto de vista técnico, em relação à eficiência de uso, o laboratório apresentou procedimentos eficazes e claros ao usuário, no entanto, restringe o acesso mediante cadastro prévio.

A segurança de uso é garantida pela necessidade do usuário possuir um acesso previamente cadastrado, embora a navegabilidade não seja tão boa devido ao fato de o site redirecionar a outras páginas *web* de diversas instituições.

As simulações do Web-Lab são tanto virtuais como remotas e pode ser considerado multiplataforma, devido ao fato de podermos ter acesso através aos laboratórios por meio do uso de um *browser*.

Sobre a análise dos critérios pedagógicos, os laboratórios disponíveis permitem a adaptabilidade de recursos de maneira satisfatória, ainda que tenha recursos em quantidade mais enxuta se comparado a outros analisados neste trabalho.

Os experimentos, por outro lado, oferecem liberdade aos alunos em relação à possibilidade de soluções mediante diferentes variáveis, a exploração de recursos e a materialização de experimentos complexos.



FIGURA 20 – Imagem da página do repositório de experimentos

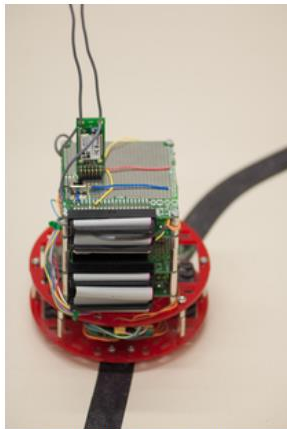
## Labs at Deusto

This is a selection of the laboratories available in the [University of Deusto](#).

### Robot

The Robot lab lets you program the bot yourself, with any program you wish.

The bot uses a PIC processor, so the program should be written using the PIC compiler. It is noteworthy that the bot has, among other things, infrared sensors, to which the developer has access.



**Target audience:** engineering students in general, certain secondary schools.

▶ Try it!

Read more

Watch video

### FPGA

The FPGA laboratory lets you remotely practise with a [Field Programmable Gate Array \(FPGA\)](#). Through the Xilinx software, you can write a FPGA program locally as you normally would. Once the program is compiled, and ready to be tested, you should simply upload the binary ".bit" file through the experiment.

ud-fpga will automatically program the FPGA board with the binary you provided, and start running it. To see the results, a Webcam is of course provided. You may also interact with the board remotely, by using the provided widgets. Though the widgets themselves might appear artificial, they will send a signal to the board just like their physical counterparts would.

However, due to certain safety concerns, in the demo version you can't upload your own file for this demo. Instead, a specific demo program (which has already been uploaded) will be used. Everything else will work as in the standard FPGA experiment.



The FPGA laboratory, as other WebLab-Deusto laboratories (PIC or CPLD), is developed within the WebLab-Box. On the WebLab-Box, the device, as well as a fit-pc, a PIC microcontroller, a camera, lighting system and networking materials is installed, so as to make it easier to create and deploy new laboratories.

**Target audience:** Electronics Engineering students.

▶ Try it!

Read more

Fonte: <https://weblab.deusto.es/website/labs.html>

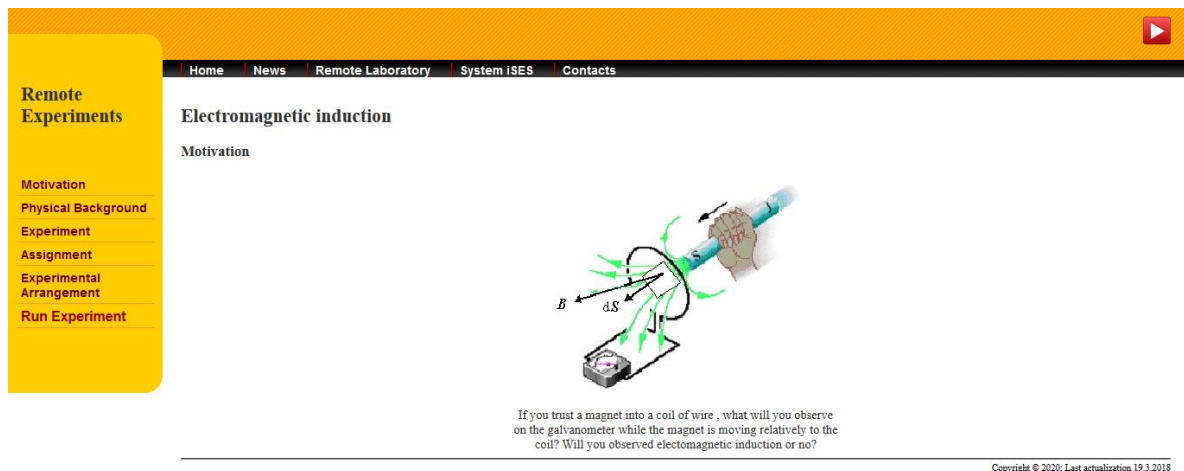
O único critério não atendido pelo laboratório é a disponibilização de material de apoio ao professor mediador. Ainda assim, diante de todos os outros recursos e possibilidades oferecidos pela plataforma, oferece vários recursos como estímulo às práticas investigativas e pode ser um aliado com potencial contribuição para uso de metodologias ativas em sala de aula.

#### 4.2.5 iSES (Internet School Experimental Studio)

O iSES (Projeto e-Laboratório) funciona como laboratório remoto tanto como de experimentação. Atualmente, a plataforma conta com mais de 20 experimentos em versão Javascript e podem ser acessados em *tablets* e *smartphones*, além de navegador.

Os experimentos são na área de Ciências (Física e Química) e podem ser utilizados gratuitamente, sem a necessidade de cadastro prévio pelo usuário.

FIGURA 21 – Imagem da página principal do laboratório iSES



Fonte: <https://www.ises.info>

Tendo em vista a análise dos critérios técnicos deste laboratório, identificamos que, com uma arquitetura relativamente simples, a plataforma é bastante amigável e o usuário consegue facilmente identificar as informações e ter acesso ao banco de experimentos, ainda que não haja tradução para o português. Os idiomas disponíveis, além do tcheco, são inglês, eslovaco, russo e espanhol.

O laboratório oferece condições favoráveis de segurança de uso, do ponto de vista técnico em relação à navegabilidade e uso dos experimentos, que são disponibilizados tanto *online* como *offline* e em formato multiplataforma, proporcionando bastante flexibilidade ao usuário.

Do ponto de vista pedagógico, pautados nos critérios que nortearam esta análise, observamos que a plataforma permite adaptabilidade de recursos, trazendo variadas opções de equipamentos que talvez não fossem facilmente encontrados em grande parte dos laboratórios tradicionais de Ciências nas instituições escolares, proporcionando experiências remotas em projetos bastante distintos, como monitoramento remoto de uma estação meteorológica, indução eletromagnética, difração em micro-objetos, oscilações naturais e acionadas, atividades envolvendo experiências com campo magnético, conversão de energia solar, efeito fotoelétrico, polarização de luz, radioatividade, controle de nível de água, circuitos elétricos, entre outros.

A plataforma ainda traz, como forma de apoio ao professor, a contextualização teórica a respeito da aplicação, um conteúdo explicativo sobre o experimento e as teorias que o permeiam, uma tarefa pontuando todas as fases relevantes que o usuário deve cumprir durante o experimento, além de conteúdo extra com imagens como referência do experimento em si.

São disponibilizados também alguns manuais de experimentos em forma de tutorial, para garantir o melhor aproveitamento operacional da experiência e, assim, proporcionar uma melhor relação de ensino aprendizagem.

FIGURA 22 – Modelo de “passo a passo” para execução de uma das simulações disponíveis

The screenshot shows a web interface for a remote laboratory experiment. The main content area is titled "Electromagnetic induction" and contains an "Assignment" section with the following tasks:

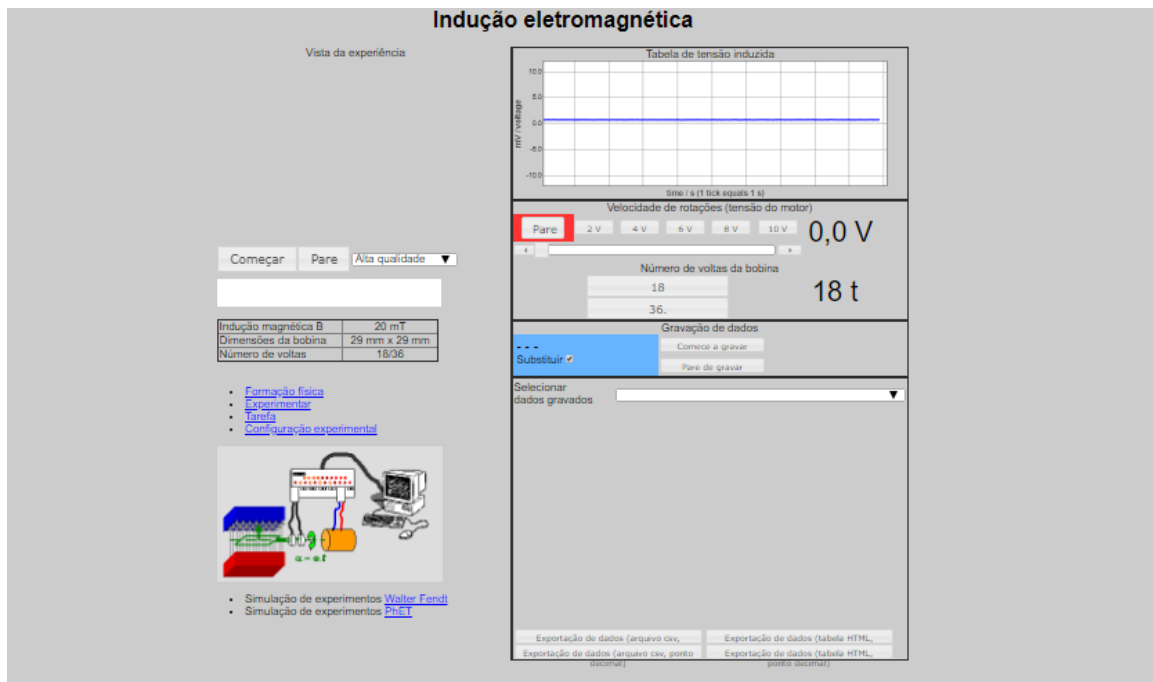
1. Make familiar with the experiment Electromagnetic induction - the rotating coil in homogeneous magnetic field.
2. Measure induced electromotive voltage on the angular frequency of the rotating coil, save the data. Make the measurements for 10 values of the angular frequency of the coil.
3. Verify the validity of the Faraday's law using relation (5) and determine, how the amplitude  $u_0$  of induced electromotive force depends on the angular frequency of the coil  $\omega$ . Make a graph of the amplitude of the electromotive force on the frequency of rotation.
4. Verify validity of Faraday's law using relation (6), and determine how a definite integral of induced electromotive force  $\int_b^{T/2} |e| dt$  depends on the angular frequency of the rotation of the coil  $\omega$  for several values of the angular frequencies  $\omega$ .
5. Discuss differences between measured and theoretical dependencies.
6. As a future teacher, discuss the possibilities of remote experiments.
7. Work out a report with the following items
  1. Introduction into the technology of the remote experiment.
  2. Physical introduction to the phenomenon observed.
  3. Description of the experiment and its arrangement, used tools and the sample of real measured data.
  4. Results obtained.
  5. Discussion of the achieved results and the remote experiment.
8. For advanced: - - - Not possible at the moment - - -  
Acquaint with the experiment of the rotating magnet with a fixed coil <http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz>. Try to work out a detailed analyse of the time course of the electromotive force. Further in the task follow the same steps as in the case of the rotating coil.

Copyright © 2020; Last actualization 19.3.2018

Fonte: <https://www.ises.info/index.php/en/laboratory/experiment/electromagnetic-induction/assignment>

Com relação ao estímulo às práticas investigativas, a plataforma contempla diferentes e abrangentes recursos tecnológicos que não seriam facilmente encontrados nos laboratórios tradicionais, agregando valor às práticas investigativas.

FIGURA 23 – Exemplo de simulação real (indução eletromagnética) em operação



Fonte: [http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz/ovladani\\_2\\_en.html](http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz/ovladani_2_en.html)

Na página do experimento, é possível gravar a experiência e exportar os dados tanto em extensão csv (planilha) como em formato de tabela em html.

De maneira geral, o Projeto e-Laboratório oferece condições bastante favoráveis para o uso de metodologias ativas, proporcionando mais profundidade aos conceitos teóricos por meio da relação ativa com as experiências disponibilizadas na plataforma. Além disso, o fato de ser um laboratório completo que traz tanto experimentos remotos como atividades de simulação, garante maior flexibilidade à proposta pedagógica do professor que utilizar-se dos seus recursos, incluindo, ainda, a personalização de muitos projetos.

## 5 CONCLUSÕES

Neste trabalho, procuramos contribuir com as discussões sobre a introdução de tecnologias da informação e comunicação nos processos educativos, particularmente no ensino de Ciências, a partir da análise de laboratórios remotos e de simulação.

Neste sentido, para responder à questão de pesquisa — *Quais os limites e as contribuições de laboratórios de simulação e experimentação remota atualmente disponíveis para o ensino de Ciências na educação básica, particularmente no Ensino Médio?* — analisamos características técnicas e pedagógicas de uma seleção de laboratórios remotos e simuladores, com foco principalmente em seu funcionamento, objetivos didáticos, suas possibilidades em relação ao processo de ensino aprendizagem e vantagens e desafios educacionais em relação ao seu uso em sala de aula.

As análises buscaram compreender historicamente o desenvolvimento das tecnologias que possibilitaram os recursos atuais no ensino de Ciências por meio da experimentação e simulação remotas, desde o advento e disseminação da Internet até as chamadas “novas” TIC que contemplariam os laboratórios em estudo.

Os resultados encontrados nestas análises sugerem que as tecnologias estão cada vez mais presentes no cotidiano escolar e, principalmente quando falamos do ensino de Ciências e de uma proposta pedagógica pautada no modelo investigativo, as atividades de experimentação e simulação são pontos chave no processo de construção da prática científica, como sugerem Cachapuz (2005), Kenski (2003; 2012; 2013), Coll e Monereo (2010), Giordan (1999), Maiztegui *et al* (2002), Perrenoud (2000), Ward *et al* (2010) e Zômpero e Laburú (2011).

A partir do referencial teórico, procuramos identificar os benefícios e desafios da experimentação remota e da simulação no ensino de Ciências e compreender quais critérios são essenciais para a eficácia, do ponto de vista acadêmico, de sua adoção.

Para análise dos dados, elaboramos uma planilha de avaliação tendo como elementos informações sobre o laboratório, sua classificação (remoto ou simulação), suas características técnicas e pedagógicas e uma análise qualitativa em relação à usabilidade, segurança, adaptabilidade, autonomia de uso, infraestrutura de apoio docente, estímulos às práticas investigativas e possibilidades pedagógicas que as plataformas oferecem.

A partir desses dados, identificamos que laboratórios remotos e de simulação ainda são pouco explorados na educação brasileira, tanto pela ausência de estímulos às práticas investigativas quanto pela formação docente, que talvez não prepare o futuro professor para a adoção de novas tecnologias. Além disso, há dificuldades de adoção de recursos tecnológicos no currículo escolar tanto por conta da viabilidade técnica de algumas instituições, quanto

devido à falta de recursos computacionais das escolas, como argumentam Tajra (2012) e Cachapuz *et al* (2005).

Os resultados encontrados neste trabalho também sugerem que a experimentação por meio dos laboratórios remotos e simuladores poderia contribuir para um maior engajamento dos alunos, envolvimento com o trabalho em equipe, por meio de aprendizagem colaborativa, além de incentivá-los à uma prática mais estimuladora, através do envolvimento científico com o conteúdo. Outros fatores identificados como benéficos para a utilização envolvem a motivação, aprendizagem colaborativa e trabalho em equipe, além de outras vantagens cognitivas, como a concentração, relação de causa e efeito, estímulo ao raciocínio lógico etc.

De maneira geral, pudemos explorar diferentes visões a respeito destas tecnologias em sala de aula e analisar diferentes laboratórios, desde os mais simples aos mais sofisticados, do ponto de vista tecnológico.

Entendemos que estes recursos de experimentação podem contribuir de maneira bastante relevante para o ensino de Ciências, e que para que sua adoção ganhe a escala necessária, os benefícios ainda precisam ser largamente disseminados entre os professores.

É importante destacar que hoje existem laboratórios que oferecem excelentes recursos, sem exigir, em contrapartida ou qualquer investimento em infraestrutura por parte das escolas. Como exemplo, o recorte dos cinco laboratórios (entre remotos e de simulação) analisados nessa dissertação podem ser facilmente adotados como apoio ao ensino de Ciências, tanto do ponto de vista técnico como pedagógico, além de trazerem uma série de facilidades com objetivo de ampliar as possibilidades investigativas e empíricas.

Basicamente, apenas com acesso à Internet, é possível que objetivos pedagógicos estejam alinhados à esta prática, além da supervisão docente na efetividade dos experimentos, estes recursos tendem a ser excelente apoio na construção do conhecimento.

A contribuição esperada deste trabalho é ampliar os estudos sobre o uso dos laboratórios remoto e de simulação no ensino de Ciências e acreditamos que o tema abre possibilidades para aprofundamento e novas discussões acerca de boas práticas que poderiam contribuir para um maior entendimento e adoção pelas unidades escolares deste tipo de recurso.

## REFERÊNCIAS

ADAMS BECKER, S.; CUMMINS, M.; DAVIS, A.; FREEMAN, A.; HALL GIESINGER, C.; ANANTHANARAYANAN, V. **NMC Horizon Report: 2017** High Education Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium, 2017.

ALVES, Paulo. **Os navegadores de Internet mais usados no Brasil e no mundo**. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/listas/noticia/2016/01/os-navegadores-de-internet-mais-usados-no-brasil-e-no-mundo.html>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

ANTONIO, Caroline Porto. **Mundos virtuais 3D integrados à experimentação remota: aplicação no ensino de ciências**. 2016. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016. Disponível em: <<http://150.162.242.35/handle/123456789/172166>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: Usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004.

BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso Editora, 2018.

BORGES, A. Tarciso. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v 19, nº. 3: p 291-313, dez. 2002.

BOZZA, Claudia. **Saiba o que é um navegador e um sistema operacional**. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/noticia/2011/08/saiba-o-que-e-um-navegador-e-um-sistema-operacional.html>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: Ministério da Educação (MEC), 2013.

\_\_\_\_\_. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias / Secretaria de Educação Básica**. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. 135 p. (Orientações curriculares para o Ensino Médio; volume 2)

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Ensino Médio Inovador**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=13439:ensino-medio-inovador>. Acesso em: 16 out. 2019.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. . **PCN+ Ensino Médio: orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2020. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2020.

BRUZZI, Demerval Guilarducci. Uso da tecnologia na educação, da história à realidade atual. **Revista Polyphonía**, Goiânia, v. 27, p.475-483, jul. 2016. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/sv/article/view/42325/21309>>. Acesso em: 23 fev. 2019.

CACHAPUZ, António *et al* (org.). **A necessária renovação no ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARDOSO, Dayane Carvalho; TAKAHASHI, Eduardo Kojy. **Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A**. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 11, n. 3, p.185-208, out. 2011. Quadrimestral. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2418>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

CARNIELLO, Luciana Barbosa Cândido; RODRIGUES, Bárbara Mônica Alcântara Gratão; MORAES, Moema Gomes. A relação entre os nativos digitais, jogos eletrônicos e aprendizagem. In: SIMPÓSIO HIPERTEXTO E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO, 3., 2010, Recife, Pe. Anais eletrônicos. Recife, Pe: Universidade Federal de Pernambuco, 2010. p. 1 - 20. Disponível em: <http://nehte.com.br/simposio/anais/Anais-Hipertexto-2010/Luciana-Barbosa-Carniello&Barbara-Alcantara-Gratao&Moema-Gomes-Moraes.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2019.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de *et al*. **Calor e Temperatura**: Um ensino por investigação. 1ª. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

CARVALHO, Jaciara de Sá. **Redes e comunidades: ensino-aprendizagem pela Internet**. São Paulo: Editora e Livraria Instituto Paulo Freire, 2011.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; SASSERON, Lúcia Helena. Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 43-55, dez. 2018.

CASTELLS, Manuel; CARDOSO, Gustavo (Orgs.). **A Sociedade em Rede**: do conhecimento à ação política; Conferência. Belém (Por): Imprensa Nacional, 2005.

CHARLES UNIVERSITY (PRAGA) (República Tcheca). **iSES**: Internet School Experimental Studio. Disponível em: <https://www.ises.info/index.php/en>. Acesso em: 22 fev. 2020.

CIRELLI, Adilson Odair; COSTA, Maria Cristina Castilho (Org.). **Educomunicação**: construindo uma nova área do conhecimento. São Paulo: Paulinas, 2011.

COLL, César; MONEREO, Carles. Educação e aprendizagem no século XXI: novas ferramentas, novos cenários, novas finalidades. In: COLL, César; MONEREO, Carles. **Psicologia da Educação Virtual**: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação. Aprender e Ensinar com as Tecnologias da Informação e da Comunicação. São Paulo: Penso Editora, 2010. Cap. 1. p. 15-46.

CORTELLA, Mario Sergio. **Educação, escola e docência**: novos tempos, novas atitudes. São Paulo: Cortez, 2014.



CURY, Lucilene; CAPOBIANCO, Ligia. **Princípios da história das tecnologias da informação e comunicação grandes invenções**. In: 8º ENCONTRO NACIONAL DE HISTÓRIA DA MÍDIA, 2011, Guarapuava.

DIAS, Renata Rampim de Freitas. **Internet das Coisas sem mistérios: uma nova inteligência para os negócios**. Uma nova inteligência para os negócios. São Paulo: Netpress Books, 2016.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. **Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, [s.l.], v. 25, n. 3, p.259-272, set. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11172003000300002>. Acesso em: 05 mai. 2018.

FURGERI, Sérgio. **Java 8 - ensino didático: desenvolvimento e implementação de aplicações**. São Paulo: Érica, 2015.

Gadzhанov, S. & Nafalski, A. (2010). **Pedagogical effectiveness of remote laboratories for measurement and control**. World Transactions on Engineering and Technology Education. 8. 162-167. Disponível em: [http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.8,%20No.2%20\(2010\)/6-15-GADZHANOV.pdf](http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.8,%20No.2%20(2010)/6-15-GADZHANOV.pdf). Acesso em: 12 ago. 2020.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da Ufrgs, 2009.

GIL, Carlos Antônio. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 10, p.43-49, nov. 1999.

GONÇALVES, Mileni Kazedani. **Usabilidade de software: estudo de recomendações básicas para verificação do nível de conhecimento dos alunos dos cursos de design gráfico e sistemas de informação da Unesp/Bauru**. 2009. 238 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design Gráfico, Unesp Bauru, Bauru, 2009.

GRANDINI, Nádia Alves; GRANDINI, Carlos Roberto. A Importância e Utilização do Laboratório Didático na Visão de Alunos Recém-Saídos do Ensino Médio. In: **XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2007, Bauru. Universidade do Sagrado Coração, Bauru, Unesp, 2007. p. 1 - 6. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0499-1.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2019

KENSKI, Vani Moreira. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. 9. ed. Campinas: Papirus, 2003.

\_\_\_\_\_. **Educação e Tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8. ed. Campinas: Papirus, 2012.

\_\_\_\_\_. **Tecnologias e tempo docente**. Campinas: Papyrus, 2013. Paginação Kindle: posição 833.

LABURÚ, Carlos Eduardo. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, dezembro de 2006.

LABURÚ, Carlos Eduardo; SILVA, Osmar Henrique Moura da. O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 17, n 3, p. 7-33, 2011.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Ed. 34, 1999.

MACHADO, Francis Berenger; MAIA, Luiz Paulo. **Arquitetura de Sistemas Operacionais**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011

MAIZTEGUI, Alberto *et al.* Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, n. 28, p. 129-155, set. 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/39153502>. Acesso em: 30 maio 2020.

MATTELART, Armand. **História da sociedade da informação**. 2. ed. Revista e atualizada. São Paulo: Edições Loyola, 2006.

MASTROCOLA, Vicente Martin. **Doses lúdicas: breves textos sobre o universo dos jogos e entretenimento**. São Paulo: Independente, 2013.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. **Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física**. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 2, p.77-86, jun. 2002.

MINISTRY OF ELECTRONICS & INFORMATION TECHNOLOGY (Índia). **OLabs: Online Labs for Schools**. Disponível em: <https://www.olabs.edu.in/>. Acesso em: 22 fev. 2020.

MORAN, José Manuel. Os novos espaços de atuação do professor com as tecnologias. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 4, n. 12, p. 13-21, maio 2004. Disponível em: [http://www.pucrs.br/ciencias/viali/tic\\_literatura/artigos/189117821002.pdf](http://www.pucrs.br/ciencias/viali/tic_literatura/artigos/189117821002.pdf). Acesso em: 22 maio 2020.

MORAN, José Manual; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 10. ed. Campinas: Papyrus, 2006.

NEITZEL, Luiz Carlos. **O bit na galáxia de Gutenberg**. 1999. Disponível em: <<http://www.geocities.ws/athens/sparta/1350/bit.html>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

OLIVEIRA, Cláudio Luís Vieira; ZANETTI, Humberto Augusto Piovesana; NABARRO, Cristina Becker Matos. **Raspberry Pi descomplicado**. São Paulo: Érica, 2018.

PAULA, Helder de Figueiredo e. **Fundamentos Pedagógicos para o Uso de Simulações e Laboratórios Virtuais no Ensino de Ciências**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, [s.l.], v. 17, n. 1, p.75-103, 30 abr. 2017. Revista Brasileira de Pesquisa em

Educacao em Ciencia. <http://dx.doi.org/10.28976/1984-2686rbpec201717175>. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2836>>. Acesso em: 09 jun. 2018.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PRATES, Raquel Oliveira; BARBOSA, Simone Diniz Junqueira. **Avaliação de Interfaces de Usuário - Conceitos e Métodos**. Anais do XXIII Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação. XXII Jornadas de Atualização em Informática (JAI). SBC 2003. Agosto de 2003. Disponível em: <[http://www-di.inf.puc-rio.br/~simone/files/JAI2003\\_avaliacao\\_s.pdf](http://www-di.inf.puc-rio.br/~simone/files/JAI2003_avaliacao_s.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2019.

PRENSKY, Marc. Digital Natives, Digital Immigrants. MCB University Press, 2001. Disponível em: <<http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>>. Acesso em: 15 jul 2018.

RECUERO, Raquel. **Comunidades virtuais em redes sociais na Internet**: uma proposta de estudo. ECompos, Internet, v. 4, n. dez.2005. Disponível em: <<https://www.e-compos.org.br/e-compos/article/download/57/57/>>. Acesso em: 16 jun. 2020

ROCHA, Heloísa Vieira da; BARANAUSKAS, Maria Cecília. **Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2003. Disponível em: <<https://www.nied.unicamp.br/biblioteca/design-e-avaliacao-de-interfaces-humano-computador/>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

SANTAELLA, Lúcia. **Navegar no ciberespaço**: o perfil cognitivo do leitor imersivo. São Paulo: Paulus, 2004.

\_\_\_\_\_. **Porque as comunicações e as artes estão convergindo?** São Paulo: Paulus, 2005. (Questões Fundamentais).

\_\_\_\_\_. Desafios da ubiquidade para a educação. **Ensino Superior**: Unicamp, Campinas, ed. 9, p.19-28, abr. 2013. Trimestral. Disponível em: <[https://www.revistaensinosuperior.gr.unicamp.br/edicoes/edicoes/ed09\\_abril2013/NMES\\_1.pdf](https://www.revistaensinosuperior.gr.unicamp.br/edicoes/edicoes/ed09_abril2013/NMES_1.pdf)>. Acesso em: 05 maio 2018.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. Metodologia de pesquisa. Porto Alegre: Penso Editora, 2013. Tradução: Daisy Vaz de Moraes.

SÉRÉ, M. G. A Imagem das Ciências Experimentais e a Formação para a Cidadania e a Pesquisa. **Educação**, Porto Alegre, v. XXIV, n. 44, p. 57-81, 2001.

SOUSA, Robson Pequeno de; MOITA, Filomena M. C. da S. C.; CARVALHO, Ana Beatriz Gomes (org.). **Tecnologias digitais na educação**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

STATCOUNTER, Globalstats. **Desktop, Mobile & Tablet Browser Market Share Brazil**. Disponível em: <<http://gs.statcounter.com/browser-market-share/desktop-mobile-tablet/brazil/#monthly-201805-201905-bar>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

STEVAN JUNIOR, Sergio Luiz. **Internet das Coisas**: Fundamentos e aplicações em arduíno e NodeMCU. São Paulo: Érica, 2019.

TAKAHASHI, Tadao. **Livro verde da sociedade da informação no Brasil**. 2000. Disponível em <<http://www.governoeletronico.gov.br/documentos-e-arquivos/livroverde.pdf>>. Acesso em: 9 jul.2018.

Target Group Index. **Gerações Y e Z**: Juventude Digital. São Paulo: Ibope Mídia, 2009. Disponível em: <[http://www4.ibope.com.br/download/geracoes\\_y\\_e\\_z\\_divulgacao.pdf](http://www4.ibope.com.br/download/geracoes_y_e_z_divulgacao.pdf)>. Acesso em: 14 jul. 2018.b

TAJRA, Sanmya Feitosa. **Informática na Educação**: novas ferramentas pedagógicas para o professor na atualidade. Novas Ferramentas Pedagógicas para o Professor na Atualidade. 9. ed. São Paulo: Érica, 2012.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo da Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 2010.

UNIVERSIDADE DE COLORADO BOULDER (EUA). **PhET**: Interactive Simulations. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/pt_BR). Acesso em: 22 fev. 2020.

UNIVERSIDADE DEUSTO (Espanha). **WebLab-Deusto**. 2020. Disponível em: <http://weblab.deusto.es>. Acesso em: 22 fev. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC) (Santa Catarina). **RExLab**: Laboratório de Experimentação Remota. 2020. Disponível em: <https://rexlabs.ufsc.br/>. Acesso em: 22 fev. 2020.

WARD, Hellen *et al.* **Ensino de ciências**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ZÔMPERO, F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

## APENDICE 1

### Lista dos laboratórios analisados

ID	NOME DO LAB
1	Phet Interactive Simulation
2	RExLab
3	LTE - IB - Unicamp - Educational Technology Lab
4	Efeito Foto Elétrico - UFPB
5	Grupo de Trabalho em Experimentação Remota Móvel
6	Go-Lab Sharing and Authoring Platform
7	The Dynamical Astronomy JavaLab
8	UPM - 3D Labs ( Universidad Politécnica de Madrid)
9	Scratch - Physics Simulations and Animations
10	MIT - OpenRelativity
11	Plasma theory & simulation
12	MIT - Slower Speed of Light
13	Olabs
14	Labster
15	Weblab
16	LiLa - Libray os Labs
17	OPBS
18	Farlabs
19	e-LABORATORY PROJECT
20	Remotely controlled laboratory
21	iLab Project at MIT
22	University Network of Interactive Laboratories
23	Maple Student Edition
24	OriginLab
25	Remote- Lab GymKT (esta em manutenção)
26	Virtual and Remotely accessible laboratory setup and related tools
27	Remotely Controlled Laboratories - RCLs
28	DistanceLab e-environment
29	Internet microscope

## Análise dos laboratórios de acordo com os critérios técnicos

ID	TIPO		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
	REMOTO	SIMULAÇÃO	<i>Eficiência de uso / Usabilidade</i>	<i>Segurança de uso</i>	<i>Idioma: Versão em Português</i>	<i>Possui Simulações On-line</i>	<i>Possui Simulações Off-line</i>	<i>Multiplataforma (roda em mais de um sistema operacional)</i>
1	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓
3	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓
4	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓
5	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓
6	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓
8	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
9	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
11	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓
12	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓
13	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓
14	✗	✓			✗	✓	✗	✓
15	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
16	✓	✓						
17	✗	✓						
18	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓
19	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
20	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓
21								
22	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
23		✓						
24		✓						
25	✓	✗			✗	✓	✗	✓
26	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓
27	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓
28	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓
29	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓

## Análise dos laboratórios de acordo com os critérios pedagógicos

CRITÉRIOS PEDAGÓGICOS					
ID	<i>Adaptabilidade de recursos</i>	<i>Grau de liberdade dos usuários com relação ao experimento</i>	<i>Material de apoio para o professor dentro dos laboratórios</i>	<i>Estímulo de práticas investigativas</i>	<i>Potencial contribuição de simuladores e labs remotos para o uso metodologias ativas de ensino</i>
1	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✗	✓	✓
4					
5	✓	✗	✗	✓	✓
6	✓	✗	✗	✓	✓
7					
8	✓	✓	✗	✓	✓
9	✗	✗	✗	✗	✗
10	✓	✗	✗	✗	✗
11					
12	✓	✗	✗	✗	✗
13	✓	✓	✓	✓	✓
14					
15	✓	✓	✓	✓	✓
16					
17					
18					
19	✓	✓	✓	✓	✓
20					
21					
22	✓	✓	✓	✓	✓
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29	✓	✗	✗	✓	✗