



## **Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A**

### **Remote experimentation in formal education activities: a study from Qualis A journals**

**Dayane Carvalho Cardoso**

Instituto de Física  
Universidade Federal de Uberlândia  
dayane\_carvalho@yahoo.com.br

**Eduardo Kojoy Takahashi**

Instituto de Física  
Universidade Federal de Uberlândia  
ektakahashi@gmail.com

#### *Resumo*

É apresentado nesse trabalho um estado da arte sobre o uso da Experimentação Remota no ensino formal, a partir do levantamento e análise de trabalhos sobre o assunto em revistas e periódicos de Ensino e Educação, no Brasil e no exterior. O intuito é investigar se (e como) os laboratórios remotos estão sendo utilizados no ensino, particularmente, no ensino de Física. Foram selecionados e analisados artigos de periódicos Qualis A nacionais e internacionais, entre os anos 2000 e 2009. No desenvolvimento de nosso trabalho não encontramos relatos de pesquisa sobre acesso remoto a experimentos para a área de Física ou de como isso pode incrementar o processo de ensino e aprendizagem dessa disciplina. Desta forma, as eventuais limitações na utilização desta ferramenta no ensino devem ser estudadas de forma aprofundada e suas potencialidades exploradas no sentido de suprir as necessidades de uma aula prática.

#### **Palavras chaves**

Estado da Arte; Experimentação Remota; Ensino-aprendizagem de Física; Metodologias de ensino.

### **Abstract**

In this work it is presented a state of the art on the use of Remote Experimentation in formal education from the survey and analysis work on the subject in magazines and journals of Teaching and Education in Brazil and abroad. The aim is to investigate whether (and how) the remote laboratories are being used in teaching, particularly in the Physics teaching. Were selected and analyzed articles from Qualis A national and international journals, between 2000 and 2009. Researches about the remote access to real experiments in Physics or how this could be done in order to enhance the teaching and learning processes in Physics were not found in the selected journals. Thus, any limitations in using this tool in teaching should be studied in depth to explore its potential in order to meet the needs of a practical classroom.

### **Key words**

State of the Art; Remote Experimentation; Teaching and Learning in Physics; Teaching Methodologies.

## **Introdução**

Neste trabalho será apresentado um estado da arte sobre o uso da Experimentação Remota no ensino formal, a partir do levantamento e análise de trabalhos sobre o assunto em revistas e periódicos de ensino e educação, no Brasil e no exterior. Nosso intuito é investigar se (e como) os laboratórios remotos estão sendo utilizados para o ensino e, particularmente, no ensino de Física, com o objetivo de avaliar o potencial desse recurso para o ensino-aprendizagem em Física.

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.

O uso de um laboratório remoto para o ensino pode suprir muitas dificuldades e carências relacionadas ao uso da experimentação nas escolas ou universidades.

É de conhecimento corrente que os alunos geralmente possuem dificuldade em aprender Física. Esse fato se agrava, também, devido a problemas na formação inicial e continuada dos professores e à falta de atividades práticas nessa disciplina, principalmente na educação básica, onde a carência de equipamentos de laboratório didático nas escolas impede a realização de experimentos.

Um das questões recorrentes na pesquisa em ensino de Física é o uso da experimentação. Segundo Ferreira e Villani (2002, p.63),

*[...] em geral, os professores fecham o círculo de possibilidades de explicações ao que eles conhecem de sua prática, pois acreditam essa ser a única forma para ter um certo domínio em sua interação com os alunos. Ainda hoje fórmulas e resoluções de exercícios constituem atividades preferidas, ao passo que laboratório didático, simulações, história da ciência, filmes e*

---

*outros recursos metodológicos raramente são utilizados. O resultado é que os alunos se convencem da extrema dificuldade da Física e poucos investem na tentativa de aprender.*

As atividades de experimentação podem auxiliar no ensino-aprendizagem de Física, como dizem Araújo e Abib (2003, p. 176),

*[...] o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e ensinar Física de modo significativo e consistente.*

Além disso, os documentos oficiais nacionais como PCN (BRASIL, 2000), PCN+ (BRASIL, 2002) e os estaduais, como o CBC (MINAS GERAIS, 2007), se posicionam a favor da experimentação, considerando-a fundamental para o ensino da Física. Da mesma forma, vários pesquisadores (SÉRÉ, COELHO e NUNES, 2003; ROSA e ROSA, 2003; MATHEUS, SOUSA e MOREIRA, 2005) acreditam que as atividades experimentais são importantes para a compreensão dos fenômenos físicos, sendo que muitos se preocupam com uma maneira mais viável para a implementação dos experimentos em sala de aula, como por exemplo, a utilização de experimentos de baixo custo (SANTOS e FERREIRA; PIASSI, 2004; CATELLI e LAZZARI, 2005; IRAMINA e FUSINATO, 2005; LABURÚ e SILVA, 2004; LABURÚ, SILVA e BARROS, 2008).

Os PCN + (BRASIL, 2002, p. 84) destacam 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 e inquestionável. Isso inclui retomar o papel da experimentação, atribuindo-lhe uma maior abrangência para além das situações convencionais de experimentação em laboratório.*

A experimentação desenvolve as capacidades de: compreensão de um problema, simplificação e modelagem do problema, formulação de hipóteses, proposição metodológica, verificação de hipóteses, realização de medidas, análises de dados, elaboração de conclusões, dentre outras. Entretanto, a realização de atividades experimentais no ensino de nível básico é extremamente limitada, para não dizer inexistente. Um dos motivos que dificultam o uso desse tipo de atividade é o alto custo necessário para a implementação e manutenção de laboratório nas escolas. Além disso, a quantidade de alunos neste tipo de laboratório é bem restrita e os horários para acesso aos equipamentos dependem da disponibilidade do profissional responsável para acompanhar as práticas.

Existem algumas alternativas que podem suprir essas limitações que é o uso de simulações (virtuais), interativas ou não, e de experimentos de baixo custo, como

formas de desenvolver algumas das competências citadas. Outra alternativa consiste em viabilizar o acesso dos alunos a laboratórios reais por meio da Internet. A utilização desses Laboratórios de Experimentação Remota, como são conhecidos, permitiria a realização cooperativa de experimentos reais com o objetivo de prover uma melhor compreensão dos fenômenos científicos e estimular um interesse maior pela carreira científica.

De acordo com Borges, citado por Schuhmacher (2004, p. 3),

*[...] o Laboratório de Experimentação Remota como é chamada, é uma aplicação educacional nova que permite a estudantes buscar informações no mundo real a partir de um computador remoto e em tempo real. Nele se permite executar ações em dispositivos externos ao computador que está sendo acessado, ainda que controlados pelo mesmo.*

Nos dias de hoje, o desenvolvimento tecnológico se faz de uma forma muito rápida e o contato e o interesse dos alunos por essas tecnologias, como por exemplo, o computador, cresce cada vez mais. Porém, a Experimentação Remota não auxilia a aprendizagem por si só; o uso da experimentação deve ser amparado por ferramentas didáticas e metodologias devidamente fundamentadas.

A utilização de uma ferramenta computacional faz surgir condições para que o aluno possa gerar um conhecimento, antes não proporcionado pelas limitações da tecnologia do lápis e papel. O aprendizado, nessa abordagem, ocorre pelo fato do aluno estar executando uma tarefa por intermédio do computador.

Segundo Costa, citado por Schuhmacher (2004, p. 2), o computador desempenha

*[...] um papel importante na aprendizagem da Física, pois, quando empregado criteriosamente, se transforma numa ferramenta auxiliar de valor inestimável para o aprendizado e numa fonte de estímulo à criatividade inesgotável.*

A introdução e a utilização de Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs) têm permitido a descentralização dos processos educacionais, possibilitando a comunicação de estudantes de classes e lugares diferentes. Assim, a aprendizagem transcende os espaços “escolares” e permeia as atividades sociais.

A utilização das tecnologias contemporâneas de informação e comunicação no ensino, especificamente a Internet e os softwares educacionais, tem sido alvo de grande interesse, tanto para o ensino presencial, quanto para o ensino aberto e a distância (SILVA, 2002; CAVALCANTE, PIFFER e NAKAMURA, 2001; NOGUEIRA, 2000).

Além disso, as tecnologias atuais podem contribuir para eliminar algumas limitações das aulas experimentais presenciais, que são a falta de espaço físico e a dificuldade de acesso aos experimentos e podem, também, contribuir com a inclusão digital em cursos e disciplinas presenciais ou à distância.

Assim, um laboratório remoto pode auxiliar na aprendizagem de conceitos físicos, sendo um importante recurso nos cursos de Educação a Distância (EaD) que exigem aulas práticas, como também aulas presenciais tornado-a mais interativa e mais

dinâmica. Pode, ainda, auxiliar o aprendiz independentemente das aulas e viabilizar a realização de experimentos mais complexos e/ou de difícil acesso.

A seguir, serão apresentadas uma breve descrição da Experimentação Remota, a metodologia utilizada, a análise e discussão dos resultados e as perspectivas futuras.

### Sobre a Experimentação Remota

De forma geral, um laboratório remoto oferece o acesso a equipamentos, bancadas e experimentos do laboratório por meio de um computador conectado à Internet (Figura 1).

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.



Figura 1: Esquema de um laboratório de Experimentação Remota.

Um aluno poderá acessar o laboratório remoto de sua residência, de seu trabalho ou de qualquer lugar que possua um computador com acesso à Internet. Um dos objetivos do laboratório é permitir aos estudantes maior liberdade para a organização do seu tempo de estudo e de uso do equipamento do que em um laboratório real com aulas presenciais.

De acordo com Johnston e Agarwal, citados por Silva (2006, p.128), um Laboratório de Experimentação Remota deve apresentar os seguintes requisitos:

- *Controle remoto e monitoramento dos experimentos.*
- *Comunicações 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.*

Silva (2006, p. 135) enfatiza que um laboratório remoto possui grandes vantagens para as instituições de ensino, como:

- *Maior utilização dos equipamentos do laboratório. Ao estarem disponíveis os equipamentos 24 horas por dia, 365 dias ao ano seu rendimento é maior.*
- *Organização de laboratórios. Não é necessário manter abertos os laboratórios a todas as horas, basta com que estejam operacionais.*
- *Organização do trabalho dos alunos. Com os laboratórios remotos os alunos e 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 a sociedade. Os laboratórios remotos podem ser colocados a disposição da sociedade.*
- *Cursos não presenciais. Possibilitam a organizar cursos totalmente não presenciais, evitando muitos dos problemas atuais.*
- *Inserção dos usuários em um contexto real.*

E que a Experimentação Remota busca resolver os problemas de acesso aos laboratórios clássicos, com o objetivo de:

- *Incrementar as atividades práticas em um curso (de forma que os alunos possam acessar a eles em qualquer horário, não somente quando esteja aberto o centro para temas docentes),*
- *Reduzir os custos de gestão e manutenção dos laboratórios (ao aumentar o uso em qualquer horário aos mesmos com um pessoal menor),*
- *Permitir o uso dos mesmos desde qualquer ponto geográfico de forma que se reduzam ou minimizem os custos de deslocamento, assim como a qualquer hora, permitindo desta forma resolver o problema dos fusos horários com outras zonas geográficas, e,*
- *Integrar em um mesmo ambiente as aplicações docentes das práticas, experimentação e trabalho no laboratório, com as atividades propriamente docentes mediante a integração de materiais, simulações e acesso a equipamentos e dispositivos.* (SILVA, 2006, p. 121)

---

Além disso, um laboratório remoto pode ser disponibilizado em cursos e disciplinas de Educação a Distância (EaD), sendo que aulas práticas são essenciais para o ensino de Física e alguns cursos on-line já as exigem. A educação a distância se apresenta como uma possibilidade para os alunos que necessitam de sistemas de ensino-aprendizagem mais flexíveis e adaptativos sem limitações espaciais ou temporais.

## Metodologia

Com o intuito de realizar uma investigação sobre o uso da Experimentação Remota no ensino, selecionamos e analisamos artigos de periódicos Qualis1 A nacionais e internacionais, entre os anos 2000 e 2009, de acordo com a classificação da Capes divulgada em fevereiro de 2010.

Para a seleção dos periódicos, utilizamos a lista completa da Capes, que contém a classificação da produção intelectual, e apuramos todos os periódicos das seções Educação e Ensino de Ciências e Matemática. Além desses, também selecionamos todos os outros periódicos que continham as palavras ensino, educação e seus correspondentes em inglês e espanhol. No total, encontramos 78 periódicos.

Como critério de seleção dos artigos, optamos por pesquisar, nos títulos, as palavras-chave experimentação remota, laboratório remoto e seus correspondentes em inglês e espanhol. Encontramos 31 artigos em apenas 5 periódicos internacionais: *Computer Applications in Engineering Education*, *Computers & Education*, *IEEE Transactions on Education*, *Journal of Research in Science Teaching (Print)* e *Physics Education (Print)*.

A partir dos artigos encontrados, fizemos um levantamento do número de artigos publicados em cada ano e em cada área de conhecimento; verificamos em quais periódicos foram publicados e para qual nível de ensino; elaboramos uma síntese dos objetivos, metodologias e estratégias utilizadas e as principais contribuições para o ensino; fizemos uma análise em relação ao enfoque, à justificativa de utilização da Experimentação Remota, às vantagens e desvantagens do uso do laboratório remoto e à utilização de metodologia de ensino.

## Análise e Discussão dos Resultados

Na pesquisa, encontramos 31 artigos sobre Experimentação Remota usando os critérios citados anteriormente. O título de cada um desses artigos pode ser visualizado no Quadro 1, juntamente com seus respectivos autores. Os títulos foram organizados em ordem alfabética e numerados de 1 a 31. Os números serão citados do decorrer deste artigo para simplificação.

---

<sup>1</sup> Qualis é o conjunto de procedimentos da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) que mede a qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação onde o indicativo A é o mais elevado.

Quadro 1: Títulos e autores dos artigos encontrados sobre Experimentação Remota.

n°	Título	Autor (es)
1	A Distance PLC Programming Course Employing a Remote Laboratory Based on a Flexible Manufacturing Cell	GOMIS-BELLMUNT, O.; MIRACLE, D.M.; ARELLANOS, S.G.; SUMPER, A.; ANDREU, A..S.
2	A Java/Matlab-Based Environment for Remote Control System Laboratories: Illustrated with an Inverted Pendulum	SÁNCHEZ, J.; DORMIDO, S.; PASTOR, R.; MORILLA, F.
3	A LabVIEW-Based Remote Laboratory Experiments for Control Engineering Education	STEFANOVIC, M.; CVIJETKOVIC, V.; MATIJEVIC, M.; SIMIC, V.
4	A Model for Evaluating the Effectiveness of Remote Engineering Laboratories and Simulations in Education	NICKERSON, J.V.; CORTER, J.E.; ESCHE, S. K.; CHASSAPIS, .C.
5	A Remote Laboratory Experiment for 4-Quadrant Control of a DC Motor	IRMAK, E.; BAYINDIR, R.; COLAK, I.; SOYSAL, M.
6	A Remote Laboratory Platform for Electrical Drive Control Using Programmable Logic Controllers	FERRATER-SIMÓN, C.; MOLAS-BALADA, L.; GOMIS-BELLMUNT, O.; LORENZO-MARTÍNEZ, N.; BAYÓ-PUXAN, O.; VILLAFAFILA-ROBLES, R.
7	A Remote Monitoring and Control-Based Precise Multilocation Riveting System	LIN, H.C.
8	A Remotely Accessible and Configurable Electronics Laboratory Implementation by using LabView	AZAKLAR, S.; KORKMAZ, H.
9	A Web-Based Remote Access Laboratory using SCADA	AYDOGMUS, Z.
10	A Web-Based Remote Interactive Laboratory for Internetworking Education	SIVAKUMAR, S.C.; ARTIMY, M.; ASLAM, N.
11	An Experience of Teaching for Learning by Observation: Remote-controlled experiments on electrical circuits	KONG, S.C.; YEUNG, Y.Y.; WU, X.Q.
12	Building Complex Remote Learning Laboratories	CALVO, I.; MARCOS, M.; ORIVE, D.; SARACHAGA, I.
13	DVTS-Based Remote Laboratory Across the Pacific Over the Gigabit Network	KIKUCHI, T.; FUKUDA, S.; FUKUZAKI, A.; NAGAOKA, K.; TANAKA, K.; KENJO, T.; HARRIS, D.A.
14	Flexible Engineering Degree Programs with Remote Access Laboratories in an Australian Regional University known for its Excellence in e-Learning	KU, H.; GOH, S.; AHFOCK, A.
15	Implementing a Remote Laboratory Experience into a Joint Engineering Degree Program: Aerodynamic Levitation of a Beach Ball	JERNIGAN, S.R.; FAHMY, Y.; BUCKNER, G.D.
16	Learning at the Nanoscale: the Impact of Students' use of Remote Microscopy on Concepts of Viruses, Scale, and Microscopy	JONES, M.G.; ANDRE, T.; SUPERFINE, R.; TAYLOR, R.
17	Remote Access Astronomy	BEARE, R.; BOWDLEY, D.; NEWSAM, A.; ROCHE, P.
18	Remote Control Laboratory via Internet using Matlab and Simulink	PUERTO, R.; JIMÉNEZ, L.M.; REINOSO, O.
19	Remote Experiments, re-versioning and re-thinking Science Learning	SCANLON, E.; COLWELL, C.; COOPER, M.; PAOLO, T.
20	Remote Laboratories for Optical Circuits	GURKAN, D.; MICKELSON, A.; BENHADDOU, D.



n°	Título	Autor (es)
21	Remote Laboratory and Animal Behaviour: an Interactive Open Field System	FIORE, L.; RATTI, G.
22	Remote Laboratory for a Brushless DC Motor	KIKUCHI, T.; KENJO, T.; FUKUDA, S.
23	Remote Monitoring and Control of Horticultural Cool Storage over the Internet	OMID, M.; SAJJADIYE, S.M.; ALIMARDANI, R.
24	Requirements for Remote RF Laboratory Applications: an Educators' Perspective	CAGILTAY, N.E.; AYDIN, E.; OKTEM, R.; KARA, A.; ALEXANDRU, M.; REINER, B.
25	Schools to gain Remote Access to Oxford University-based SEM	COCKAYNE, D.
26	Synchronous Collaboration of Virtual and Remote Laboratories	JARA, C.A.; CANDELAS, F.A.; TORRES, F.; DORMIDO, S.; ESQUEMBRE, F.
27	Teaching Photonics Laboratory using Remote-Control Web Technologies	CHANG, G.; YEH, Z.; CHANG, H.; PAN, S.
28	The Impact of Audiovisual Feedback on the Learning Outcomes of a Remote and Virtual Laboratory Class	LINDSAY, E.; GOOD, M.
29	Virtual and Remote Robotic Laboratory: Comparative Experimental Evaluation	TZAFESTAS, C.S.; PALAIOLOGOU, N.; ALIFRAGIS, M.
30	Virtual Laboratories in Engineering Education: The Simulation Lab and Remote Lab	BALAMURALITHARA, B.; WOODS, P.C.
31	Web-based Remote Control Laboratory using a Greenhouse Scale Model	GUZMÁN, J.L.; BERENGUEL, M.; RODRÍGUEZ, F.; DORMIDO, S.

Nas análises preocupamo-nos em verificar como vem sendo o desenvolvimento de pesquisas sobre laboratórios remotos nos últimos 10 anos. A partir dessas análises, constatamos que pesquisas relacionadas a experimentos que podem ser operados remotamente são relativamente recentes. Essa tecnologia só pôde ser desenvolvida devido aos grandes avanços tecnológicos dos últimos tempos, como por exemplo, a engenharia de automação e controle assistida por computadores, Internet e webcams, que são elementos essenciais para esse tipo de experimentação. Podemos observar (Quadro 2) que desde 2000 a quantidade de artigos publicados sobre esse assunto vem crescendo; porém, esse crescimento não é gradual. Ainda assim, percebemos um aumento significativo nos últimos dois anos (2008 e 2009).

Quadro 2: Quantidade de artigos publicados, por ano, de 2000 a 2009.

Número de artigos Publicados											
Período	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total
Quant.	0	1	0	2	4	5	3	1	7	8	31
%	0,00	3,23	0,00	6,45	12,90	16,13	9,68	3,23	22,58	25,81	100,00

Do total de 78 periódicos Qualis A que analisamos, apenas 5 periódicos internacionais continham artigos sobre o tema aqui apresentado, sendo que dois deles (Computer Applications in Engineering Education e IEEE Transactions on Education) apresentam o maior número de publicações sobre laboratórios remotos (Quadro 3). Em nenhum dos

periódicos nacionais Qualis A encontramos artigos sobre experimentos remotos, apesar de existirem pesquisas e laboratórios remotos no Brasil.

Quadro 3: Quantidade de artigos publicados em cada periódico.

Periódico	Quant.	%
Computer Applications in Engineering Education	11	35,48
Computers & Education	4	12,90
IEEE Transactions on Education	13	41,94
Journal of Research in Science Teaching	1	3,23
Physics Education	2	6,45
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>100</b>

Apuramos também em quais áreas de conhecimento os trabalhos são desenvolvidos e para que nível de ensino. Como mostra o Quadro 4, a maioria dos artigos relacionam-se a aplicações na área de ensino de Engenharia. Percebemos que os autores justificam que as engenharias necessitam de experimentação, de prática, para a inserção do egresso no mercado de trabalho e que a prática é de fundamental importância para a aprendizagem dos conceitos relacionados com as disciplinas (BELLMUNT, 2006; AZAKLAR e KORKMAZ, 2008; CALVO et al., 2009; SCANLON et al., 2004; CAGILTAY et al., 2009). Porém, essa afirmativa também é válida para outras áreas de conhecimento como a biologia, a física, a química e suas articulações, mas pesquisas sobre uso da Experimentação Remota nessas áreas são muito poucas quando comparadas com as engenharias.

Quadro 4: Quantidade de artigos por área de conhecimento.

Área de Conhecimento						
Área	Biologia	Física	Química	Ciências*	Engenharia	Total
<b>Quant.</b>	2	0	0	4	25	31
<b>%</b>	6,45	0,00	0,00	12,90	80,65	100,00
<b>Artigos</b>	16, 21	—	—	11, 17, 19, 25	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31	—
* Ensino de Ciências Naturais ou articulação dos componentes de Física, Química e Biologia.						

Os experimentos remotos referenciados apenas nos artigos da área de engenharia encontram-se no Quadro 5, onde se percebe a presença de alguns experimentos que poderiam ser utilizados no ensino da Física em nível superior, como alguns experimentos de eletrônica, o interferômetro de Michelson, as imagens ao microscópio eletrônico de varredura, a vibração mecânica unidimensional e o pêndulo invertido. A maior parte dos experimentos é voltada aos cursos de Engenharia Mecânica/Mecatrônica e Elétrica.

Quadro 5: Relação de experimentos remotos utilizados pelos autores, nos artigos da área de engenharia.

Artigo	Experimento Remoto Utilizado
1	Célula de manufatura flexível
2	Pêndulo invertido
3	Tanques de água acoplados
4	Vibração mecânica unidimensional
5	Controle de um motor DC
6	Acionamento elétrico baseado em controladores lógicos programáveis
7	Monitoramento e controle remoto de um sistema de rebitagem
8	Diversos experimentos de eletrônica
9	Controle de um motor de indução
13	Movimentos finos de um motor elétrico
14	Sistema de treinamento em proteção de transformador
15	Levitação aerodinâmica de uma bola de praia
18	Ensino de teoria de controle baseada em Matlab/Simulink
20	Caracterização de fonte óptica e atenuação da luz em fibras ópticas
22	Motor DC sem escovas
23	Controle remoto e monitoramento de armazenamento resfriado de horticulturas
25	Imagens ao microscópio eletrônico de varredura
26	Sistema tele-robótico
27	Interferômetro de Michelson
28	Calibração de um acelerômetro piezolétrico
29	Treinamento em cinemática e controle de robô
31	Controle de aclimação em estufas

O Quadro 6 apresenta a quantidade de artigos por nível de ensino, sendo que 3,23% dos artigos não definem em que nível de ensino pode ser utilizado o laboratório. Assim, as pesquisas mostram uma carência de preocupação com experimentações remotas para o ensino na escola básica.

Quadro 6: Quantidade de artigos por nível de ensino.

Nível de ensino					
Nível	Superior	Médio	Fundamental	Geral	Total
Quant.	27	2	1	1	31
%	87,10	6,45	3,23	3,23	100,00
Artigos	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31	16, 25	11	17	—

Em nossa análise também ressaltamos informações sobre o enfoque (Quadro 7), ou seja, sob qual ponto de vista os artigos foram desenvolvidos. Fizemos a categorização pelo estudo dos objetivos de cada artigo e, com base no que foi apresentado, criamos cinco categorias:

- *Aprendizagem: nesta seção contabilizamos os artigos que enfocaram a aprendizagem do aluno e que apresentaram alguma metodologia ou estratégia para ensinar com a Experimentação Remota.*

- *Infraestrutura: relaciona os artigos que descrevem a implementação e/ou o ambiente do laboratório remoto, assim como os requisitos para sua implementação.*
- *Análise sobre o laboratório virtual e laboratório remoto: nesta seção contabilizamos os trabalhos que mostram as diferenças, as vantagens e desvantagens entre laboratórios virtuais e os laboratórios remotos.*
- *Análise sobre o laboratório presencial e laboratório remoto: nesta seção relacionamos os artigos que mostram as diferenças, as vantagens e desvantagens entre laboratórios presenciais e os laboratórios remotos.*
- *Viabilidade: esta última contabiliza os artigos que validam a utilização da Experimentação Remota.*

Observamos que a maioria dos autores se preocupa com a infraestrutura do laboratório remoto. Apesar dos periódicos em que os artigos foram publicados serem relacionados ao ensino e educação, apenas 12,9% dos autores enfatiza a aprendizagem.

Quadro 7: Quantidade de artigos publicados de acordo com o enfoque.

Quanto ao enfoque	Quant.	%	Artigos
Aprendizagem	4	12,90	1, 10, 11, 20
Infraestrutura	19	61,29	2, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 27, 29, 31
Análise sobre o laboratório virtual e remoto	2	6,45	28, 30
Análise sobre o laboratório presencial e remoto	1	3,23	4
Viabilidade	5	16,13	3, 16, 19, 25, 26
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>100,00</b>	—

Os autores dos artigos que tem por enfoque a aprendizagem verificaram que é possível atingir os objetivos educacionais com o uso de experimentos remotos e uma metodologia de ensino adequada. O estudo desses artigos está mais detalhadamente apresentado no Quadro 8.

Quadro 8: Descrição dos objetivos, metodologias e estratégias e as principais contribuições para o ensino dos artigos com foco principal em aprendizagem.

Artigo 1	A Distance PLC Programming Course Employing a Remote Laboratory Based on a Flexible Manufacturing Cell
Objetivos	Aplicar o experimento remoto com uma metodologia de ensino baseada em projetos e avaliar a aprendizagem e o laboratório remoto.
Metodologias e estratégias	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vinte e cinco estudantes voluntários participaram do trabalho e foram divididos em dois grupos: o grupo presencial (14 alunos) e o grupo remoto (11 alunos).</li> <li>▪ Os fundamentos teóricos foram disponibilizados na plataforma de ensino Moodle.</li> <li>▪ Foi aplicado um questionário para a verificação dos conhecimentos prévios dos alunos.</li> <li>▪ Os alunos resolveram problemas relacionados ao experimento remoto.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A metodologia de ensino foi baseada em projetos de aprendizagem.</li> <li>▪ Os alunos elaboraram um relatório documentando o projeto.</li> </ul>
<b>Contribuições para a aprendizagem</b>	A aplicação do experimento remoto foi avaliada de forma positiva. Os dois grupos, presencial e remoto, conseguiram atingir os objetivos relacionados à aprendizagem. A comparação entre a aprendizagem dos dois grupos não apresentou diferenças significativas. Os autores acreditam que as vantagens e desvantagens de um laboratório remoto são equilibradas.
<b>Artigo 10</b>	<b>A Web-Based Remote Interactive Laboratory for Internetworking Education</b>
<b>Objetivo</b>	Discutir os aspectos pedagógicos e técnicos que influenciam o <i>design</i> e a implementação do ambiente de laboratório remoto.
<b>Metodologias e estratégias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A metodologia de ensino empregada teve por base o construtivismo, a aprendizagem colaborativa e técnicas de resolução de problemas.</li> <li>▪ As atividades no laboratório remoto foram modeladas para implementar as nove etapas de ensino propostas por Gagne (1987, 1992)</li> <li>▪ Os alunos aprenderam os conceitos teóricos fundamentais em palestras nas quais eram descritas as características funcionais e físicas do experimento remoto.</li> <li>▪ Os estudantes realizaram o experimento em grupos de 2 a 3 alunos.</li> </ul>
<b>Contribuições para a aprendizagem</b>	O laboratório remoto ajudou a alcançar os objetivos pedagógicos e educacionais do programa. Os resultados da pesquisa também indicaram que o laboratório remoto é mais fácil de usar e mais flexível do que o laboratório presencial. No entanto, o laboratório online é menos acessível fisicamente e menos interativo do que o presencial.
<b>Artigo 11</b>	<b>An experience of teaching for learning by observation: Remote-controlled experiments on electrical circuits</b>
<b>Objetivo</b>	Descrever uma metodologia que facilite a aprendizagem por observação com o emprego de experimentos remotos.
<b>Metodologias e estratégias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 23 estudantes do ensino fundamental participaram do estudo.</li> <li>▪ Os alunos foram divididos aleatoriamente em seis grupos. O professor fez uso de um instrumento real para ilustrar o assunto-alvo. O professor introduziu o uso do experimento remoto. Os alunos realizaram atividades em grupo e individualmente e fizeram discussões sobre os resultados. O trabalho foi finalizado com um resumo do professor.</li> <li>▪ Métodos quantitativos e qualitativos foram adotados para coletar dados sobre o potencial do laboratório remoto.</li> </ul>
<b>Contribuições para a aprendizagem</b>	Os resultados do estudo revelaram um potencial para maior promoção do uso do laboratório remoto e que o uso do laboratório remoto ajudou os alunos a aprofundar o conhecimento sobre o assunto-alvo. O professor observou que seus alunos estavam muito envolvidos nas atividades porque eles ficaram fascinados com o uso do experimento de controle remoto, que é uma ferramenta totalmente inovadora de aprendizado para eles.

Artigo 20	Remote Laboratories for Optical Circuits
<b>Objetivo</b>	Descrever o processo de concepção e implementação do laboratório remoto assim como os métodos de ensino e avaliação.
<b>Metodologias e estratégias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A metodologia foi aplicada a 16 alunos, que realizaram três experimentos remotamente.</li> <li>▪ A fundamentação teórica foi apresentada aos alunos em sala de aula.</li> <li>▪ Os alunos participaram de seções de pré-laboratório, nas quais assistiram simulações e vídeos de orientação em relação a cada experimento.</li> <li>▪ Após as seções de pré-laboratório os alunos realizaram o experimento remoto.</li> <li>▪ Para avaliar a aprendizagem, os alunos responderam um teste que continha questões fundamentais.</li> </ul>
<b>Contribuições para a aprendizagem</b>	Os alunos foram muito bem sucedidos e concluíram todas as seções do experimento. As médias das notas foram muito altas. A maioria dos alunos se sentiu confortável diante da interface com os experimentos.

Os artigos que compararam laboratório remoto com laboratório virtual ou presencial concordam que a aprendizagem não depende da tecnologia utilizada. Para Balamuralithara e Woods (2008), a eficácia do laboratório depende do nível de interatividade e para Lindsay e Good (2009), os resultados da aprendizagem dependem da riqueza da interface gráfica.

Com o intuito de verificar a viabilidade de seus experimentos remotos, os trabalhos com esse enfoque principal avaliaram tanto o experimento quanto a aprendizagem.

Os resultados mostraram que os experimentos remotos são viáveis, pois, além dos estudantes aprovarem o uso dos laboratórios remotos, eles atingiram os objetivos educacionais propostos. Em alguns casos, o laboratório remoto superou o presencial, como diz Stefanovic et al. (2009, p. 13),

*A pesquisa sobre os diferentes grupos de alunos, durante esse tempo, mostra que os estudantes que tinham acesso ao laboratório via web (e possibilidade de realizar exercícios de laboratório por conta própria com total suporte do laboratório remoto) têm melhores resultados educacionais no campo da engenharia de controle. (tradução nossa)*

Porém, a experimentação remota ainda precisa de melhorias, como por exemplo, a Internet deve ser mais rápida (JARA et al., 2009) e o nível de interação e manipulação dos experimentos deve aumentar (JONES et al., 2003).

Dos 31 artigos selecionados, 19 se preocuparam em mostrar a infraestrutura de seus experimentos remotos. Isso ocorre porque este é o primeiro passo e desafio para a montagem do laboratório, uma vez que a adequação de experimentos reais em experimentos remotos não é uma tarefa simples. Entretanto, 13 desses 19 trabalhos também aplicaram e avaliaram seus experimentos. Os resultados desses artigos são muito importantes para a construção de novos laboratórios remotos, pois além de mostrarem como um experimento remoto pode ser montado, eles também apontam erros e acertos.

No Quadro 9, apresentamos as justificativas contidas nos artigos selecionados, em que as categorias estão dispostas na vertical e, na horizontal, está o número correspondente a cada artigo de acordo com a numeração do Quadro 1.

As categorias são as seguintes:

- *Diminuição de custos: a montagem de laboratórios presenciais representa um custo elevado para as instituições, pois são necessárias várias réplicas de cada experimento, enquanto que no laboratório remoto isso não ocorre. Além de que, o custo da manutenção e reposição dos equipamentos experimentais também é maior devido à quantidade. A Experimentação Remota também é viável para o caso de experimentos complexos ou muito caros, bastando a aquisição de um único exemplar.*
- *Solução para escassez de equipamentos experimentais: em muitas instituições não existe laboratório, ou quando existe é bastante escasso; um laboratório remoto pode ser a solução para o caso dessas instituições.*
- *Disponibilização para cursos de EaD: muitos cursos a distância exigem aulas práticas no currículo e com a Experimentação Remota é possível realizar as aulas sem que os estudantes tenham que se locomover até a instituição.*
- *Combater a falta de suporte técnico: os laboratórios exigem suporte técnico especializado, tanto para a montagem e manutenção dos experimentos, quanto para auxiliar os estudantes nas práticas. Nem sempre é simples encontrar esse suporte técnico em quantidade suficiente para os laboratórios presenciais, porém nos laboratórios remotos a quantidade necessária é menor.*
- *Não possui limite de tempo e espaço: em um laboratório remoto não é necessário marcar horário para executar as práticas e o aluno pode acessar de qualquer lugar que tenha um computador com acesso à Internet, utilizando o tempo que for necessário.*
- *Disponibilização via Internet: os laboratórios remotos podem ser disponibilizados via Internet e não exigem a presença de alunos e professores no local do experimento.*
- *Ambiente seguro: em alguns casos, os experimentos podem representar um risco para estudantes; assim, nesses casos, o acesso remoto torna o ambiente seguro. Também, conserva os equipamentos, pois o aluno tem acesso restrito ao aparato experimental.*
- *Melhorar o acesso de alunos especiais: a Experimentação Remota pode ajudar alunos com necessidades especiais a realizar as práticas, pois não exige muitas habilidades físicas.*

Quadro 9: relação das justificativas de utilização de laboratório remoto de acordo com cada artigo. A primeira linha da tabela faz referência aos artigos do Quadro 1.

Quanto à justificativa	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	30	31	Total
Diminuição de custos		x		x	x	x	x	x	x			x		x	x					x	x		x	x	x		x	x				17
Solução para escassez de equipamentos experimentais		x									x					x	x	x					x		x							7
Disponibilização para cursos EaD		x	x						x	x			x	x	x					x	x	x		x		x	x		x	x	15	
Combater a falta de suporte técnico									x												x			x								3
Não possui limite de tempo e espaço		x		x	x	x		x	x		x	x							x	x			x	x		x				x	15	
Disponibilização via Internet	x		x			x	x									x														x	5	
Ambiente seguro																																2
Melhorar o acesso de alunos especiais																				x												1

Na Figura 2, observa-se a freqüência com que cada justificativa para o uso de laboratórios remotos aparece nos trabalhos. Pode-se perceber que os autores consideram como justificativas mais importantes para a construção de laboratórios remotos: a diminuição de custos, o fato de um laboratório remoto ter potencial para disponibilização para cursos em EaD e não possuir limite de tempo e espaço.

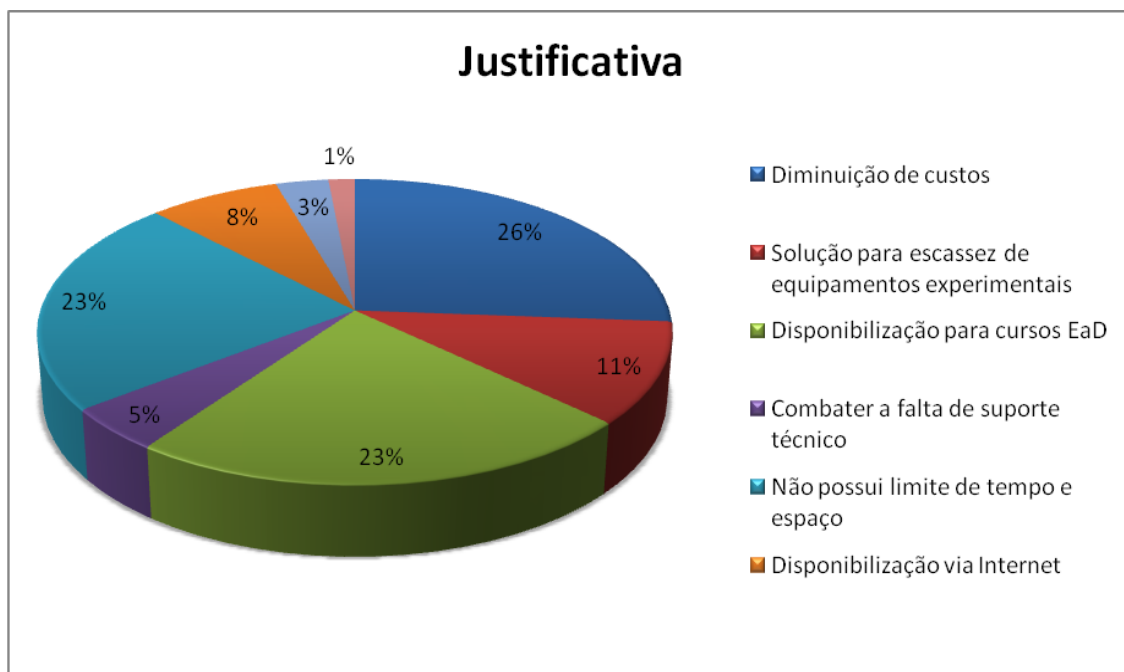


Figura 2: Gráfico da freqüência das justificativas quanto ao uso de laboratórios remotos.

A síntese dos apontamentos de alguns autores sobre as vantagens e desvantagens do uso de laboratórios reais, remotos ou softwares de simulação está apresentada no Quadro 10, tendo por referência os parâmetros dados por Balamuralithara e Woods (2008).

Quadro 10: Apontamento das vantagens e desvantagens quanto ao uso de laboratórios reais, laboratórios remotos e softwares de simulações, de acordo com os autores pesquisados, obedecendo a seguinte referência de artigos: 1- Balamuralithara e Woods (2008); 2 – Lindsay e Good (2009); 3 – Nickerson et al. (2007).

Parâmetro	Laboratório Real	Laboratório de Acesso Remoto	Software de Simulação	Artigo
<b>Custo</b>	Alto	Alto	Baixo	1
<b>Equipamentos e instalações</b>	Necessidade de equipamentos e espaço físico	Necessidade de equipamentos e pequena demanda de espaço físico	Não demanda equipamentos e espaço físico	1, 3
<b>Habilidades manuais</b>	Melhor uso	Próximo ao do laboratório real	Totalmente virtual	1
<b>Realidade e controle real</b>	Muito alto	Razoavelmente alto, dependendo da interface audiovisual	Baixa para 2D e realística para 3D	1, 2, 3
<b>Acessibilidade</b>	Limitada	Quase ilimitada	Ilimitada	1, 2
<b>Supervisão do instrutor</b>	Necessidade da presença física do instrutor durante sessões	Por meio de comunicação síncrona ou assíncrona	Por meio de comunicação síncrona ou assíncrona	1



Parâmetro	Laboratório Real	Laboratório de Acesso Remoto	Software de Simulação	Artigo
<b>Apoio e trabalho em equipe</b>	Apoio de assistente de laboratório e membros da equipe	Independente	Independente	1
<b>Benefícios educacionais</b>	Experiências reais e habilidades práticas	Interação com equipamento real via Internet	Boa exposição à aprendizagem conceitual	1, 2, 3
<b>Segurança</b>	Exige procedimentos de segurança	Não requer procedimentos de segurança	Não requer procedimentos de segurança	1
<b>Manutenção</b>	Equipamentos	Equipamentos e atualização de softwares	Atualização de softwares	1

Por último, categorizamos os artigos que aplicam os experimentos remotos, de acordo com as seguintes categorias (Quadro 11):

Disponibiliza material de apoio: nesta seção, consideramos os trabalhos que explicitaram a disponibilização de material de apoio no ambiente de aprendizagem via Internet.

Explicita metodologia de ensino: neste, contabilizamos apenas os trabalhos que citaram uma metodologia para ensinar utilizando a Experimentação Remota, baseada em alguma teoria de aprendizagem.

Cita utilização de instrutores: nesta seção, identificamos os trabalhos que citaram a utilização de instrutores ou professores para auxiliar no laboratório.

Não cita: nesta última categoria relacionamos os trabalhos que não citam qualquer estratégia utilizada para o desenvolvimento dos experimentos.

Quadro 11: Métodos utilizados na aplicação dos laboratórios remotos.

	1	2	3	4	6	7	8	10	11	14	15	16	20	21	22	25	28	29	31	Total
Disponibiliza material de apoio	x	x		x	x			x	x									x		7
Utiliza metodologia de ensino	x							x	x								x			4
Utiliza instrutores		x		x	x			x	x			x		x				x		8
Não cita			x			x	x			x	x		x		x	x			x	9

Pode ser visto que, dos artigos que aplicaram e avaliaram os laboratórios remotos, 9 não consideraram importante mencionar o método utilizado na aplicação dos experimentos remotos. Dos trabalhos restantes, 8 não citaram a utilização de instrutores ou professores e 7 deles disponibilizaram material de apoio no ambiente de aprendizagem para auxiliar os estudantes na compreensão dos conceitos relacionados à experiência, e apenas 4 mencionaram a utilização de alguma metodologia de ensino com base em teorias de aprendizagem.

Os relatos a seguir mostram as avaliações de alguns autores pesquisados em relação ao uso do laboratório remoto:

*Os resultados mostram que os estudantes que tinham acesso ao laboratório remoto tiveram melhores resultados e melhor cumprimento dos objetivos educacionais em comparação com o outro grupo. (STEFANOVIC, 2009, p. 11, tradução nossa)*

*Os resultados revelaram níveis de desempenho muito semelhantes: a proporção média de respostas corretas para o conteúdo de laboratório a distância foi de 0,60, enquanto que no laboratório presencial foi de 0,61. Os resultados sugerem que os laboratórios remotos são comparáveis em termos de eficácia com os laboratórios presenciais. (NICKERSON, 2007, p. 721, tradução nossa)*

*A comparação dos resultados entre os dois grupos não apresenta diferenças significativas. Mas a nota final é um pouco melhor para o grupo presencial. Os autores acreditam que as desvantagens do ensino a distância são equilibradas com as vantagens. (BELLMUNT, 2006, p. 282, tradução nossa).*

*Os resultados foram muitos semelhantes para os estudantes presenciais e remotos, indicando semelhantes experiências de aprendizagem em ambos os ambientes. Embora não seja estatisticamente significativo, os resultados médios dos alunos a distância foram superiores aos alunos locais (JERNIGAN, 2009, p. 212, tradução nossa).*

Os resultados das avaliações mostraram que os laboratórios remotos são equiparáveis aos laboratórios presenciais em termos de eficácia em relação à aprendizagem. Alguns resultados mostraram que a aprendizagem no laboratório remoto foi um pouco melhor e outros mostraram o contrário, porém, as diferenças não são significativas. Esse fato vem ao encontro de nosso posicionamento de que a importância não está na diferenciação entre a Experimentação Remota ou presencial e, sim, na metodologia adotada para o desenvolvimento das aulas práticas.

## Considerações Finais e Perspectivas

No desenvolvimento de nosso trabalho não encontramos relatos de pesquisa sobre como o acesso remoto a experimentos reais pode incrementar o processo de ensino e aprendizagem de Física e de que forma isso pode ser feito. Vimos que a Experimentação Remota associada ao ensino de ciências, no Brasil e no mundo, ainda é um campo muito novo e pouco explorado. As eventuais limitações na utilização desta ferramenta de ensino devem ser estudadas de forma aprofundada e uma metodologia adequada deve ser explorada para suprir as necessidades de uma aula prática.

Segundo Mendes e Fialho (2005, p. 7),

*Temos aí uma tecnologia que necessita e merece aprimoramentos, pois ao contrário dos experimentos simulados, a experimentação com laboratórios remotos não*

---

*apresenta resultados provenientes de cálculos teóricos com apresentação gráfica imitando fenômenos naturais. Não se trata de ilusão próxima da realidade, trata-se de experimentação real, mas remota, tele-controlada.*

Os laboratórios on-line, reais ou virtuais, necessitam de um ambiente de aprendizagem completo, que ofereça ao aluno apoio para a realização das experiências, pois, como diz Sér  (2003, p. 39),

*Através dos trabalhos práticos e das atividades experimentais, o aluno deve se dar conta de que para desvendar um fen meno   necessária uma teoria. Além disso, para obter uma medida e também para fabricar os instrumentos de medida   preciso muita teoria. Pode-se dizer que a experimenta o 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 rela es entre esses três p los.*

Sendo assim, o ambiente de aprendizagem deve conter material de apoio, como por exemplo, hipertextos contendo fundamenta o teórica, conceitos, metodologia de relatório (exemplos). E a Experimenta o Remota deve ser embasada em uma metodologia própria, devidamente elaborada, da mesma forma que uma aula prática presencial também necessita de uma metodologia específica baseada em teorias de ensino-aprendizagem. “O laboratório remoto fundamentado em uma pedagogia adequada do professor e suportado por materiais de apoio a aprendizagem tem potencial para incentivar os alunos a formular associa es entre o mundo real e as teorias científicas” (KONG, YEUNG e WU, 2009, p. 711, tradu o nossa).

Acreditamos que a metodologia de ensino deve apoiar-se também na soluço de problemas, pois,

*No desenvolvimento da pesquisa no ensino de Física, três questões têm sido recorrentes – a resolu o de problemas, a aprendizagem de conceitos físicos e o ensino de laboratório – consideradas essenciais para o ensino da Física (MATHEUS, SOUSA e MOREIRA, 2005, p. 1).*

A resolu o de problemas experimentais propicia o desenvolvimento de capacidades como: compreensão de um problema, simplifica o e modelagem do problema, formula o de hipóteses, proposi o metodológica, verifica o de hipóteses, realiza o de medidas, análises de dados, elabora o de conclusões, dentre outras.

Além disso, dentre as diversas pesquisas desenvolvidas na área que apontam potenciais recursos para o processo de ensino e aprendizagem, os Laboratórios de Experimenta o Remota surgem como algo novo e promissor, com tendência de se tornarem instrumentos de experimenta o muito eficientes (MENDES e FIALHO, 2005), mas que ainda precisam de uma quantidade maior de pesquisas sistemáticas sobre suas reais potencialidades, particularmente, na aprendizagem significativa em Física, pois “[...] as aplica es das TICs em contextos educativos sugerem que os

*laboratórios realizados através do uso da Internet podem fornecer mais oportunidades para experiências de laboratório e melhorar o método de ensino” (OMID, SAJJADIYE e ALIMARDANI, 2008, p.10, tradução nossa).*

Portanto, acreditamos que pesquisas futuras, voltadas para a experimentação remota no ensino de Física, devem se preocupar com a disponibilização de experimentos básicos de Física, altamente interativos e representativos dos seus diversos campos, dispostos em ambientes virtuais de aprendizagem que contenham materiais instrucionais fundamentados no modelo ativo da mente, agregando recursos de comunicação síncrona e assíncrona entre os estudantes e entre estes e os professores.

## Agradecimentos

Um dos autores (E.K.T.) agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do projeto do qual faz parte esse trabalho.

## Referências

- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2000.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.
- CATELLI, F.; LAZZARI, F. Laboratório De Física: Maximizar O Aprendizado Minimizando Os Custos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16., 2005. Rio de Janeiro. **Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Rio de Janeiro: SBF, 2005. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0113-1.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2009.
- CAVALCANTE M. A.; PIFFER, A.; NAKAMURA, P. O Uso da Internet na Compreensão de Temas de Física Moderna para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p.108-112, 2001.
- FERREIRA, D. B.; VILLANI, A. Uma Reflexão Sobre Prática E Ações Na Formação De Professores Para O Ensino De Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 63-76, 2002.
- GAGNE, R. BRIGGS, L.; WAGNER, W. **Principles of Instructional Design**, Texas: HBJ College Publishers, 1992.
- GAGNE, R. M. **Instructional Technology: Foundations**. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1987.
- GURKAN, D.; MICKELSON, A.; BENHADDU, D. Remote Laboratories for Optical Circuits. **IEEE Transactions on Education**, v. 51, n.1, p. 53-60, 2008.

IRAMINA, A. S.; FUSINATO, P. A. Uma Usina Hidrelétrica Com Materiais De Baixo Custo Como Instrumento Para A Alfabetização Científica De Alunos Dos Ensinos Fundamental E Médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16., 2005. Rio de Janeiro. **Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Rio de Janeiro: SBF, 2005. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0130-2.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2009.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. Determinação da pressão interna de lâmpadas fluorescentes (um experimento de baixo custo). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, p. 249-257, 2004.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M.; BARROS, M. A. Laboratório caseiro pára-raios: um experimento simples e de baixo custo para a eletrostática. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 168-182, 2008.

MATHEUS, Y. A. M.; SOUSA, C. M. S. G.; MOREIRA, M. A. A Resolução De Situações Problemáticas Experimentais Em Física Geral À Luz Da Teoria Dos Campos Conceituais. In: Simpósio Nacional De Ensino De Física, 16., 2005. Rio de Janeiro. **Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Rio de Janeiro: SBF, 2005. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0684-1.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2009.

MENDES, M. A.; FIALHO, F. A. P. **Experimentação Tecnológica Prática a Distância**. In: Congresso Internacional de Educação a Distância, 12., 2005. Florianópolis. **Atas do XII Congresso Internacional de Educação a Distância**. Florianópolis: ABED, 2005. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2005/por/pdf/132tcc2.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2009.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais. **Conteúdos Básicos Comuns**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, 2007.

NOGUEIRA, J.S., RINALDI, C., FERREIRA, J.M.; PAULO, S.R. Utilização do Computador como Instrumento de Ensino: uma Perspectiva de Aprendizagem Significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 4, p. 517-522, 2000.

ROSA, C. W.; ROSA, Á. B. Concepções Teórico-Methodológicas no Laboratório Didático de Física na Universidade de Passo Fundo. **Revista Ensaio**, v. 5, n. 2, p. 13-27, 2003.

SANTOS, E. I.; FERREIRA, N. C.; PIASSI, L. P. C. Atividades Experimentais De Baixo Custo Como Estratégia De Construção Da Autonomia De Professores De Física: Uma Experiência Em Formação Continuada. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004. Jaboticatubas. **Atas do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2004. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/atas/comunicacoes/co21-1.pdf>>. Acesso em: 15 de maio de 2009.

SCHUMACHER, E.; TAVARES, A.; SILVA, M.R.; SILVA, H.S.; DALFOVO; OSCAR; LAVALL I.T.; AZAMBUJA, R.A. Física Experimental Auxiliada Por Laboratório Virtual. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 9., 2004. Jaboticatubas. **Atas do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2004. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0192-1.pdf>>. Acesso em: 12 de maio de 2009.

SÉRIÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. N. O Papel Da Experimentação No Ensino Da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 31-43, 2003.

SILVA, J. B. **A Utilização Da Experimentação Remota Como Suporte Para Ambientes Colaborativos De Aprendizagem**. 2006. 196f. Tese (Doutorado em Engenharia de Gestão do Conhecimento da Universidade). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

SILVA, W. P.; SILVA, C.M.D.P.S; SILVA, C.D.P.S.; SOARES, I.B.; SILVA, D.P.S.; Apresentação do Software Educacional "Vest21 Mecânica". São Paulo: **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 24, n. 2, p. 221-231, 2002.

## Artigos analisados

AYDOGMUS, Z.; AYDOGMUS, O. A Web-Based Remote Access Laboratory Using SCADA. **IEEE Transactions on Education**, v. 52, n. 1, p. 126-132, 2009.

AZAKLAR, S.; KORKMAZ, H. A Remotely Accessible and Configurable Electronics Laboratory Implementation by Using LabVIEW. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 18, n. 4, p. 709-720, 2008.

BALAMURALITHARA, B.; WOODS, P. C. Virtual Laboratories in Engineering Education: The Simulation Lab and Remote Lab. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 17, n. 1, p. 108-118, 2008.

BEARE, R, et al. Remote access astronomy. **Physics Education**, v. 38, n. 3, p. 232-236, 2003.

BELLMUNT, O. G. et al. A Distance PLC Programming Course Employing a Remote Laboratory Based on a Flexible Manufacturing Cell. **IEEE Transactions on Education**, v. 49, n. 2, p. 278-284, 2006.

CAGILTAY, N. E. et al. Requirements for Remote RF Laboratory Applications: An Educators' Perspective. **IEEE Transactions on Education**, v. 52, n. 1, p. 75-81, 2009.

CALVO, I. et al. Building Complex Remote Learning Laboratories. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 18 n. 1, p. 53-66, 2009.

CHANG, G. et al. Teaching Photonics Laboratory Using Remote-Control Web Technologies. **IEEE Transactions on Education**, v. 48, n. 4, p. 642-651, 2005

COCKAYNE, D. Schools to gain remote access to Oxford University-based SEM. **Physics Education**, v. 40, n. 2, p. 101-102, 2005.

FERRATER-SIMÓN, C. et al. A Remote Laboratory Platform for Electrical Drive Control Using Programmable Logic Controllers. **IEEE Transactions on Education**, v. 52, n. 3, p. 425-435, 2009.

FIORE, L.; RATTI, G. Remote laboratory and animal behaviour: An interactive open field system. **Computers & Education**, v. 49, n. 4, p. 1299-1307, 2007.

GUZMÁN, J. L. et al. Web-Based Remote Control Laboratory Using a Greenhouse Scale Model. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 13, n. 2, p. 111-124, 2004.

IRMAK, E. et al. A Remote Laboratory Experiment for 4-Quadrant Control of a DC Motor. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 19, n. 4, p. 747-758, 2009.

---

JARA1,C.A.; CANDELAS,F.A.; TORRES, F.; DORMIDO, S.; ESQUEMBRE, F. Synchronous Collaboration of Virtual and Remote Laboratories. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 19, p. 1-16, 2009.

JERNIGAN, S. R.; FAHMY, Y.; BUCKNER, G. D. Implementing a Remote Laboratory Experience Into a Joint Engineering Degree Program: Aerodynamic Levitation of a Beach Ball. **IEEE Transactions on Education**, v. 52, n. 2, p. 205-213, 2009.

JONES ,G.M.; ANDRE, T.; SUPERFINE, R.; TAYLOR, R. Learning at the Nanoscale: The Impact of Students' Use of Remote Microscopy on Concepts of Viruses, Scale, and Microscopy. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40, n. 3, p. 303-322, 2003.

KIKUCHI, T.; KENJO, T.; FUKUDA, S. Remote Laboratory for a Brushless DC Motor. **IEEE Transactions on Education**, v. 44, n. 2, p. 12, 2001.

FUKUDA, S.; FUKUZAKI, A.; NAGAOKA, K.; TANAKA, K.; KENJO, T.; HARRIS, D.A. DVTS-Based Remote Laboratory Across the Pacific Over the Gigabit Network. **IEEE Transactions on Education**, v. 47, n. 1, p. 26-32, 2004.

KONG, S. C.; YEUNG, Y. Y.; WU, X. Q. An experience of teaching for learning by observation: Remote-controlled experiments on electrical circuits. **Computers & Education**, v. 52, n. 3, p. 702-717, 2009.

KU, H.; GOH, S.; AHFOCK, A. Flexible Engineering Degree Programs With Remote Access Laboratories in an Australian Regional University Known for Its Excellence in e-Learning. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 19, n. 1, p. 18-25, 2008.

LIN, H. C. A Remote Monitoring and Control-Based Precise Multilocation Riveting System. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 13, n. 4, p. 316-323, 2005.

LINDSAY, E.; GOOD, M. The Impact of Audiovisual Feedback on the Learning Outcomes of a Remote and Virtual Laboratory Class. **IEEE Transactions on Education**, v. 52, n. 4, p. 491-502, 2009.

NICKERSON J. V.; CORTER, J.E.; ESCHE, S.K.; CHASSAPIS, C. A model for evaluating the effectiveness of remote engineering laboratories and simulations in education. **Computers & Education**, v. 49, n. 3, p. 708-725, 2007.

OMID, M.; SAJJADIYE, S. M.; ALIMARDANI, R. Remote Monitoring and Control of Horticultural Cool Storage Over the Internet. **Computer Applications in Engineering Education**,v. 19, n. 1, p. 136-145, 2008.

PUERTO, R.; JIMÉNEZ, L. M.; REINOSO, O. Remote Control Laboratory Via Internet Using Matlab and Simulink. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 18, n. 4, p. 694-702, 2009.

SÁNCHEZ, J.; DORMIDO, S.; PASTOR, R. AND MORILLA, F. A Java/Matlab-Based Environment for Remote Control System Laboratories: Illustrated With an Inverted Pendulum. **IEEE Transactions on Education**,v. 47, n. 3, p. 321-329, 2004.

SCANLON, E. COLWELL, C.; COOPER, M.; PAOLO, T.D. Remote experiments, re-versioning and re-thinking science learning. **Computers & Education**, v. 43, n. 1-2, p. 153-163, 2004.

SIVAKUMAR, S. C.; ARTIMY, M.; ASLAM, N. A. Web-Based Remote Interactive Laboratory for Internetworking Education. **IEEE Transactions on Education**, v. 48, n. 4, p. 586-598, 2005.

STEFANOVIC, M.; et al. A LabVIEW-Based Remote Laboratory Experiments for Control Engineering Education. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 19, n. 3, p. 538-549, 2009.

TZAFESTAS, C. S.; PALAIOLOGOU, N.; ALIFRAGIS, M. Virtual and Remote Robotic Laboratory: Comparative Experimental Evaluation. **IEEE Transactions on Education**, v. 49, n. 3, p. 360-369, 2006.

**Submetido em agosto de 2010, aceito em outubro de 2011.**