

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM FÍSICA

GIORGIO BOMBO GONÇALVES

COMPARATIVO ENTRE LABORATÓRIOS PRESENCIAIS, VIRTUAIS E
REMOTOS: **UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Maringá/Paraná
2017

GIORGIO BOMBO GONÇALVES

COMPARATIVO ENTRE LABORATÓRIOS PRESENCIAIS, VIRTUAIS E
REMOTOS: **UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Monografia apresentada à Universidade
Estadual de Maringá, como requisito parcial para
a obtenção do título de licenciatura em Física.

Orientador: Arquimedes Luciano

Maringá/Paraná
2017

GIORGIO BOMBO GONÇALVES

COMPARATIVO ENTRE LABORATÓRIOS PRESENCIAIS, VIRTUAIS E
REMOTOS: **UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Monografia apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de licenciatura em Física.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Componente da Banca
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Componente da Banca
Universidade Estadual de Maringá

Dedico este trabalho à minha família, que tornou isto possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família que me acolhe, que me deu apoio durante todos esses anos estando presente e dando suporte.

Aos professores que me auxiliaram e estavam prontos a esclarecer minhas dúvidas.

Ao projeto PIBID que proporcionou suporte, estímulos e ensinamentos ao longo de minha jornada na área de ensino.

Aos amigos que me ajudaram tanto nos momentos de descontração como nos momentos complicados.

Gostaria de agradecer também algumas pessoas que contribuíram para que esta monografia pudesse ser realizada.

“All work and no play makes Jack a dull boy” (Muito trabalho e pouca diversão, fazem de Jack um garoto bobão), *The Shining*, 1980.

RESUMO

Mesmo em centros urbanos ainda se vê poucos colégios que dispõem de laboratórios, tendo muitos um espaço improvisado, normalmente uma sala dividida entre a física, química e biologia. Sendo que nem mesmo os colégios da rede privada possuem laboratórios a disposição dos alunos e os que os tem, em sua maioria não os utilizam. Seja pela falta de espaço, pela falta de tempo ou pela falta de recurso, as aulas práticas são deixadas de lado nas escolas, dando atenção exacerbada para aulas teóricas que, diga-se de passagem, são retrógradas e não suficientes para o aprendizado dos alunos. Esta monografia tem como objetivos de explanar sobre as atividades laboratoriais, por meio de uma pesquisa em artigos conhecer as características do laboratório presencial, virtual e remoto, buscando entender as vantagens e desvantagens, assim como a semelhanças e diferenças, tanto em questões de estrutura e investimento como na utilização destes. Também realizar uma proposta de atividade experimental para ser utilizada em sala de aula, no qual foi escolhido o experimento de indução eletromagnética para ser empregado nos três laboratórios. Para que estimule o interesse dos professores em usar esses meios com o intuito de melhorar o aprendizado de seus alunos, apresenta-se uma sequência didática para que sirva de referencial. É visto que o experimento presencial se sobressai por permitir maior liberdade e contato, entretanto o alto custo para os colégios dificulta o acesso aos estudantes, desse modo, os experimentos virtuais e remotos apresentam maior acessibilidade por apresentar um investimento muito reduzido. Apesar das limitações que possuem, como o pequeno número de comandos, pesquisas apontam que seus resultados são equiparáveis ao presencial quando são utilizadas metodologias adequadas, que questionem, que estimulem, que incentivem a discussão para que propicie um aprendizado significativo. Mostra-se que o aprendizado não depende do laboratório e sim da metodologia adotada pelo professor. Logo, há alternativas possíveis à falta de laboratórios presenciais, tornando os locais em que os estudantes se encontram, suas próprias salas de aulas, acessíveis a experiências virtuais e remotas, com o acesso a internet.

Palavras-chave: Laboratório presencial. Laboratório virtual. Laboratório remoto. Atividade prática. Aula experimental.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Experimento virtual Jonh Travoltagem	35
Figura 2	– Galvanômetro da empresa 3B Scientific	57
Figura 3	– Bobina de fio de cobre da empresa Trancil	57
Figura 4	– Ímã de Neodímeo da empresa Casa do Ímã	57
Figura 5	– Fonte de corrente da empresa Instrutemp	57
Figura 6	– Cabos com pontas de jacaré da empresa Hayamax	57
Figura 7	– Circuito contendo uma bobina e um galvanômetro	58
Figura 8	– Circuito de bobinas alinhadas, sem uma fonte conectada	59
Figura 9	– Circuito de bobinas alinhadas, com uma fonte conectada	59
Figura 10	– Ímã sendo movimentado, logo em seguida invertido seu polo e movimentado novamente	59
Figura 11	– Ímã sendo movimentado próximo á segunda bobina	60
Figura 12	– Segunda bobina conectada a uma fonte de corrente alternada	60
Figura 13	– Site para download do programa Java	61
Figura 14	– Sequência de passos para o acesso do experimento	62
Figura 15	– Experimento referente ao ímã e solenoide	63
Figura 16	– Experimento referente ao eletroímã	63
Figura 17	– Experimento referente ao eletroímã e solenoide	64
Figura 18	– Experimento referente ao gerador de energia por indução	64
Figura 19	– Esquema do Experimento Remoto I	66
Figura 20	– Esquema do Experimento Remoto II	67
Figura 21	– Arquitetura de Teleoperação de Laboratório Remotos	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Artigos sobre Laboratório Presencial	17
Figura 2 –	Artigos sobre Laboratório Virtual	26
Figura 3 –	Artigos sobre Laboratório Remoto	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EaD – Ensino a Distância;

TICs – Tecnologias da Informação e Comunicação.

SUMÁRIO

1. Introdução	11
2. Metodologia	14
3. Resultados da Pesquisa	15
3.1. Experimento Presencial	16
3.1.1. Análise	19
3.1.2. Vantagens e desvantagens	24
3.2. Experimento Virtual	26
3.2.1. Análise	28
3.2.2. Vantagens e desvantagens	34
3.3. Experimento Remoto	36
3.3.1. Análise	38
3.3.2. Vantagens e desvantagens	47
3.4. Semelhanças e diferenças	49
3.4.1. Estrutura e investimento	49
3.4.2. Manuseio e prática	51
3.4.3. Resultados	53
4. Proposta de experimento para aplicação	55
4.1. O experimento	56
4.1.1. Laboratório Presencial	57
4.1.2. Laboratório Virtual	61
4.1.3. Laboratório Remoto	65
4.2. Metodologia	70
5. Reflexão	83
6. Considerações finais	85
Referências	86

1. Introdução

O desenvolvimento da ciência sempre esteve ligado com a observação de fenômenos e a experimentação, sendo que os métodos científicos englobam tais etapas, como: a observação, a formulação de uma hipótese, a experimentação, a interpretação dos resultados e, por fim, a conclusão. No entanto, mesmo nos centros urbanos, há uma falta de laboratórios e equipamentos nos colégios, principalmente os da rede pública. Desse modo, os alunos ao estudarem ciências como física e química, pulam várias etapas, fazendo com que saltem direto para a conclusão, de modo que simplesmente aceitam as “verdades” vindas de seus professores. Faz com dar ares de que para os cientistas, acaba-se atribuindo o papel de descobridores e detentores do direito de pesquisar, para os professores o papel de transmissor dessas descobertas de forma que pareça compreensível e para aos alunos o pior dos papéis, o daquele que consente e reproduz informações, algo que não deve ser colocado como verdade.

Desta forma, o processo da aprendizagem fica prejudicado, pois ao pular tais etapas o sentido do que é estudar e aprender acaba se modificando. Dessa maneira os estudantes, ao invés de construírem o conhecimento, obtendo um aprendizado significativo, estão apenas reproduzindo o que lhes foi dito, sendo muito difícil distinguir a partir das provas, seja na escola ou na faculdade, se os alunos realmente possuem conhecimento sobre o conteúdo ou apenas decoraram e treinaram para obter um bom desempenho na avaliação. Acaba-se por não saber se os colégios e universidades estão preparando, de fato, pessoas para seus papéis na sociedade.

Muitos pesquisadores vêm apontando a importância de aulas experimentais (Neves *et al* 2006; Ostermann *et al* 2006; Barros 2011; Silva *et al* 2011; Monteiro *et al* 2015; entre outros pesquisadores apresentados neste trabalho), tanto na aplicação no ensino médio como na universidade e na formação de professores. Tratar sobre aulas experimentais é um assunto antigo que mostra como pode influenciar o interesse e participação dos alunos. Entretanto, mesmo com inúmeras pesquisas, ao nos depararmos com a realidade atual da educação em nível básico no Brasil, pode-se ver que as escolas estão estagnadas ao método tradicional – que seria o de passar o conteúdo na lousa, os estudantes copiarem em seus cadernos e realizarem o maior número de exercícios possíveis, a fim de tirar boas notas e ser aprovado no vestibular.

A partir das Leis de Diretrizes e Bases, Base Nacional Comum Curricular e as Diretrizes Curriculares dos Estados, mesmo que sejam trabalhadas questões metodológicas, observa-se que as instituições de ensino dão muita importância para os conteúdos a serem administrados durante o ensino fundamental, médio e superior. Sem dúvida é muito importante avaliar quais conteúdos são necessários para a formação dos jovens, porém pouca atenção é dada ao “como” estes

conteúdos serão ensinados. Mostrando que há pouco espaço trabalhado sobre as aulas experimentais, logo, uma turma de alunos poderá passar um ano e não ter ao menos uma aula em laboratório por não ter uma exigência mais firme a respeito disso. A falta de compromisso com o método de ensino enfraquece o aprendizado e valoriza apenas aqueles que se adaptaram ao tradicional.

Vê-se que nos colégios públicos há muitas dificuldades para se realizar aulas práticas. As três principais são:

- A falta de tempo: pelo fato das aulas estarem restritas a um período do dia os professores têm dificuldade em manejar o tempo disponível para “passar” o excessivo conteúdo exigido na Base Nacional Comum;
- A falta de espaço, sendo que muitos colégios possuem uma única sala de laboratório para biologia, física e química, fazendo com que os professores concorram entre si para utilizá-la;
- A falta de recursos, pois de que adianta possuir uma sala sem equipamentos ou então, dispor somente de um para uma turma com vinte ou trinta alunos? Dessa maneira as aulas práticas se resumem a pequenos experimentos conduzidos somente pelos professores em sala de aula, não permitindo a participação do aluno e não sendo diferente de uma aula expositiva teórica.

Muitas universidades públicas dispõem de salas exclusivas para aulas laboratoriais. Entretanto os aparatos necessitam de um investimento considerável, pois requerem quantidades mínimas para suprir a demanda dos alunos e que sejam de boa qualidade. Muitas vezes a falta de verba faz com que os laboratórios possuam materiais sucateados e ultrapassados. Assim as aulas irão depender muito de como os professores trabalham com esse material, para que os alunos possam ter um aprendizado significativo. Isso sem considerar o caso dos cursos à distância, pois são impossibilitados de realizar experimentos pela falta de laboratórios remotos. Logo as disciplinas experimentais do ensino a distância (EaD) se resumem a experimentos virtuais ou vídeos de terceiros realizando a atividade.

Na era da informação e das tecnologias eletrônicas, tem-se uma grande vantagem para o aprendizado. Com o desenvolvimento de softwares é possível a realização de experimentos virtuais que solucionam problemas como a falta de espaço, recurso e um auxílio ao EaD, entretanto está limitado a uma simulação do real, protegendo o aluno de erros e fenômenos anômalos. Devido a isso podemos pensar mais longe e ir aos experimentos realizados remotamente resolvendo problemas de espaço e tempo. Pois não há necessidade de ocupar salas nos colégios, os professores poderão acessá-lo diretamente da sala juntamente com os alunos ou até mesmo os alunos acessarem diretamente de seus celulares, seja na escola ou em casa como os que fazem curso a distância, realizando de fato o experimento, suscetível a erros, dificuldades e descobertas.

Entretanto não é só o fato de ter a possibilidade do acesso a laboratórios, seja ele presencial, virtual ou remoto, que garantirá um aprendizado de qualidade. Deve-se ter o cuidado de ter uma boa metodologia de ensino, de modo que desenvolva o interesse e participação dos estudantes.

As aulas construtivistas, por exemplo, demonstram ter melhor assimilação do conteúdo, fugindo da ideia de uma educação que dependa da memória e sim do entendimento das situações problemas.

Além do método de ensino, a forma de avaliar deve mudar, pois é preciso fugir de provas que exijam apenas da memória. Pois a mente humana falha, como ao aprender línguas estrangeiras, em que a falta de prática leva ao esquecimento e dificuldades, desse jeito também é em qualquer conteúdo. Não será diferente na física ao decorar equações e situações de casos isolados, após alguns meses ou mesmo logo após a prova o acesso a essas informações será comprometido, a não ser que seja uma pessoa que possua uma super memória e nunca se esqueça de algo.

Por isso se necessita ter em mente que o que deve ser avaliado é a capacidade de entender e resolver um problema proposto e, que esse problema esteja ligado ao real, ao cotidiano e às situações vivenciadas pelos alunos em seu dia a dia. Para que venha a ser algo que os ajudará efetivamente, ao invés das provas que exigem contas e problemas pra situações isoladas ou não condizentes com a realidade.

Sendo muito complexa uma proposição sobre qual forma de avaliação é a mais adequada ou apropriada, não será aqui objeto de discussão, mas também não elimina a necessidade de mudança.

2. Metodologia

O problema deste trabalho é buscar saber quais são os meios de atividades práticas disponíveis para serem utilizadas nos colégios e faculdades, a fim de entender quais são os pontos positivos e negativos de cada um. Assim analisar qual meio se destaca a frente dos outros.

Para isso foi realizada uma pesquisa sobre três formas de laboratório, o presencial, virtual e remoto. Com o intuito de entender suas características, como que estrutura devem possuir, o investimento para realizar seus desenvolvimentos, a manutenção, como são realizados os experimentos em cada um, as aplicações no ensino, a recepção dos alunos referente à atividade e os resultados que cada laboratório apresenta, assim como o desempenho dos alunos.

Tanto para o presencial, virtual e remoto buscou-se em artigos e trabalhos acadêmicos que tratassem sobre o assunto, entre os artigos estudados foram escolhidos nove artigos que melhor retrataram o que estava sendo procurado para cada meio, sendo três trabalhos analisados para cada configuração de laboratório. Portanto na próxima sessão serão apresentados estes artigos analisados de forma resumida, com o propósito de mostrar e explorar as pesquisas realizadas a partir de aulas experimentais presenciais, virtuais e remotas, de modo a entender os possíveis problemas e contribuições.

Após a análise dos artigos é apresentando as vantagens e desvantagens que cada meio apresenta como também as semelhanças e diferenças entre eles, para que se possa avaliar qual possui melhores benefícios tanto para os colégios e faculdades como para os estudantes.

3. Resultados da Pesquisa

As aulas experimentais costumam acontecer de forma presencial, onde os alunos podem interagir com os aparatos e assim realizar um experimento. Contudo são poucos os colégios que dispõem de todas as condições que permitem esse acesso e materiais de qualidade. Com o avanço da tecnologia houve a chance de ampliar a acessibilidade de aulas práticas. Assim, nos tempos atuais há a possibilidade de atividades práticas por meio do computador, por meio de laboratórios virtuais e remotos.

Ao longo desta seção são apresentados os resultados da análise de alguns artigos e discussão das características que englobam tais atividades, com o objetivo de entender as diferenças e semelhanças.

3.1. Experimento Presencial

As aulas experimentais presenciais são realizadas nos laboratórios, seja no colégio ou na universidade, onde os alunos realizam alguma atividade com certo objetivo específico. Os laboratórios são dispostos de aparatos que vão atender as necessidades da aula requerida. Laboratórios de biologia terão microscópios e amostras a serem analisadas, por exemplo. Em laboratórios de química teremos béqueres, pipetas, substâncias como ácidos e bases, bico de Bunsen, entre outras coisas. O laboratório de física possuirá aparatos eletrônicos, massas, dinamômetros, cronômetros, molas, termômetros e assim por diante. Isso mostra, minimamente, como um laboratório exige investimento e uma boa administração, para que disponham de materiais suficientes e um local adequado para guardá-los.

As aulas práticas, como dito no parágrafo anterior, possuem um objetivo específico, isso quer dizer que teoricamente os estudantes já sabem onde devem chegar, seja para encontrar o valor de algo ou a solução para um problema proposto. A aula pode ter apenas o fim de demonstrar o que foi trabalhado em sala ou que pretenda a participação efetiva dos alunos. Caso ocorra a participação, com auxílio do professor, realizam o experimento com os devidos cuidados para que obtenham bons resultados, dessa maneira anotam os resultados e dados solicitados para posteriormente processarem uma análise e chegar a uma conclusão.

Permitir que os alunos realizem os experimentos e que sejam os principais envolvidos no processo é mais vantajoso do que apenas demonstrar o fenômeno sem nenhum questionamento e discussão, pois permite a possibilidade de entenderem os conceitos e situações por conta própria, podendo aumentar o interesse em participar das aulas e a capacidade de resolver problemas propostos, desafios ou mesmo situações do seu cotidiano. Por isso, com o devido cuidado e gerenciamento, para que não se machuquem ou provoquem qualquer acidente, bem como não danifiquem os aparatos, deve-se atentar para que os alunos possam ter liberdade e independência no laboratório ao invés de o professor controlar e limitar a experiência deles.

A forma mais comum de avaliação do aprendizado nesse tipo de atividade é a produção de relatórios, contendo todos os dados obtidos, sua análise e a conclusão. Entretanto não se pode afirmar que é uma forma que assegura o aprendizado, devido ao fato de os relatórios serem facilmente manipuláveis. Uma vez que os dados podem ser remanejados de modo a favorecer os valores desejados, as informações meramente reproduzidas ou cópias e plágios de outros trabalhos demonstram que os relatórios não são uma boa forma de avaliação.

Também acontecem avaliações por meio de prova escrita e prática, nas quais são exigidos conceitos físicos ou matemáticos, entendimento e construção de gráficos, conseguir reproduzir os experimentos para situações problemas diferentes

e anotação dos devidos dados. Pode parecer uma boa forma de averiguar o aprendizado, entretanto tal qual a prova tradicional, basta aos alunos decorarem e memorizarem para obtenção de bons resultados.

Faz-se necessário uma profunda reflexão sobre como ensinar e avaliar um aluno de forma mais adequada, de modo que o aprendizado seja realmente significativo.

No quadro a seguir são apresentados os artigos que foram escolhidos e analisados para o laboratório presencial, com o propósito de entender as suas características:

Artigo	Autores e ano de publicação	Assunto abordado
Repensando o papel do Trabalho Experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula – um estudo exploratório.	NEVES, M. S.; CABALLERO. C.; MOREIRA, M. A. 2006	Confronta a ideia de como a aula experimental tem sido administrada, a partir das opiniões de alunos e professores. Mostra-se como essas atividades não têm atingido todo seu potencial e a importância de uma boa metodologia e didática para o desenvolvimento das aulas, abrindo espaço para a reflexão sobre o que está ocorrendo de errado e como poderia ser corrigido.
Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física.	CARMO, A. B. do.; CARVALHO, A. M. P. de.; 2009	Mostra o empecilho da matemática para o aprendizado da física, por meio de uma aula experimental investigativa. Nesse artigo é apontado como o laboratório pode fazer diferença, pois mostra como a aula experimental pode se direcionada a diferentes campos do saber, como na construção da linguagem científica e no

		entendimento do próprio conteúdo estudado.
Estudo da influência das aulas experimentais no processo de ensino-aprendizagem em Química.	SILVA, G. F. da.; OLIVEIRA, C. M. F. F. de.; FISCHBORN, A. C. 2011	Este trabalho está relacionado à metodologia de ensino por meio de aulas experimentais, o artigo procura avaliar a influência de aulas práticas aliadas à pesquisa científica na aprendizagem significativa. Mostrando ser um problema frequente em outras áreas do ensino como na Física.

Tabela 1: Artigos sobre Laboratório Presencial.

3.1.1. Análise

Primeiro Artigo: **Repensando o papel do Trabalho Experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula – um estudo exploratório.** (NEVES, M. S.; CABALLERO. C.; MOREIRA, M. A., 2006).

Esse trabalho foi realizado em quatro colégios portugueses da área da Grande Lisboa, onde aplicaram questionários a alunos e professores com a intenção de recolher opiniões relacionadas ao trabalho experimental. Neste estudo foi utilizada a designação Trabalho Experimental (TE) com o sentido proposto por Hegarty-Hazel, sendo citada por Lazarowitz e Tamir (1994, p. 94): “é a atividade desenvolvida num ambiente criado para esse fim, envolvendo-se os alunos em experiências de aprendizagem planejadas, interagindo com materiais para observar e compreender fenômenos”.

Logo no resumo, já são notadas às opiniões fornecidas pelos alunos e professores nos questionários:

Com base nas respostas dadas, pode afirmar-se que, nas escolas pesquisadas, o Trabalho Experimental realizado em sala de aula tem uma frequência pequena e assume, quase sempre, a forma de demonstração feita pelo docente, para toda a turma. Professores e alunos, reconhecem as potencialidades do Trabalho Experimental, na promoção de aprendizagem. As situações em que os alunos se limitam a seguir instruções ou a observar a experiência realizada pelo professor são as que menos contribuem para a aprendizagem. Quer docentes quer alunos reconhecem ser essencial que estes disponham de uma boa fundamentação teórica que suporte a compreensão do Trabalho Experimental. Apesar dos professores apontarem vários problemas que, do seu ponto de vista, afeta a promoção de aprendizagem centrada em Trabalho Experimental, registram-se poucas referências a estratégias e metodologias, como o recurso a computadores para aquisição e tratamento de dados ou a propostas de tarefas com questões abertas, que a investigação em Educação em Ciências tem referenciado como potenciadoras de aprendizagem. Neves *et al* (2006, p. 1)

Apointa-se como é frequente as aulas experimentais serem apenas expositivas e demonstrativas, sem um real propósito por trás da atividade. Mesmo sendo considerado de grande importância na busca de um aprendizado significativo e além de ter esse caráter, quase não há aulas em laboratório durante o período letivo.

Ao longo do artigo a metodologia segue no estudo da psicologia evolutiva de Piaget (1969, p.45), tendo citações diretas como:

"se pretendemos formar indivíduos criativos e capazes de fazer progredir a sociedade de amanhã, é evidente que uma educação baseada na descoberta ativa da verdade é superior a uma educação que se limita a transmitir verdades e conhecimentos acabados"

Exploram-se pesquisadores como Bruner (1973), na mesma linha que Piaget, e Ausubel (Ausubel, Novak e Hanesian, 1978), com a psicologia cognitiva. Tem-se a preocupação com o aprendizado significativo, citando-se uma série de pesquisas que mostram a necessidade de uma atenção ao método de ensinar nas aulas laboratoriais.

Marcando problemas como:

- *As atividades, por vezes, são desenvolvidas sem qualquer base teórica;*
- *O conteúdo, em geral, é fornecido pelo professor, limitando a construção pessoal de significados, por parte do aluno;*
- *O aluno é, muitas vezes, um mero consumidor da planificação feita pelo professor, pelo que se reveste de pouca utilidade do ponto de vista pedagógico;*
- *Os alunos, frequentemente, não se apropriam da teoria adequada para interpretar o que observam, o que os leva a fazer interpretações à luz de concepções errôneas.*

Sugerem-se melhoras, apresentando noções e compreensões do significado do que é a ciência e como trabalhar com ela:

Aprender ciência – adquirir e desenvolver conhecimento conceptual e teórico;

Aprender acerca da ciência – desenvolver uma compreensão sobre a natureza e métodos da ciência e uma percepção das complexas interações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente;

Fazer ciência – empenhar-se e desenvolver competências em investigação científica e resolução de problemas.

Mesmo que esse artigo não apresente uma proposta para uma atividade experimental, ele é interessante por abordar a importância de uma boa metodologia e didática para o desenvolvimento das aulas, abrindo espaço para a reflexão sobre o que está ocorrendo de errado e como poderia ser corrigido, sendo aplicável em todas as formas de experimentação, seja presencial, virtual ou remota.

Segundo Artigo: **Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física.** (CARMO, A. B.do.; CARVALHO, A. M. P.de., 2009).

Neste artigo a pesquisa foi realizada com uma turma do segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual de São Paulo, buscando o entendimento por parte dos alunos da construção da linguagem gráfica por meio de uma sequência de aulas sobre calor e temperatura. Tem-se como objetivo “traduzir a linguagem coloquial e fenomenológica em linguagem científica, ressaltando as características tipológicas e topológicas de cada linguagem” e dessa maneira “torna o fenômeno visível ou transparente no gráfico e vice-versa aos olhos dos estudantes”. E mostra o empecilho da matemática para o aprendizado da física, por meio de uma aula experimental investigativa.

Ao longo do artigo é trabalhado a construção da linguagem das ciências e a matemática, interpretação dos escritos científicos, gráficos e funções, em livros didáticos ou em artigos e pesquisas. Chega-se a linguagem da ciência na sala de aula, pois “como a Ciência utiliza diversas linguagens para construir seus conhecimentos, é importante aprender não somente nas suas linguagens, mas também sobre elas” (LEMKE, 1998b). Traz a importância de conhecer o processo de produção das diversas formas da escrita científica, incluindo a matemática.

Com esse propósito, por meio de aulas experimentais investigativas, o experimento em laboratório foi organizado de modo a responder a seguinte pergunta: “Como a água aquece?”. Como objetivo principal encontrar a equação fundamental da calorimetria. As aulas foram realizadas em duplas, sendo efetuada análise dos dados na construção dos gráficos para testar todas as hipóteses levantadas e responder à pergunta proposta. O artigo mostra o passo a passo da transformação da tabela em gráfico: como se deve fazer a análise do gráfico, como identificar e o que representa a curva sobre o ajuste da reta, bem como demonstra a discussão sobre a imprecisão. De como os erros podem vir do observador, do equipamento e como todos os equipamentos possuem uma medida de erros, dando o caráter real de uma pesquisa ao invés de dados sempre perfeitos como popularmente se acredita.

Nesse artigo é apontado como o laboratório pode fazer diferença, pois mostra como a aula experimental pode se direcionada a diferentes campos do saber, como na construção da linguagem científica e no entendimento do próprio conteúdo estudado. Com o ideal de uma aula que incentive o aluno a buscar conhecer para entender, permitindo que se tenha clareza nos fenômenos físicos mesmo por meio da leitura de gráficos ou possibilitando o desenvolvimento destes.

Terceiro Artigo: **Estudo da influência das aulas experimentais no processo de ensino-aprendizagem em Química.** (SILVA, G. F. da.; OLIVEIRA, C. M. F. F. de.; FISCHBORN, A. C., 2011).

Como o título já diz, esse artigo está relacionado a experimentos em Química. Ele também mostra a necessidade da aula experimental e como o autor dá importância de um ensino de qualidade:

O ensino de Química não pode se restringir a aulas expositivas que enfatizam a memorização de fatos, leis e teorias que estão desvinculadas com a formação sociocultural do discente. Nessa direção, faz-se necessário a inserção de propostas pedagógicas que contemplem a contextualização de conteúdos químicos a projetos de pesquisa com experimentos que estimulem a criatividade e desenvolvam subsunções para a formação continuada e significativa. (p.1)

Desse modo o artigo procura avaliar a influência de aulas práticas aliadas à pesquisa científica na aprendizagem significativa, aplicado em colégios públicos do ensino médio. Com isso o artigo apresenta quatro etapas, para a pesquisa científica em aulas experimentais, sequenciais e interdependentes que devem ser planejadas de forma a atingir o máximo de desenvolvimento técnico, pessoal e interpessoal possível (MOSCOVICI, 2001):

1. *Atividade: é a vivência de uma situação através de um ou mais experimentos, técnicas pedagógicas, que simulem situações reais;*
2. *Análise: após a atividade, essa etapa consiste no exame, discussão e avaliação do experimento realizado e na análise crítica dos resultados. O “como aconteceu tal fato?” passa a ser mais importante que o resultado experimental em si. É nessa etapa que os alunos expõem suas opiniões e sentimentos em relação à atividade e resultados e como o processo ajudou ou não no desenvolvimento;*
3. *Conceituação: é o “aprender com a experiência”. Nesta etapa informações e conceitos teóricos de conduta e procedimentos são sistematizados pelo educador com a finalidade de elaboração, aos educandos, de “mapas cognitivos individuais”. Muitas vezes esta etapa é complementada por leituras e debates que permitem a conscientização e conceituação do processo e do desenvolvimento de equilíbrio pessoal necessário em situações diversas;*
4. *Conexão: essa etapa fará a ligação entre o vivenciado e o real, comparando aspectos teóricos com situações práticas de trabalho, objetivando a interiorização de todos os assuntos abordados por este processo de aprendizagem. A pesquisa científica permite aprender vivenciando os conceitos e não apenas ouvindo ou lendo sobre eles e isso pode significar mudanças marcantes nos processos cognitivos, pois, ao estimular o conhecimento por parte da vivência, sentimentos de segurança psicológica, autoconfiança e autodescoberta são estimulados.*

Em sua metodologia apresenta-se à necessidade de aprender a fazer pesquisas e referências para obter boas fontes confiáveis, seguindo para o aprendizado de técnicas laboratoriais a fim de prepará-los para as realizações do projeto. Ao longo do trabalho os autores avaliaram os alunos com questionários para entender o interesse, testes didáticos para saber em qual nível de aprendizado os alunos se encontravam, os alunos apresentaram seminários, as pedagogas e a gestora da escola também foram entrevistadas a fim de saber qual foi o impacto desse projeto e que medidas poderiam ser criadas para facilitar o desenvolvimento desses trabalhos escolares.

Conhecer artigos em outras áreas do conhecimento, como a química e biologia, mostram que não é só a física que sofre com a falta de aulas experimentais e de como essas aulas podem influenciar no interesse e aprendizado dos alunos. Esse artigo descreve os mesmos problemas que se encontram nas aulas de física e reforça a necessidade de uma reflexão mais ampla e aprofundada sobre o que vem a ser um ensino de qualidade. Permite-se encontrar novas propostas e conceitos para melhorar o aprendizado em ciências, não apenas para obter boas notas, mas que seja realmente aplicável no cotidiano da sociedade.

3.1.2. Vantagens e desvantagens

A partir dos artigos analisados vislumbramos uma série de pontos positivos e negativos sobre as aulas experimentais. Logo no primeiro artigo em que são entrevistados alunos e professores, já se destaca como a maior das desvantagens o fato de como as aulas experimentais são mal realizadas devido à falta de preparo e inexistência de um objetivo real.

Muitas vezes os professores não se atentam em desenvolver uma base teórica para os alunos realizarem o experimento adequadamente, de modo que não entendem qual é a finalidade de tal proposta e ficam perdidos no que devem fazer. Que leva a outro problema, de professores que optam por apenas demonstrar o experimento a fim de concluir um conteúdo, caso o estudante não o tenha compreendido, pois não tendo uma boa base, dificilmente entenderá o que estiver acontecendo na aula prática. Principalmente se o professor não propiciar a discussão dos fenômenos relacionados, levando o estudante ao desinteresse.

Quando a aula de laboratório é realizada pelos próprios alunos é sempre realizada por meio de roteiros e sequências, fazendo com que a base teórica não seja essencial para reproduzir o experimento. Entretanto essa base é essencial para o entendimento do fenômeno e do que o experimento se trata, permitindo ao aluno ter autonomia ao realizá-lo. Isto quando há aulas experimentais, pois, uma das falas dos alunos no primeiro artigo é falta de aulas em laboratório, sendo raras as vezes que tiveram. Resultado muitas vezes do comodismo de alguns profissionais que preferem a facilidade das aulas expositivas.

A maior desvantagem das aulas experimentais presenciais, em termos de aprendizado, está na metodologia adotada pelos professores, que muitas vezes tendem a limitar a experiência prática dos alunos. Além desta, outra desvantagem para laboratórios presenciais é a questão da infraestrutura. Muitos colégios públicos dispõem de apenas uma sala de laboratório, geralmente compartilhada entre a física, biologia, química e até mesmo com artes. Levando os professores a concorrerem entre si para a utilização da sala, complicador esse que induz ao desinteresse por mais aulas práticas durante o ano letivo.

Também quando há um laboratório, o outro problema está no volume de material disponível para realização das atividades, sendo normalmente escasso, devido ao seu alto custo. Limitam-se as possibilidades dos experimentos a serem realizados pelos alunos, dando mais um motivo para o desânimo dos professores e uma forte razão para não levar os estudantes aos laboratórios.

Entretanto, mesmo um laboratório não possuindo um número considerável de aparatos, há diversas pesquisas e projetos de experimentos de baixo custo que asseguram aos alunos as atividades práticas e que os levam a excelentes debates e

discussões, não apenas sobre o experimento em si, mas também sobre como e que materiais utilizar para realizá-lo da maneira mais eficiente possível. É uma vantagem para a experiência presencial por apresentar saídas possíveis para a construção de experimentos a serem utilizados em sala.

Dispor de um laboratório equipado com os materiais necessários, associado ao uso de uma boa metodologia, evidencia como as aulas práticas podem ser vantajosas para o aprendizado.

Situações problemas que induzem os alunos a pensar e os dispõe com liberdade quanto à solução de tais situações, tem trazido retornos expressivos.

As pesquisas demonstram como a participação e o interesse pela ciência aumentam, porque esses problemas não são meramente numéricos, mas dão um significado para aquilo que estão estudando. Na construção de gráficos ou na análise das tabelas de dados tem trazido clareza dos conceitos físicos do fenômeno e de como isso pode influenciar na sua vida, seja no presente ou futuro. De modo a preparar de fato para a vida em sociedade e não apenas para uma prova escolar.

3.2. Experimento Virtual

Os experimentos virtuais são a simulação de um experimento ou acontecimento real. Quer dizer que são programas destinados a representar um fenômeno físico, ou da matéria desejada, e mostrar dados prontos para determinada situação. Os programadores de uma simulação decidem o número de possibilidades, adversidades e dados correspondentes e desse modo é bem diferente da experimentação real. Utilizam plataformas online que fornecem o livre acesso a qualquer usuário como a plataforma PhET da Universidade do Colorado.

A experimentação virtual se diferencia bastante por permitir casos que não são possíveis na realidade, como por exemplo, os casos ideais ou para massas e velocidades exageradamente grandes. De certa forma é algo bom por mostrar quase que com clareza algumas situações, como a conservação de momento ou da energia cinética por ser possível desconsiderar o atrito ou que possa vir a ser considerado também, mas apresentando os valores e dados para cada situação.

Pela necessidade de computadores, as aulas com experimentos virtuais são realizadas no laboratório de computação, muitas vezes com os alunos dispostos em duplas ou trios, caso não haja aparelhos suficientes para cada aluno. Como na experimentação presencial, no virtual também haverá um objetivo por proposta, porém esse objetivo é mais direto e claro. Isso devido ao fato do simulador ser limitado a poucas tarefas e por apresentar dados já estabelecidos.

Com isso se torna mais difícil uma avaliação sobre a aprendizagem, pois apresenta respostas já prontas. Logo, um relatório ou uma prova poderá ser apenas uma reprodução do que foi feito, de modo a não propiciar um aprendizado significativo. Por meio do experimento virtual a forma de averiguação é a mais difícil, por se tratar de uma simulação e não deixar os alunos sujeitos a possíveis erros e ou a buscar soluções para esses erros.

No quadro a seguir são apresentados os artigos que foram escolhidos e analisados para o laboratório virtual, com o propósito de entender as suas características:

Artigo	Autores e ano de publicação	Assunto abordado
Experimento virtual de rolamento: um estudo das dificuldades apresentadas pelos alunos do curso de licenciatura do IFUSP.	BARROS, Suelen F.de. 2011	Esclarecer sobre o que se trata a experimentação virtual e demonstrar como pode ser uma grande ferramenta de trabalho para o professor e seus alunos. Mostra-se também que não basta ter apenas

		o experimento, mas também uma boa proposta metodológica.
Desenvolvimento de um Software para o Ensino de Fundamentos de Física Quântica.	OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. dos S. F. 2006	Apresenta um software livre, desenvolvido com um projeto sobre tópicos de física moderna e contemporânea na formação de professores. Trazendo conteúdos que durante a graduação destes ainda não faziam parte da grade curricular, evidenciando que as aulas experimentais servem tanto para o crescimento dos alunos como dos professores.
Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física.	MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. de; 2002	Apresentar a importância das simulações no ensino de física e contrastar com os argumentos contraexistentes. Colocando que se devem tomar cuidados ao utilizar laboratórios virtuais, pois podem gerar entendimentos equivocadas pelo fato de não ser um experimento real.

Tabela 2: Artigos sobre Laboratório Virtual.

3.2.1. Análise

Primeiro Artigo: **Experimento virtual de rolamento: um estudo das dificuldades apresentadas pelos alunos do curso de licenciatura do IFUSP.** (BARROS, Suelen F.de., 2011)

A motivação dessa pesquisa, além de esclarecer sobre o que se trata a experimentação virtual é demonstrar como pode ser uma grande ferramenta de trabalho para o professor e seus alunos, pois ao ser utilizada nas aulas, ela propicia uma melhor compreensão e abstração dos fenômenos físicos e conceitos matemáticos.

No artigo, em seção destinada às pesquisas realizadas no tema de laboratórios virtuais, Barros (2011, p. 13) apoiado em Lapa *et al.* (2002) faz a seguinte afirmação sobre tecnologia da informação e comunicação:

Diante deste quadro o autor defende que as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) surgem como uma possível tentativa de solução para alguns desses problemas, na busca de um resultado mais satisfatório no ensino de física, na medida em que, por meio de modelos que podem ser construídos a partir do computador, é possível reproduzir fenômenos animados, possibilitando a mediação entre o aluno e os conceitos físicos que estão sendo explorados em aula.

Percebe-se que graças a esse desenvolvimento há a possibilidade de simular com boa precisão os fenômenos físicos, a fim de melhorar a educação.

Para Lapa *et al* (2002, p. 6):

(...) as simulações no computador oferecem um grande potencial para permitir que os estudantes compreendam os princípios teóricos das Ciências Naturais (Davies, 2002, p. 271), a ponto de serem chamados Laboratórios Virtuais.

Lopes e Feitosa (2009, p. 4) chamam a atenção para a importância de despertar o interesse e a participação do aluno: “Utilizando bem tais recursos, o professor poderá tornar suas aulas mais dinâmicas, facilitando e motivando a aprendizagem dos alunos”.

Mas é preciso estar atento aos erros e problemas apontados por Camillo (2011), na qual Barros (2011, p. 22-23) destaca:

a-) Muitas vezes professores e alunos não tem o mesmo objetivo diante de uma atividade experimental. Seja por omissão, ou por uma falta de diálogo entre professores e alunos, estes últimos frequentemente não se dão conta das intenções do professor quando ele propõe uma atividade experimental e criam a visão de que o objetivo da atividade é fazer o fenômeno acontecer e chegar a uma resposta correta, seguindo uma receita pré-estabelecida, deixando de explorar o fenômeno e interpretar cada um dos resultados obtidos da observação. Cabe destacar que este não é um problema de um

determinado tipo de laboratório ou mesmo de uma ênfase, trata-se de um problema bastante geral e que se estende também a todo o processo educacional;

b-) A questão das ações do estudante durante a realização de uma atividade experimental também pode ser incluída nesta lista. Muitas vezes ela se resume na tomada de dados de forma mecânica, sem uma reflexão sobre o procedimento que se está tomando, simplesmente para preenchimento de uma tabela e para a construção de um conjunto de gráficos. Aos alunos não são fornecidos meios para que eles criem o hábito de refletir sobre a prática que estão realizando, de propor um método investigativo com a elaboração de hipóteses e respostas e de dar significado físico aos dados que estão sendo tomados, e conseqüentemente dar sentido aos resultados obtidos por meio dos gráficos construídos;

c-) A relação entre a investigação que a experiência está propondo e o arranjo experimental com que eles estão trabalhando também costuma ser um problema frequente apontado pelo autor. “Para eles não existe conexão entre o “fazer experimental” e o “pensar teórico” – campos separados do saber humano no senso comum.” (CAMILO, pg. 100, 2011). Além do mais o autor aponta que muitas vezes os alunos não conseguem fazer uma relação com a atividade experimental que estão realizando dentro do laboratório, com os acontecimentos de seu dia-a-dia, não conseguindo assim dar um sentido para aquela atividade.

d-) O autor inclui ainda nesta lista o fato de que muitas vezes quando os alunos realizam uma atividade experimental, eles raramente notam as discrepâncias entre os conceitos baseados no senso comum, que usam para descrever um fenômeno e que mesmo não indo de encontro ao que é observado, eles continuam fazendo uso destes conceitos. Este ponto foi inclusive muito explorado na corrente pedagógica das concepções alternativas, muito forte a partir de 1970, onde o experimento tinha o papel de confrontar os conceitos dos alunos, mostrando que eles não eram adequados para explicar o resultado do experimento. Diante disso, o aluno então deveria abandonar seus conceitos e passar a fazer uso dos conceitos científicos. Estudos posteriores realizados sobre esta corrente pedagógica mostraram que ela falhava, pois muitas vezes os alunos não conseguiam perceber que seus conceitos não poderiam ser usados para explicar um ou outro resultado e mesmo assim abandoná-los era muito difícil uma vez que eles foram construídos com base em pontos do cotidiano deste aluno.

e-) Outro problema comum a ser incluído aqui diz respeito à questão da tomada de dados durante a atividade experimental. Segundo o autor, é comum os alunos terem dificuldades acerca de quais são os dados relevantes para a investigação que eles estão conduzindo e como tais dados devem ser tomados. Muitas vezes eles chegam a acreditar que uma única medida é suficiente para o conhecimento da grandeza que se deseja obter e que medidas adicionais, assim como o tratamento de erros são dispensáveis.

Tais ponderações nos levam ao entendimento de que há uma ocorrência dos mesmos problemas de ensino e aprendizagem, independente da forma de abordagem da aula prática, seja virtual, presencial ou remota.

Após uma descrição dos experimentos, Barros (2011) discorreu sobre a metodologia utilizada. Considerando que o objetivo da pesquisa consistia em encontrar as dificuldades dos alunos na resolução das aulas práticas, foram montados relatórios para os alunos responderem, sendo as aulas dispostas a partir de roteiros a serem seguidos.

A pesquisa que ela realizou com turmas dos anos de 2010 e 2011, revelou que houve melhora no entendimento sobre os objetivos propostos nas aulas práticas, entretanto constatou também a ocorrência da mera reprodução de cópias de resultados por parte dos alunos.

A partir das dificuldades observadas nas primeiras turmas, conseguiu readequar os roteiros, que propiciaram melhor entendimento sobre o que devia ser feito nas aulas laboratoriais. Esse artigo mostra por meio da experimentação virtual como a metodologia influencia no aprendizado, que não basta ter apenas o experimento, mas é muito importante que a proposta seja decente e que leve ao interesse dos alunos.

Segundo Artigo: **Desenvolvimento de um Software para o Ensino de Fundamentos de Física Quântica.** (OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. dos S. F., 2006).

Esse artigo apresenta um software livre, desenvolvido com um projeto sobre tópicos de física moderna e contemporânea na formação de professores, que simula o fenômeno da interferência em um aparato denominado de interferômetro de Mach-Zehnder (IMZ). Trate-se sobre o tema da dualidade onda partícula, experimentos usando o interferômetro e tratando de fótons e elétrons, Ostermann *et al* (2006, p.1) coloca que:

Do ponto de vista do ensino de Física Quântica, como se trata de um arranjo experimental muito sofisticado e de difícil reprodução em laboratórios didáticos, será praticamente impossível, por ora e pelos próximos anos, sua realização de forma não virtual.

Desse modo o software permite que se opere virtualmente com laser (regime clássico) e com fótons individuais (regime quântico), explorando os aspectos corpuscular e ondulatório.

No decorrer do artigo Ostermann *et al* (2006) descreve o *layout* do programa para o comportamento corpuscular, que é em regime clássico, explicando como utilizar e manejar o simulador. E descreve o *layout* do programa para o comportamento ondulatório e corpuscular, quer dizer em regime quântico.

Nessas seções é explicado o que cada objeto representa no simulador, como controlar a intensidade da luz e onde aparecem os dados, entre outras coisas, relacionadas ao simulador. Essa importância com o *layout* do programa é extremamente necessária, pois exige que se tenha clareza do que está acontecendo. É interessante a maneira como o *software* foi desenvolvido, com o posicionamento do laser, da fenda, do detector, do anteparo e do polarizador, atentando especialmente para os detalhes, deixando de ser apenas um programa que fornecem dados e passando a ser um simulador interativo de um experimento real, de forma que aluno e professor possam compreender com mais clareza os fenômenos físicos.

Mesmo o artigo não apresentando o desenvolvimento das práticas pedagógicas, é muito interessante por ser voltado à formação de professores. Trazendo conteúdos que durante a graduação destes ainda não faziam parte da grade curricular, evidenciou que as aulas experimentais servem tanto para o crescimento dos alunos como dos professores. Demonstrou ainda que o conteúdo deve ser trabalhado de forma investigativa para que o ensino, como o da física quântica que está sendo introduzindo cada vez mais no ensino médio, venha a ser de qualidade.

Terceiro Artigo: **Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física.** (MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. de, 2002).

Como o título já diz, este artigo tem como propósito apresentar a importância das simulações no ensino de física e contrastar com os argumentos contraexistentes.

A primeira parte do artigo trata sobre a informática na sociedade, na ciência e como ela influenciou o ensino.

Apoiado em Oppenheimer (1997), observa que há tempos as novas tecnologias têm apresentado ideias e promessas envolvendo a educação.

Tem-se como exemplo Thomas Edison, no trabalho de OPPENHEIMER (1997), que sobre o cinema afirmava “as figuras em movimento estão destinadas a revolucionar o nosso sistema educacional. Em poucos anos, elas suplantarão amplamente senão inteiramente, o uso dos livros didáticos”.

Previsões semelhantes foram feitas a respeito dos rádios, televisores, projetores, slides, *filmloops*, retroprojetores, gravadores, super-8, videocassetes e até mesmo sobre as calculadoras. Salvo raras exceções, a maioria dos recursos citados não são utilizados em sala de aula, responsabilizando-se tanto os professores, por falha de planejamento, como a falta de verba para aquisição e disponibilização de tais materiais. Com, por mais incrível que possa parecer, a computação, uma das tecnologias mal utilizadas na atualidade.

A segunda parte do artigo analisa como os alunos apresentam dificuldades em relação à disciplina de física, principalmente por se tratar de conteúdos muitas vezes abstratos, o que faz com que eles fiquem entediados ou traumatizados, chegando até mesmo a odiar a física.

Simulações computacionais podem ser recursos mais dinâmicos para apresentação do conteúdo de forma mais investigativa e participativa do que costuma ser feito em sala pelo método tradicional, por meio de livros e apostilas ou até mesmo animações, especialmente pelo que destaca Gaddis (2000) o fato de estar baseada no grau de interatividade entre o aprendiz e o computador.

Não se tratando apenas de uma animação, o aluno poderá interagir com a simulação computacional e ver diferentes resultados para cada tipo de situação, estimulando seu aprendizado, bem como pode ser útil, principalmente em experimentos que não podem ser reproduzidos nos colégios.

A terceira parte do artigo relata as limitações das simulações, apresentando certas desvantagens que algumas vezes são negligenciadas.

Como a experimentação diz respeito a uma simulação, costuma-se que o real é muito mais complexo e envolve variáveis diversas, enquanto que no simulador as situações são adequadas e simplificadas para obtenção de bons resultados.

Caso os alunos, ou mesmo o professor, não estejam esclarecidos, isso pode induzir a concepções erradas. Também na tentativa de fazer com que as simulações sejam o mais real possível, acabam por levar a alguns erros conceituais que as imagens induzem a entender, podendo ocorrer erros despercebidos ou mesmo ficar deveras impressionado com as belas imagens, esquecendo-se que se trata de uma simulação, sendo apenas uma situação sujeita a uma série de fatores que podem influenciar todo o experimento.

Ainda se chama a atenção pelo fato de ser um programa e todos os dados obtidos serem programados para cada situação, incorrendo no risco de os alunos aceitarem tudo como verdade, o que pode induzir a erros e problemas a experimentação real no futuro, como a dedução de que apenas uma coleta de dados seja o suficiente.

A última parte do artigo apresenta a conclusão sobre o que foi argumentado, fazendo uma reflexão sobre a forma de ensinar. Mesmo que o artigo não traga nenhuma proposta de atividade experimental virtual, traz esse pensamento extremamente importante sobre os laboratórios virtuais: Que se deve ter cuidado por se tratar de uma simulação do real, que enquanto simulação ainda está bem longe da experimentação presencial, exigindo um cuidado especial sobre essas atividades para que os alunos entendam e saibam diferenciar as situações, de modo a não conduzir a possíveis erros conceituais e ou falhas reais ao se realizar uma pesquisa ou um trabalho.

3.2.2. Vantagens e desvantagens

A partir dos artigos podemos verificar três pontos diferentes sobre a experimentação virtual, sendo: como pode ser utilizado, quais características deve possuir e aos riscos que pode levar. Dessa maneira a experimentação tem passos à frente e passos atrás, que podem tanto auxiliar como prejudicar os estudantes.

Começando pelas vantagens, os laboratórios virtuais permitem inúmeras possibilidades, inclusive aquelas que não são reais. Quer dizer que por meio do computador é possível simular condições e experimentos que não são possíveis na vida real, como por exemplo, massas e velocidades que possuem valores muito altos.

Podem simular experimentos de risco, que não são seguros para colégios ou mesmo universidades. E se substituem experimentos de nível de alto risco também podem simular experimentações mais simples, sendo, portanto, o meio virtual uma resposta e solução à falta de materiais nos laboratórios. Essa é uma de suas maiores vantagens, a de simular um experimento real que pode ser acessado por meio de um programa de computador por inúmeros alunos, bastando o possível acesso a esse programa.

Assim como a aula presencial, o meio virtual pode ser aplicado com os mesmos propósitos e objetivos, com o intuito de ensinar fenômenos e conceitos. E auxiliar no processo de desenvolvimento de tabelas, análise de dados e construção de gráficos, ensinando a linguagem científica por meio deste tipo de atividade. Entretanto a partir disso começam as desvantagens da experimentação virtual.

Isso porque se trata de uma simulação. Mesmo que os programadores tentem e busquem elaborar um experimento o mais próximo possível da realidade, ainda assim não será igual ao real. Os simuladores tendem a ser simplificados, seja para melhor entendimento ou no mesmo nível de dificuldade da reprodução do experimento real. Logo, diversas variáveis que se encontram no laboratório presencial são deixadas de lado. Desse modo, quando se trata do virtual, as condições do experimento não sofrem alterações, ou seja, são sempre as mesmas, sendo normalmente condições ideais. O que faz com que os resultados se aproximem da perfeição.

Resultados perfeitos são devidos aos dados que parecem já serem programados para cada situação, de modo que os dados coletados serão sempre os mesmos. Os experimentos virtuais não são feitos para darem errado, justamente para não confundir os alunos. Porém pode levá-los a acreditar que não há erros, pois eles não irão se deparar com situações que apresentem dados absurdos, uma vez que as condições já estarão estabelecidas como ideais. Isso é um erro conceitual, já que há a necessidade de se repetir várias vezes o experimento presencial a fim de obter bons resultados e que ainda assim não são perfeitos.

Como já comentado, devido à complexidade dos experimentos, os simuladores simplificados ou mesmo aqueles que buscam ser o mais fiel possível, podem gerar conflitos no aprendizado dos alunos.

Quando o experimento é muito simples, chegando a ser até caricato, no intuito de demonstrar um fenômeno com maior clareza, pode levar o estudante a algo que não é real, como por exemplo, um simulador John Travoltagem da plataforma PhET Colorado, que mostra o ator John Travolta recebendo uma descarga elétrica (levando um choque) ao tocar na maçaneta de uma porta, enquanto atrita o pé no tapete, demonstrado na imagem abaixo (Figura 1).

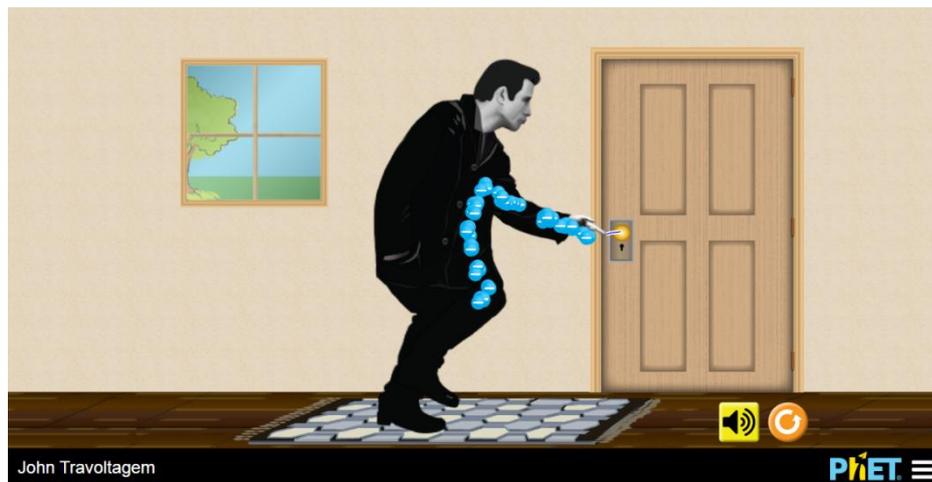


Figura 1: Experimento virtual Jonh Travoltagem.

Não que o fenômeno esteja incorreto, mas pode levar a um possível erro conceitual à forma como ocorre, pelo formato que está sendo demonstrado. Ou quando o experimento busca ser muito fiel como citado no terceiro artigo, sobre os raios catódicos, também pode levar a erros conceituais pela forma que a simulação ocorre. Pode ser muito bom para impressionar o aluno, fazendo-o acreditar que o evento ocorre de fato daquela maneira, não considerando as condições e situações que haveriam ao realizar o mesmo experimento de forma presencial.

Dessa maneira os professores que optam por trabalhar com aulas em laboratórios virtuais, seja por necessidade ou por escolha, precisam deixar claro para os alunos que se trata de uma simulação e que os dados são previamente estabelecidos e as condições são ideais para o experimento.

E para que tenham plena consciência e percepção do trabalho desenvolvido, deve esclarecer aos alunos que na realização do mesmo experimento na forma presencial é esperado a ocorrência de várias diferenças entre os resultados.

3.3. Experimento Remoto

Na experimentação remota os espaços são diferentes dos laboratórios presenciais, sendo que uma das diferenças está na disposição dos aparatos. No presencial, uma única sala pode ser disposta com vários aparatos destinados a diferentes propostas experimentais, já no remoto uma sala costuma estar preparada para experimentos específicos. Quer dizer que possui uma estrutura destinada a um único experimento, que pode possuir atividades e problemas diferentes, mas que essas propostas sejam possíveis a partir do que é fornecido.

Pelo fato de ser um laboratório remoto, as aulas podem ser das seguintes maneiras: de caráter apenas demonstrativo com o professor realizando o experimento em um projetor para todos os alunos ou de caráter prático com os alunos nas salas de computação, podendo até acessar de seus próprios celulares para realizar a experimentação. Desse modo precisa-se de uma sala de informática suficiente para atender aos alunos, os quais serão dispostos em duplas ou trios, conforme a quantidade de computadores disponíveis. Requer-se, portanto, número suficiente de aparatos para cada grupo realizar os experimentos também.

Tratando-se de um experimento real, mesmo que por acesso via computador, os alunos terão uma experiência mais completa do que por meio virtual, pois estarão sujeitos a condições reais, havendo inclusive a possibilidade de erros, problemas e imprevistos.

Desse modo são colocados em uma situação que os levarão a pensar sobre como solucionar e corrigir esses erros e problemas, propiciando um aprendizado mais significativo. Entretanto, por ser remoto, pode acarretar algumas barreiras, pois estando o experimento limitado a comandos e muitas vezes estando disponível apenas um dispositivo, pode levar ao desinteresse do aluno, por restringir e limitar sua liberdade com o experimento.

Para avaliar o aprendizado nesse tipo de aulas laboratoriais também é comum a utilização de relatórios, com o recolhimento de dados e posterior análise. Como já comentado, o relatório não parece ser uma boa forma de avaliação, pelo fato de ser facilmente manipulável. Mesmo na experimentação remota, os alunos podem apenas reproduzir e alterar os dados para atingirem boas notas.

A avaliação pelo método tradicional de prova escrita não é diferente no sentido de checar o aprendizado, já que o aluno pode sair-se muito bem apenas decorando o conteúdo. Diante desta constatação, é necessária uma profunda reflexão sobre as formas de avaliar e quem sabe conseguir mudar a visão do aluno sobre o que é ser avaliado, para que possamos garantir um efetivo aprendizado e não uma mera reprodução de informações.

No quadro a seguir são apresentados os artigos que foram escolhidos e analisados para o laboratório remoto, com o propósito de entender as suas características:

Artigo	Autores e ano de publicação	Assunto abordado
Laboratório Remoto para estudo de circuitos elétricos: um estudo comparativo.	MONTEIRO, M. A. A.; SIM, A. A. do.; MESQUITA, L. 2015	O objetivo é comparar as contribuições do experimento remoto com a atividade presencial. Traz o entendimento que de fato as aulas presenciais parecem ser mais interessantes, mas as aulas remotas têm trazido resultados positivos revelando como a metodologia e a didática dos professores pode influenciar no aprendizado dos estudantes.
Arquitetura para Laboratório de Acesso Remoto com Aplicação no Ensino de Engenharia Eletrônica.	CHELLA, M. T.; FERREIRA, E. C. 2005	Trabalha com a montagem da estrutura que permite a experimentação remota, com o enfoque em aplicações educacionais. Apresenta com detalhes a parte da arquitetura de um laboratório remoto, com os componentes e aplicativos que o englobam.
Uso de dispositivos móveis para acesso a Experimentos Remotos na Educação Básica.	SILVA, J. B.da.; ROCHADEL, W.; SIMÃO, J. P. S.; FIDALGO, A.V. da. S. 2013	Trata sobre a experimentação remota por meio da utilização de dispositivos móveis, apresentando o projeto piloto desenvolvido pelo Laboratório de Experimentação Remota.

Tabela 3: Artigos sobre Laboratório Remoto.

3.3.1. Análise

Primeiro Artigo: **Laboratório Remoto para estudo de circuitos elétricos: um estudo comparativo.** (MONTEIRO, M. A. A.; SIM, A. A.do.; MESQUITA, L., 2015).

Logo no resumo já se vê que “não é o ato de experimentar em si que realmente importa, mas a maneira como o trabalho experimental é realizado em sala de aula”, (Monteiro *et al*, 2015, p. 1). Com isso, para o professor de Ciências, não é satisfatório apenas realizar e aplicar experimentos em sala de aula, sendo preciso que ele tenha preparo suficiente para saber planejar e dirigir essas atividades. O objetivo é comparar as contribuições do experimento remoto com a atividade presencial.

A primeira parte descreve a importância da experimentação no ensino de ciências, citando pesquisadores da área (DELIZOICOV *et al*, 2002; PRAIA *et al.*, 2002; VILLANI & NASCIMENTO, 2003; MONTEIRO & TEIXEIRA, 2004a; MONTEIRO & TEIXEIRA, 2004b; 2007). Nas pesquisas desses vários autores, Monteiro *et al* (2015 , p. 2) destaca sobre as atividades experimentais:

(...) contribui para a motivação dos alunos, propicia o desenvolvimento de habilidades e competências argumentativas, auxilia na estratégia de tornar o aluno mais participativo durante aula, dividindo o protagonismo de sala de aula com o professor no processo de ensino e de aprendizagem e possibilita que os alunos possam se aculturarem com a maneira de como o conhecimento científico é produzido, tendo em vista o fato de permitir a ocorrência de situações nas quais os estudantes possam levantar e testar hipóteses, construir e discutir argumentos que justifiquem dados obtidos e de proporem modelos que interpretem os fenômenos observados.

Todavia afirmam que tais contribuições não se devem ao ato de experimentar por si só, mas na metodologia adotada pelo professor ao planejar e aplicar as atividades juntamente com seus alunos. Pois quando se tem experimentos meramente demonstrativos, a fim de certificar um resultado, não é diferente do método tradicional de expor o conteúdo no quadro, mudando apenas o meio em que é exposto.

Ao falar da pesquisa de Laburú (2008), Monteiro *et al* (2015, p.2) diz que:

“Laburú aponta quatro origens para as atividades escolares serem intrinsecamente motivadoras e que devem ser contempladas no planejamento: o desafio, com a promoção de situações com certa complexidade, onde as habilidades ou conhecimentos dos estudantes sejam provocados; a curiosidade, manifesta na conduta exploratória, situações surpreendentes que despertam a atenção pelo fato de não estarem de acordo com os conhecimentos prévios dos alunos; o controle, situação em que o aluno se percebe fazendo parte do processo de aprendizagem; e a fantasia, situação que envolve um faz-de-conta, favorecendo a motivação ao promover a satisfação do aluno”.

Mostra a importância do preparo de uma atividade, considerando todos os parâmetros para que os alunos venham a ter um aprendizado significativo. Bachelard (1996) e Monteiro *et al* (2007) atestam como um bom e preparado professor pode influenciar na qualidade das aulas.

Finalizando a primeira parte, Neves *et al* (2003) e Ramos & Rosa (2008), destacam os múltiplos obstáculos a serem transpostos pelos professores, entre eles:

- *A pequena quantidade ou inexistência de material necessário para preparação da atividade experimental;*
- *Carga-horária reduzida de aulas de Física no Ensino Médio para a realização de coleta de dados e real discussão dos resultados obtidos pelos estudantes;*
- *Alta carga horária do professor que o impede de preparar e planejar aulas experimentais;*
- *Limitações institucionais;*
- *Ausência de laboratórios adequados nas escolas;*
- *Excessivo número de alunos em sala de aula;*
- *Falta de uma maior articulação entre professores que envolvam os educadores;*
- *Falta de preparo metodológico dos professores para a realização de tais atividades.*

A segunda parte trata sobre a pesquisa prática realizada, informando que o trabalho foi desenvolvido com duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública do Estado de São Paulo, nas quais foi aplicada uma atividade experimental. Em uma turma por meio remoto e na outra de forma presencial.

Foram administradas três aulas teóricas sobre o assunto para prepará-los para a experimentação, com o conteúdo sobre circuitos elétricos, utilizando a mesma metodologia para ambas as turmas, bem como o mesmo professor.

No dia da experimentação foi pedido que montassem os três circuitos ensinados na aula teórica e realizassem medidas de tensão e de corrente elétrica em diferentes pontos destes circuitos, com o intuito de responder à seguinte questão: “Em qual configuração de um circuito elétrico a lâmpada dissipa mais potência elétrica?”. Após a coleta de dados e discussão, os alunos receberam um questionário. Ao professor foi solicitado que explicitasse sua impressão sobre o aproveitamento dos alunos na atividade em questão.

Na sequência é descrito como foi realizada a experimentação remota e presencial, descrevendo todo o funcionamento da aula. Na terceira parte, são apresentados os resultados, mostrando que em ambas as turmas a porcentagem de satisfação e interesse das aulas foram muito semelhantes, a partir dos comentários dos próprios alunos, que demonstraram uma maior motivação para a realização das atividades. O professor, mesmo tendo preferência pela experimentação presencial,

mostrou-se contente com os resultados, pois gerou boas discussões e bom aproveitamento por parte dos alunos.

A última parte apresenta a conclusão sobre o trabalho, sendo interessante citar que “os resultados do trabalho ainda são preliminares e, portanto, não permitem conclusões peremptórias” Monteiro *et al* (2015, p. 7), mostrando consciência dos autores ao não afirmarem seguramente para se trocar um experimento pelo outro, mas esclarecendo que os laboratórios remotos podem ser utilizados como alternativa para a falta de um laboratório presencial.

Esse trabalho traz o entendimento que de fato as aulas presenciais parecem ser mais interessantes, mas as pesquisas sobre aulas remotas têm trazido resultados interessantes e positivos revelando como a metodologia e a didática dos professores pode influenciar no aprendizado dos estudantes, independente do meio utilizado para a aula.

Segundo Artigo: **Arquitetura para Laboratório de Acesso Remoto com Aplicação no Ensino de Engenharia Eletrônica.** (CHELLA, M. T.; FERREIRA, E. C., 2005)

Este artigo trabalha com a montagem da estrutura que permite a experimentação remota, com o enfoque em aplicações educacionais. Chella *et all* (2005, p.33):

Utiliza-se a internet como infraestrutura de comunicação, aplicativos e *hardware* específico para instrumentação baseada em computador, um sistema composto de placa eletrônica e aplicativos para controle e monitoramento de experimentos reais.

Isso permite que os usuários possam, via internet, controlar e obter dados relacionados ao experimento em questão.

Na introdução deste artigo faz-se comentários sobre o laboratório remoto, que são equipamentos reais e que não necessitam de todo o trabalho de disposição como os laboratórios presenciais, que requerem infraestrutura e agendamento. Sendo que o remoto uma vez montado e funcionando estará à disposição do horário dos alunos e desse jeito, segundo D'abreu (2003), Chella *et all* (2005, p. 33) comenta que "(...) o aprendizado passa a acontecer em função do ritmo e da disponibilidade de tempo do aluno".

A motivação deste trabalho está relacionada à educação, por se tratar de um curso de engenharia e mostra a necessidade das aulas práticas, devido as teóricas não serem suficientes para um aprendizado significativo.

De acordo com Silva (2000), Chella *et all* (2005, p.34) diz "Do ponto de vista pedagógico, acredita-se que todo o aprendizado possível de ser realizado no ambiente presencial poderá ser propiciado também a distância", sendo diferente do método tradicional. A manutenção de um laboratório remoto é mais simples, já que não oferece risco com a perda e quebra de peças ou que se queimem os aparatos, bem como requerem espaços bem menores que os laboratórios presenciais.

Algumas universidades já vêm estudando a experimentação remota como Telelab (Casini, Prattichizzo e Vicino 2002), AIM (Shen *et all* 1999) e PEARL (Schafer, Seigneur e Donnelly 2002), mas esses sistemas são monolíticos, oferecendo pouca flexibilidade e apresentando dificuldades de alteração pelo usuário.

Nos objetivos, são apresentadas as seguintes características sobre a experimentação remota:

- *Custo baixo e decrescente por estudante: depois dos investimentos iniciais, o laboratório remoto tende a ficar mais econômico em relação ao convencional, pois pode atender a um número maior de alunos;*

- *Modularidade: ao permitir que sejam agregados novos experimentos, equipamentos e aplicativos;*
- *Execução dos experimentos em tempo real;*
- *Possibilidade de utilização dos procedimentos experimentais já existentes nos laboratórios convencionais, podendo ser facilmente integrado aos recursos didáticos empregados, como livros texto, ilustrações, entre outros;*
- *Aplicação no modo remoto e presencial;*
- *Acesso compartilhado a equipamentos de custo alto, dispensando a aquisição por cada instituição ou laboratório;*
- *Flexibilização de horários para execução dos experimentos, otimizando o tempo de estudo dos alunos e a utilização dos equipamentos;*
- *Recursos para integração a sistemas para criação e gerenciamento de cursos em EAD, como o Aulanet (2003) e Teleduc (2003).*

Em seguida é apresentada a arquitetura do laboratório remoto, mostrando seus componentes:

- *Placa de Experimento, permite a variação dos diversos parâmetros do circuito;*
- *Blocos Eletrônicos, recebe comandos originados no computador e convertidos na placa de controle que variam seus valores e estados;*
- *Placa de Controle, responsável por receber os comandos de acionamento e controle originados no aplicativo do PC e atuar nos blocos eletrônicos da placa de experimentos;*
- *Editor de experimentos, aplicativo que será utilizado pelo desenvolvedor do experimento remoto;*
- *Servidor de experimentos, aplicativo responsável por receber os comandos originados no Cliente do Experimento Remoto e encaminhar esses comandos para a porta USB¹ do computador para utilização pela Placa de Controle;*
- *Cliente do Experimento Remoto aplicativo, responsável por disponibilizar uma interface gráfica com os elementos criados no editor de experimentos e permitir ao usuário atuar sobre esses elementos;*
- *Servidor GPIB², para permitir ao usuário do experimento visualizar os sinais e controlar o osciloscópio foi desenvolvido o servidor GPIB, que se comunica com o hardware de um osciloscópio e com a rede internet, possibilitando o controle do mesmo remotamente pelo Cliente GPIB;*
- *Cliente GPIB, responsável por se comunicar com a rede, recebe dados e envia comandos de controle para o osciloscópio remoto. A interação com o usuário ocorre por meio de uma interface gráfica constituída dos botões de comandos e tela que representam um osciloscópio real.*

¹ USB é a sigla em inglês de Universal Serial Bus, em tradução livre seria “Porta Universal” em português, que tem a função de transmitir dados.

² GPIB é a sigla em inglês de General Purpose Interface Bus, em tradução livre seria “Interface de uso Geral”.

A partir daí é explicado sobre a elaboração do experimento e a execução pelo aluno e de como será a relação do aluno com a plataforma. É apresentada a implantação do ambiente de laboratório remoto, explanando detalhadamente como se dará a interação de cada componente e aplicativo da plataforma, que permitirão a atuação do aluno no experimento.

Com a plataforma e o experimento já montados é apresentado à prova e avaliação do laboratório remoto, colocando o experimento em prática a fim de ver suas qualidades e os erros. Tendo o experimento apresentado bom funcionamento, as considerações finais dos autores afirmam que dispor de um laboratório remoto oferece a possibilidade de acesso ininterrupto, “atendendo às disponibilidades de tempo do aluno e podendo atender a um número relativamente maior de usuários” Chella *et al* (2005, p. 38).

Em relação à arquitetura do laboratório, foi percebido que durante o processo de elaboração que “(...) o Editor de Experimentos e a característica modular dos Blocos Eletrônicos permitem que experimentos pudessem ser implementados e alterados rapidamente” Chella *et al* (2005, p. 388).

Este artigo é interessante por apresentar com detalhes a parte da arquitetura de um laboratório remoto, com os componentes e aplicativos que o englobam, de modo a lembrar de que o experimento remoto necessita dessa plataforma de acesso para ser utilizável.

Terceiro Artigo: **Uso de dispositivos móveis para acesso a Experimentos Remotos na Educação Básica.** (SILVA, J. B.da.; ROCHADEL, W.; SIMÃO, J. P. S.; FIDALGO, A.V.da. S., 2013).

Este artigo trata sobre a experimentação remota por meio da utilização de dispositivos móveis, apresentando o projeto piloto desenvolvido pelo Laboratório de Experimentação Remota (RExLab), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e aplicado em uma escola de educação básica também em Santa Catarina, com objetivo de despertar o interesse vocacional dos alunos pela profissão de engenheiro e pela pesquisa científica e tecnológica.

Na introdução é comentado sobre o baixo índice de formandos em engenharia comparado a outros países, sendo inferior aos parceiros da BRICS³. Com a possibilidade de ser devido à má formação do ensino básico em matérias como matemática e física, levando alunos despreparados para o curso e ocasionando a evasão e falta de estímulo para essa área das exatas.

Com a certeza de que se faz necessário aumentar esse número de profissionais, destacou como os dispositivos móveis estão presentes no dia a dia e como vêm modificando a vida das pessoas, principalmente dos jovens, sendo um recurso que deveria ser utilizado em salas de aula.

Naismith *et al* (2005) afirma que “não tem sentido, que em um sistema educativo com recursos tecnológicos limitados não se tente tirar o máximo partido do que os jovens trazem para as aulas”, de maneira que irá aproximar o cotidiano dos jovens nas escolas com a realidade diária deles.

A segunda parte é sobre a Educação Móvel (M-Learning), que trata sobre acessar informação por meio de dispositivos móveis como telefones, “tablets”, reprodutores MP3, “Smartphones” entre outros dispositivos. A partir disso abre-se um campo novo de pesquisa com suas implicações e aplicações na educação. Fica-se claro que a educação móvel não é o fim e sim um “meio facilitador de oportunidade de aprendizagem” (Silva *et al*, 2013, p. 2), porque os dispositivos móveis por si só não são ferramentas educativas. Dessa maneira há a necessidade de um estudo pedagógico para utilização deste meio. Desse modo, a partir dos pesquisadores que tratam sobre uma nova modalidade de ensino a distância, há dois aspectos centrais: mobilidade e contexto de aprendizagem.

A terceira parte está relacionada à experimentação remota, referindo-se sobre a importância da aula laboratorial. Considerando que muitos colégios e o ensino a distância tem dificuldades de acesso aos experimentos, realizá-los remotamente se tornou uma saída possível. No qual se cita vantagens como a interação direta com os equipamentos reais, dados reais e custo, entre outras.

³ BRICS é um agrupamento econômico de países emergentes, composto pelo Brasil, Rússia, Índia, China e África do sul. No qual a sigla representa estes países respectivamente.

Analisa ainda a questão do experimento remoto em si, o hardware e o software. Mostra que são aparatos montados de maneira a realizar comandos, que por meio de uma conexão wireless com acesso à internet, possibilita o acionamento das ações. Controlam-se assim motores, sensores e circuitos, que são responsáveis pela execução do experimento.

O Hardware utilizado no projeto está baseado nos microsservidores Web (MSW) desenvolvidos no RExLab. O MSW construído pela RExLab é baseado em um microcontrolador de baixo custo e baixo consumo, utilizado para a comunicação de dados com protocolo TCP/IP e que permite adquirir, controlar e monitorar remotamente dispositivos de maneira segura. Na questão do software foi esclarecido que a relação dos laboratórios remotos com os dispositivos móveis foi feita por meio de um aplicativo desenvolvido RExLab.

A quarta parte discute sobre a integração do experimento remoto com os dispositivos móveis, oferecendo o acesso ao laboratório onde quer que a pessoa esteja e a qualquer momento do dia. Interagindo com equipamentos reais, os alunos poderão ultrapassar as barreiras da sala de aula, “podendo relacionar o conhecimento com a observação dos experimentos” Silva *et al* (2013, p. 4). Permite que os professores também usufruam deste recurso como auxiliar em suas aulas. São abordados autores como Kukulka-Hume (2007) que citam como vantagens da “m-learning”:

- Permite a aprendizagem em qualquer momento e lugar;
- Pode melhorar a interação didática nas formas síncrona e assíncrona;
- Potencializa a aprendizagem centrada no aluno;
- Permite o enriquecimento multimídia da aprendizagem;
- Permite a personalização da aprendizagem.
- Favorece a comunicação entre os alunos e as instituições educacionais;
- Favorece a aprendizagem colaborativa.

A partir do trabalho desenvolvido foi apresentada sua utilização na educação básica, comentando sobre a mudança necessária na didática e metodologia do professor para se adaptar a esse novo recurso por meio dos aplicativos.

Sendo que nesse ambiente virtual são disponibilizados também tarefas e questionários sobre os conteúdos abordados no experimento. Destaca-se as seguintes pretensões com o uso dessa tecnologia:

- Incrementar as atividades práticas nas aulas de física, de forma que os alunos possam acessá-los em qualquer horário, não somente em aula;
- 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;

- Contribuir para o fortalecimento das tecnologias no ensino, pesquisa e extensão, na área de desenvolvimento do projeto.

Segundo Silva *et al* (2013, p.5), “deste modo, à aplicação deve acrescentar os recursos disponibilizados e não simplesmente substituir à didática”.

A conclusão mostra como é desafiador tanto para a parte tecnológica como pedagógica. A popularidade de dispositivos móveis e a possibilidade de acesso em qualquer lugar e momento, transforma a “m-learning” em uma alternativa viável, com o potencial de enriquecer o ensino e aprendizagem. E de acordo com Silva *et al* (2013, p. 5), com o objetivo de “ampliar as oportunidades educativas, aumentando o acesso de estudantes e professores aos conteúdos educacionais”, indo além do ambiente escolar tradicional.

O interessante nesse trabalho é o fato de buscar a interação com os alunos a partir de um meio que está em seu cotidiano, já que atualmente muitos deles possuem “smartphones”. Esta nova realidade permite o acesso ao estudo prático na realização de experimentos remotamente, onde estiverem e no horário mais oportuno. Mostra o desenvolvimento do processo de construção do experimento, controle e interface para seu acesso, apontando as necessidades que englobam o laboratório remoto tanto na parte física e virtual como na parte de ensino.

3.3.2. Vantagens e desvantagens

Considerando os aspectos analisados nos artigos e observadas as características positivas e negativas na experimentação remota, fez-se uma reflexão sobre o laboratório remoto, se é ou não vantajoso. Começando pelas vantagens, pode ser apontado como seu maior benefício o fornecimento de mais uma alternativa de aula para os professores utilizarem em sala e para os alunos poderem estudar.

Tendo em vista que muitos colégios não possuem laboratórios ou os possuem, mas são inadequados, seja por não atender à demanda de alunos ou pela insuficiência de materiais, o experimento remoto consegue suprir esses problemas, pois pode atingir um número muito maior de alunos e substitui a necessidade dos aparatos e materiais dos laboratórios presenciais.

Em relação aos alunos, a forma remota de realizar a tarefa permite que os próprios estudantes façam seu horário de estudo, permitindo que o experimento possa ser acessado diretamente de suas casas ou mesmo como é comentado em um dos artigos, que pode haver o acesso, desde que haja conexão com a internet, dos próprios celulares no lugar em que a pessoa se encontrar. E dessa maneira não há a necessidade de agendamento de horários para utilizar um laboratório presencial ou se deslocar de um ponto ao outro.

Em relação ao laboratório em si, o modo remoto não precisa de um espaço e estrutura muito grande. Já que é possível em um único espaço dispor de um número elevado de equipamentos, aproveitando ao máximo a estrutura e otimizando o serviço de experimentação remota. Como não há o contato direto das pessoas em relação ao experimento, ocorre a prevenção de quebras e perdas dos materiais por descuido ou despreparo de quem estiver manuseando. Mesmo tendo um custo mais alto em sua construção, a manutenção será mais barata.

Outra vantagem é o fato de ser um experimento real, somente realizado remotamente. Assim, quando o aluno estiver acessando o laboratório, todos os dados obtidos experimentalmente serão dados reais a partir de fenômenos reais. Que leva ao pensamento crítico ao se deparar com resultados esperados e principalmente com os não esperados, pois durante o processo de verificação são considerados os erros que ocorrem, seja o erro cometido pelos próprios alunos ou mesmo dos aparatos e das medidas. Construi-se assim, um aprendizado mais significativo.

As maiorias das desvantagens estão relacionadas ao funcionamento do laboratório, devido a um rol de itens exigidos para seu funcionamento adequado. Na parte física, dependendo do experimento, é muito difícil torná-lo interativo, limitando-o e o transformando em algo apenas demonstrativo. É necessário destacar a importância do planejamento e construção, de modo que o aluno possa de fato

interagir com o laboratório, bem como importante se lembrar das questões relacionadas ao acionamento dos comandos, que requerem hardwares e softwares adequados e suficientes para controle das operações.

Não menos importante é lembrar que a realização desses experimentos se dá mediante a conexão em rede, portanto é indispensável o acesso à internet e uma banda larga que suporte a conexão com o laboratório remoto.

Muitos colégios, principalmente os públicos, sofrem com o acesso à internet, pois geralmente são de baixa qualidade. Logo, os estudantes podem ter dificuldades para realizar o experimento ou para visualizá-lo em tempo real. Como o laboratório será acessado por muitos computadores ou dispositivos móveis, também há a necessidade de um servidor que suporte esse grande número de acessos, de forma a permitir o compartilhamento de dados e recursos adequadamente.

Dessa maneira, mesmo com todos os benefícios equivalentes, os laboratórios remotos possuem uma preocupação a mais do que os presenciais, pois requerem cuidados e manutenção preventiva da parte virtual do sistema, para que sempre estejam funcionando corretamente e permitam o acesso a qualquer momento e onde o estudante estiver.

3.4. Semelhanças e diferenças

Nesta seção serão discutidas as semelhanças e diferenças entre os laboratórios presenciais, virtuais e remotos, tanto em relação à estrutura para o seu funcionamento como em relação à metodologia das aulas. Com o objetivo de fazer uma reflexão sobre o que influencia a qualidade das aulas experimentais, a fim de entender um pouco mais sobre o ensino prático e suas repercussões.

3.4.1. Estrutura e investimento

Em relação à estrutura os laboratórios são bem distintos, isso porque um possui apenas a parte física, outro possui apenas a parte virtual e um terceiro apresenta ambas as partes. Desse modo possuem muitas diferenças entre si, começando pelo custo de desenvolvimento de cada um.

O presencial possui um alto custo na aquisição de material, tanto pelo fato de os aparatos de boa qualidade e duráveis serem de um preço mais elevado, como pela necessidade de possuí-los em número suficiente para atender a demanda de alunos. Com o manuseio, os materiais tendem a se desgastar, chegando ao ponto de não serem mais confiáveis, ou por descuido serem danificados, não sendo mais utilizáveis. Assim, o custo de manutenção e reposição pode ser bem elevado, fazendo a despesa ser superior se comparada às outras formas de experimentação.

Para armazenar, guardar e atender às turmas, que normalmente são em grande número, é preciso de uma estrutura física que suporte a quantidade de aparatos e alunos, gerando uma despesa a mais na construção ou locação de espaço, bem como a manutenção da limpeza do espaço.

O laboratório virtual difere bastante dos demais, pois não possui uma estrutura física. Portanto não apresenta os mesmos tipos de gastos comparados ao presencial, apresentando certa similaridade com o remoto.

Para desenvolvê-lo é necessário um computador capaz de produzir programas com qualidade, ou seja, os experimentos virtuais são softwares elaborados para simular um fenômeno, seja ele físico, químico ou de outra matéria. Logo o custo inicial será o de realizar esse software, sendo que para simulações mais simples o custo pode ser pequeno, mas para as mais complexas podem chegar a um custo bastante elevado, exigindo muito trabalho por parte de seus programadores.

Os colégios têm um custo inicial relacionado ao investimento em uma sala de computadores, que atenda a demanda dos alunos e que possua acesso à internet com qualidade. A longo prazo será consideravelmente mais econômico comparado

aos outros laboratórios, tanto presencial como remoto, tendo em vista que, uma vez pronto o programa, suas atualizações ocorrerão em longos períodos de tempo. Para os colégios haverá o custo de manutenção da sala e, às vezes, uma tarifa pela licença do programa, entretanto há muitos sites que disponibilizam simuladores gratuitamente, como o PhET Colorado, de modo que mostra ser mais vantajoso do ponto de vista econômico, graças ao possível acesso gratuito em sites destinados a esse tipo de atividade.

O experimento remoto é o único que possui despesas tanto no âmbito físico como no virtual, podendo parecer em primeiro momento, que apresenta o maior custo. Isso porque possui um custo inicial maior na parte física, pois além da aquisição dos aparatos e materiais é preciso investir nos comandos, responsáveis pelo experimento a ser realizável de forma remotamente possível.

Há os gastos também relacionados ao espaço em que os aparatos irão ficar por parte da instituição desenvolvedora e para os colégios, bem como com a sala de computadores e dispositivos móveis.

Para que a parte virtual seja possível, o gasto inicial também será maior se comparado ao experimento virtual, pois se necessita de mais que um software para o seu desenvolvimento. Precisa-se de vários componentes, como os hardwares, processadores e servidores que possibilitem tanto a transmissão como também a interpretação e atendimento aos comandos acionados, para que suporte os acessos e não sobrecarregue o sistema, de modo que funcione corretamente.

A longo prazo o laboratório remoto mostra ser mais econômico que o presencial, pois como não há o contato direto com o estudante, a vida útil do aparato é aumentada e desse modo faz com que a manutenção seja mais fácil e barata.

Observando essas características da estrutura junto ao investimento que cada um acarreta, percebem-se como os laboratórios necessitam de altas quantias de dinheiro, sendo esse o principal motivo da inexistência de laboratórios em colégios públicos. Dessa maneira os experimentos virtuais e remotos apresentam uma semelhança crucial para as atividades práticas nas escolas e universidades, que os diferem do presencial.

No laboratório presencial as instituições têm que arcar com os custos sozinhas, enquanto que em relação ao virtual e o remoto não, pois dizendo de uma forma mais simplista, há dois investidores. O que produz o material e aquele que o utiliza. Assim o que produz faz o investimento inicial e de manutenção, e os que utilizam, os colégios e as universidades, por sua vez têm gastos com os equipamentos de acesso e nas situações de não gratuidade, pagam pelo acesso. O que faz destes mais baratos que o presencial, devido apresentar menor gasto de utilização e dando retorno financeiro para os que o produziram.

3.4.2. Manuseio e prática

Em relação às aulas em si, cada laboratório apresenta certas peculiaridades, porém não diferem em relação ao objetivo de proporcionar um meio de aprendizado. Como cada um é realizado à sua maneira, os alunos têm que ser instruídos corretamente quanto ao manuseio para obter bons resultados. É discutido neste tópico como ocorre e de que maneira se dá a aula de atividade prática em cada caso.

As aulas presenciais podem ser tanto demonstrativas como verdadeiramente práticas, permitindo que os próprios alunos realizem os experimentos. Quando se trata de uma demonstração, não difere da virtual e do remoto, pois é apenas o professor que está a realizar o experimento simplesmente mudando o meio de ocorrência do fenômeno. Quando os alunos são os experimentadores, a aula ocorre de forma totalmente diferente, já que permite o toque direto e controle dos aparatos. Terão que fazer a montagem, os ajustes, as medidas e anotações.

O modo comum dessas aulas é dispor os alunos em grupos, em torno de quatro pessoas, e por meio de roteiros um objetivo deverá ser alcançado. Alerta-se para o cuidado com este formato, pois algo que deveria apenas direcionar a atividade pode acabar prejudicando o aprendizado, considerando que ao direcionar os alunos a simplesmente seguir uma receita, não estimula a reflexão e a discussão.

Deixar os próprios estudantes ajustarem o experimento para que funcione corretamente e serem os responsáveis por fazer a medição e anotação dos dados, também pode gerar todos os tipos de erro. Como erros rudimentares, grosseiros ou de flutuação. Erros esses relacionados ao manuseio dos aparatos de forma inadequada como o erro presente nos equipamentos de medição, a diferença dos valores medidos e assim por diante. Por isso o modelo presencial requer uma montagem cuidadosa e a realização da prática quantas vezes for preciso, para que se obtenha o maior número de dados para chegar a um bom resultado.

As aulas em ambiente virtual são bem diferentes do presencial e remoto em questões visuais e de resultados, justamente por se tratar de simulações. Não permite o toque e restringe a comandos acionados no computador.

Logo, a estrutura em que os alunos se encontram é uma sala de informática e não um laboratório de ciências. Dessa maneira a dinâmica acaba sendo alterada e na maioria das vezes, os alunos ao invés de trabalhar em grupos são dispostos em duplas, não havendo excesso de pessoas em um único computador.

Isso diminui a interação entre eles e resume a discussão a poucos estudantes durante o processo da atividade. O presencial apresenta muito mais liberdade que o virtual, já que os alunos podem alterar a maneira do experimento o quanto for possível. Enquanto no virtual está limitado a comandos pré-estabelecidos, ficando o

aluno preso às situações que o simulador fornece. As aulas por esse meio tendem a ser realizadas por meio de questionários, direcionando os estudantes a se colocarem na situação requerida e acionar os comandos a fim de responder às questões.

Quando os experimentos são realizados remotamente há características ora semelhantes com o presencial e ora semelhantes com o virtual, por estar trabalhando com duas estruturas ao mesmo tempo. As aulas ocorrem em salas de informática como no virtual, dispondo os alunos de mesma maneira, geralmente em duplas. Na parte experimental em si, os laboratórios são montados de forma a estarem sempre prontos para o uso, não havendo a necessidade similar aos presenciais, de montagem e ajustes dos equipamentos. A não ser que a estrutura seja montada com a configuração que permita essas alterações, mas isso é fora do comum. Desse modo a aula flui mais rápido, entretanto esse fato não significa que seja melhor, pois apenas permite que os alunos possam ir direto às ações e à coleta dos dados.

Diferentes do virtual, em que mesmo sendo realizados por meio do computador, os dados coletados são reais como no presencial, o que acarreta as mesmas formas de erros. Há a necessidade de reproduzir o experimento, buscando dados suficientes para um bom resultado. Entretanto, ainda que seja um fenômeno real, os recursos são limitados como no simulador. É apenas um número fechado de ações, que dependendo do experimento pode atingir uma ação até seu limite possível. Com isso as aulas ocorrem tanto por meio de roteiros e ou por meio de questionários, para que sirva de direcionamento da prática.

Analisando estas três maneiras de aplicar uma atividade experimental, observa-se como possuem atributos tão particulares ainda que tenham os mesmos objetivos. O meio em que se está trabalhando influencia diretamente a interação, tanto dos alunos, entre eles, como com o experimento em si.

O laboratório que demonstra ter maior interesse e estímulo é o presencial, por abranger mais possibilidades e possuir grupos maiores para discussão durante a aula. O virtual se mostra como o menos estimulante. Por ser uma simulação acaba por não ser tão interessante para a maioria. O remoto incentiva por ser um fenômeno real, porém pode gerar receio entre os estudantes pelo fato de estar sendo realizados por meio de computadores ou dispositivos móveis, bem como pode ser um desestímulo pelas limitações de comandos.

3.4.3. Resultados

Os resultados obtidos podem ocorrer de maneiras semelhantes, dependendo dos objetivos que os professores esperam com as atividades. Entretanto como a prática em si possui diferenças, há a necessidade de se adaptar em relação à análise dos dados, isso porque em cada experimento a coleta de dados e, o dado fornecido, podem ser exclusivos para o presencial, virtual ou remoto.

O laboratório presencial é o mais sujeito a erros, isso porque conta tanto com os aparatos como o manuseio destes por pessoas. Como referido na seção anterior, nesse caso estarão sujeitos aos erros rudimentares, grosseiros ou de flutuação. Deduz que sempre haverá um deslize no resultado final, apresentando um desvio do valor esperado. Logo, a análise dos dados se torna bem mais elaborada, permitindo que o aluno se depare com a teoria dos erros, que normalmente não é muito explorada no Ensino Médio, que via de regra se detém na construção de gráficos e análise do fenômeno.

Um dos problemas de se apresentar o produto final almejado, como por exemplo, a aceleração da gravidade, é a manipulação dos dados, na busca do resultado mais próximo possível do esperado, no desejo de conquistar uma boa nota para o relatório. Infelizmente muitos pesquisadores também fazem isso, manipulam os dados a fim de obter o melhor resultado. No experimento virtual, isso não ocorre, devido aos dados programados exibirem o que já é esperado.

Esse fato de o virtual mostrar continuamente o mesmo resultado, o faz ser o mais diferente, entre as três formas de atividade prática, pois representa um fenômeno real por meio de uma simulação. Assim todos os dados obtidos pela experimentação serão sempre os mesmos para as determinadas situações, pois foram estabelecidos durante a elaboração do programa para que, sucessivamente, apresentasse o mesmo resultado, independentemente do número de reproduções. Fazendo com que seja o único a não apresentar erros de aparato ou de medida, a não ser que o programa exiba algum problema que o faça ter “bugs”, que são defeitos inesperados. Em tese, o único erro seria a realização do experimento de forma incorreta, mas aí se consideraria como uma falha de manuseio.

A análise dos dados demonstra a necessidade de um *modus operandi* bem calculado, que respeite as limitações do experimento e não deixe dúvidas que se trata de uma simulação, que permite o estudante possa avaliar e comparar com a realidade.

A partir desse tipo de laboratório, em determinadas simulações, é possível a construção de gráfico e a análise e discussão dos fenômenos, tal e qual no modelo presencial e ou remoto.

Já em relação ao remoto, pode-se dizer que é muito mais semelhante ao presencial do que ao virtual. Por ser um experimento real, os dados obtidos durante a atividade serão todos frutos da observação e controle dos alunos. Portanto, sujeito a erros, seja do aparato, de medida e de manuseio. Permite uma experiência bem próxima à do presencial, justamente pelo fenômeno estar acontecendo de fato e não sendo uma mera simulação.

Tendo em vista que é realizado remotamente, também requer certos cuidados durante as análises, pois os ângulos específicos e os comandos limitados podem influenciar no aprendizado, já que restringe as possibilidades. De modo que os professores devem explorar essas características não contempladas no experimento, a fim de estimular ainda mais as discussões e investigações sobre o fenômeno estudado.

Compreendendo as características de cada laboratório, pode-se entender que os resultados dependem tanto do que o experimento proporciona, como dos objetivos que os educadores querem alcançar. Os experimentos apenas demonstrativos tem o caráter de validar certas teorias, mostrando que tanto o presencial, o virtual e o remoto, são interessantes e proporcionam aprendizado com a metodologia adequada. Os de caráter investigativo, que buscam atestar um dado, mostram melhores resultados, pois estimulam a ação dos próprios alunos. Observa-se que uma metodologia adequada e apropriada, independentemente do meio utilizado, permitirá um aprendizado de boa qualidade.

4. Proposta de experimento para a aplicação

Até este momento foi discutido como são elaboradas e aplicadas as aulas em laboratório nos meios presencial, virtual e remoto. A partir desta discussão, foi efetuada uma proposta de atividade prática para cada situação, a fim de analisar seu desenvolvimento, a sugestão da metodologia a ser utilizada, bem como os conteúdos que poderão ser abordados acerca do tema escolhido.

Desse modo, tem-se em mente que todas as aulas têm o propósito de ensinar, discutir e repassar conteúdos teóricos e práticos. É fundamental, para uma boa aula, a etapa de preparação e definição de seus objetivos, gerais e específicos.

Claro que ao longo do percurso as aulas podem e devem tomar outros rumos, entretanto os alunos precisam de um direcionamento para que as discussões não tomem caminhos indesejados. O tema escolhido para ser trabalhado é o da indução eletromagnética e corrente induzida, que pode contemplar tanto conteúdos relacionados ao dia a dia, como os conteúdos de física moderna.

Este tema permite amplas discussões sobre elétron, corrente elétrica, campo elétrico e magnético, indução e aparelhos que se utilizam dessa teoria, entre outros tópicos, que podem ser aprofundados.

O experimento selecionado é a indução de uma corrente elétrica em uma bobina, por meio de um ímã e um galvanômetro, a fim de averiguar a variação da corrente.

Considerando os questionamentos que surgem naturalmente durante o experimento, uma das finalidades é estimular a discussão entre os alunos e analisar as ocorrências observadas quando se aproxima ou se afasta o ímã da bobina e incitar sua percepção sobre como esses resultados estão interligados ao cotidiano.

Embora seja um experimento que oferece condições para ser utilizado no Ensino Superior, pois permite análises físicas e matemáticas, o foco aqui é direcionado ao Ensino Médio com o intuito de não se prender a contas matemáticas e equações, bem como permitir que adentrem com maior atenção também nos conceitos e teorias.

Esse é um ponto muito importante, pois implica em escolher uma atividade adequada e de como ensinar por meio deste, para que todos tenham um bom aproveitamento da aula. Desse modo os alunos podem participar e se envolver na realização do experimento, fazendo com que aumente o interesse e busquem por si mesmos o entendimento do fenômeno.

Esclarecido isso, passa-se agora ao experimento.

4.1. O experimento

O experimento de indução eletromagnética tem como propósito averiguar a variação de corrente em uma bobina, a partir da aproximação de um ímã. A eletricidade e o magnetismo se desenvolveram de maneira bastante independente, até o momento em que pesquisadores observaram uma possível ligação entre os dois objetos em estudo. Oersted foi um dos primeiros a apontar esta relação com a pesquisa, publicada em 1820, ao movimentar a agulha de uma bússola com a corrente elétrica passando em um fio.

Posteriormente surgiu a teoria de que um fio condutor seria capaz de criar um campo magnético⁴ à sua volta. Outros pesquisadores como Biot-Savat, Faraday e Maxwell, com suas pesquisas, consolidaram a teoria do eletromagnetismo, perdurando até os dias atuais.

Esta atividade fará o processo inverso, como algumas pesquisas de Faraday, que ao aproximar dois circuitos elétricos, percebeu que no momento em que um deles era ligado ou desligado, aparecia por um instante de tempo uma corrente no outro circuito. Para constatar que tal fenômeno era ocasionado pelo campo magnético aproximou um ímã e pode observar o aparecimento de corrente elétrica. Essa corrente só se mantinha com o ímã em permanente movimento, sendo que o sentido da corrente depende do sentido em que se movimenta o ímã, ou seja, seguindo um sentido com a aproximação do ímã ou no sentido contrário quando o ímã se afasta.

Interpretou-se que a variação do fluxo magnético que atravessa a bobina produz uma força eletromotriz induzida, fazendo com que apareça uma corrente elétrica induzida. Faraday para poder visualizar os campos elétricos e magnéticos, imaginou as linhas de campo.

Com o intuito de ajudar a interpretar a variação do fluxo, elétrico ou magnético, que se acredita ocorrer, as linhas orientadas servem para demonstrar a direção e sentido do campo em cada ponto.

Essa maneira de pensar foi aceita e utilizada pelos cientistas após sua morte, sendo que sua importância pode ser claramente percebida pelo fato de Maxwell ter dado a seu primeiro artigo, de 1856, o título “On Faraday’s lines of force”.

A seguir serão apresentadas as sugestões de experimento de indução eletromagnética para cada laboratório.

⁴ Oersted defendia a relação entre corrente agir sobre corrente, assim a teoria do campo magnético agir sobre a eletricidade veio algumas décadas após a sua publicação de seus resultados a partir de outros pesquisadores.

4.1.1. Laboratório Presencial

I. MATERIAIS

- Galvanômetro de zero central;
- Bobinas;
- Ímãs;
- Cabos;
- Fonte de corrente contínua ou alternada adequada para a bobina escolhida;
- Pontas de jacaré para o cabo.



Figura 2: Galvanômetro da empresa 3B Scientific.



Figura 3: Bobina de fio de cobre da empresa Trancil.



Figura 4: Ímã de neodímio da empresa Casa do Ímã.



Figura 5: Fonte de corrente da empresa Instrutemp.



Figura 6: Cabos com pontas de jacaré da empresa Hayamax.

Os componentes podem ser encontrados em preços variados, dependendo da qualidade de seus materiais. Como muitas empresas não disponibilizam os valores de seus produtos, a não ser por meio de uma solicitação do cálculo de orçamentos, até mesmo a elaboração de uma estimativa dos custos é bastante complicada.

Para o galvanômetro verificou-se uma boa variação em seu valor, oscilando de quarenta reais até trezentos e noventa e um reais, como o da ilustração da empresa 3B Scientific (Figura 2).

Essa diferença de preço, além da relação com a qualidade do material, pode ser provocada pela escala de produção abrangida, bem como da tecnologia utilizada, se analógica ou digital.

Quanto às bobinas, há muita variação nos preços, devido ao número de espiras e seu diâmetro, contando muito a metragem do fio (Figura 3, p. 57). Por isso para realização do experimento, é muito importante a checagem das condições das bobinas desejadas.

Os ímãs dependem da qualidade do material que são feitos, variando a intensidade do campo magnético. Foram encontrados ímãs com valores de vinte e um a duzentos e noventa e um reais. A figura de um ímã de neodímio da casa do ímã é o de valor de vinte e um reais (Figura 4, p. 57). Mostra-se ser vantajoso por possuir um campo magnético suficiente para o experimento.

As fontes de corrente superam a casa dos mil reais, sendo um dos aparatos mais caros. Como a fonte da figura 5 (p. 57) que custa cinco mil, oitocentos e noventa e nove reais. Entretanto pode ser usada em diversos experimentos, considerando como investimento para futuras ocasiões. Também pode ser substituída por uma bateria, caso não haja a necessidade do controle da tensão. Os cabos e pontas de jacaré podem ser encontrados por preços mais em conta, com conjuntos indo na faixa de seis a trinta reais (Figura 6, p. 57).

II. MONTAGEM

A montagem será executada conforme as situações desejadas, acrescentando ou retirando os aparatos, de modo que seja alterado a cada problema proposto. Assim, na primeira situação que o sistema se encontra é o da bobina conectada com o galvanômetro em série (Figura 7), para que se possa notar as variações de corrente no solenoide.

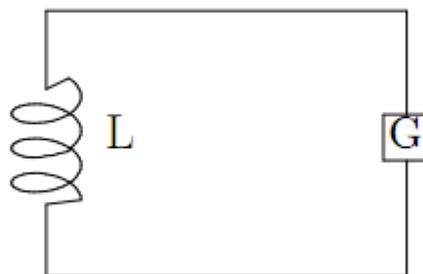


Figura 7: Circuito contendo uma bobina (indutor, L) e um galvanômetro (G).

Na segunda é acrescentada uma segunda bobina ao sistema, entretanto não é colocada em série com a primeira e o galvanômetro (Figura 8, p. 59). Estando colocada fora do circuito.

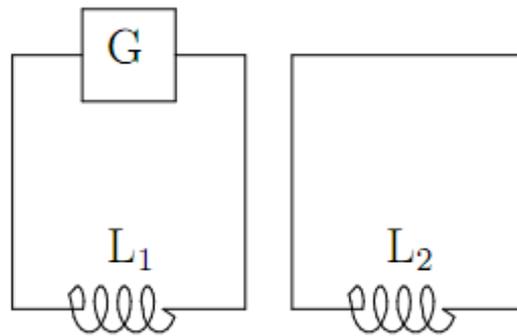


Figura 8: Circuito de bobinas alinhadas, sem uma fonte conectada.

Na última situação é conectada em série a fonte na segunda bobina (Figura 9), com o intuito de fazer um eletroímã.

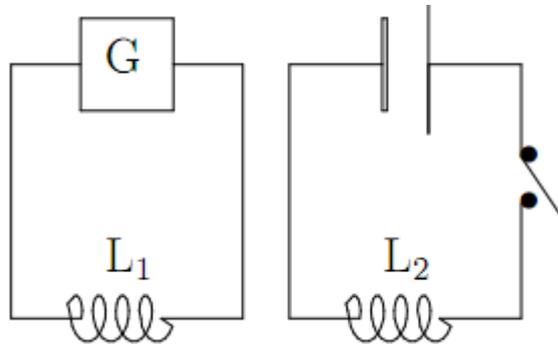


Figura 9: Circuito de bobinas alinhadas, com uma fonte conectada.

III. PROCEDIMENTOS

A partir das três situações de montagem é possível explicar alguns procedimentos possíveis, utilizando os materiais já citados.

No primeiro sistema que se encontra apenas uma bobina, com um dos lados do ímã são feitos movimentos contínuos de se aproximar e de se afastar. Induzindo uma corrente elétrica nas espiras, sendo notada por meio do galvanômetro. Logo em seguida, troca-se o lado do ímã para que seja observado se ocorre alguma alteração. (Figura 10).

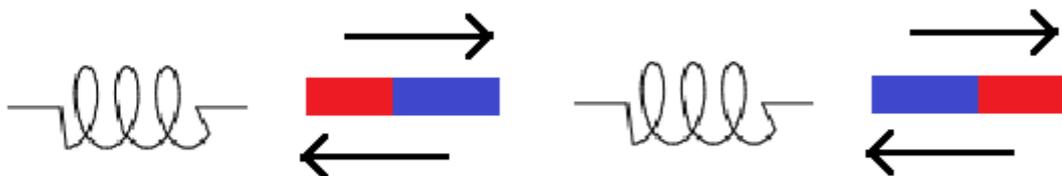


Figura 10: Ímã sendo movimentado, logo em seguida invertido seu polo e movimentado novamente.

No segundo circuito que possui uma segunda bobina, é realizado o mesmo procedimento que no primeiro (Figura 11). Entretanto é feito com a segunda bobina, que não está conectada com o galvanômetro. Para que se perceba que um solenoide induzido também pode induzir corrente elétrica em outro.

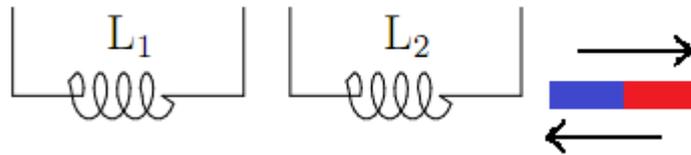


Figura 11: Ímã sendo movimentado próximo a segunda bobina.

No terceiro circuito é conectada uma fonte de corrente alternada na segunda bobina (Figura 12), não havendo mais a necessidade do uso do ímã, pois tem como propósito utilizar um eletroímã para observar a indução neste caso, ligando a fonte para que passe corrente na bobina.

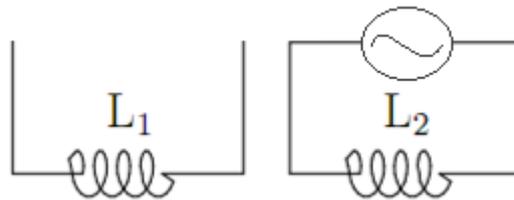


Figura 12: Segunda bobina conectada a uma fonte de corrente alternada.

4.1.2. Laboratório Virtual

I. MATERIAIS

Por se tratar de um experimento virtual, não há materiais físicos no laboratório, entretanto há a necessidade de um computador para acessá-lo. Assim para a realização do experimento as seguintes condições são necessárias:

- Computadores com acesso à internet;
- O software instalado do Java Oracle atualizado;
- O link para acesso ao experimento.

De certo modo pode-se dizer que para os colégios os gastos são mínimos, pois os computadores podem ser utilizados de várias maneiras e não com um único propósito experimental.

II. MONTAGEM

Novamente não há uma montagem física, porém há passos que precisam ser observados para conectar-se aos aplicativos. Para o desenvolvimento destes simuladores é necessário a criação de softwares que serão responsáveis por simular e acessar a interface, entretanto como já existe um simulador de indutância eletromagnética, não será comentado tal desenvolvimento. Dessa forma serão demonstrado o passo a passo para utilização deste laboratório virtual.

- 1) Primeiramente deve-se dispor da versão atualizada do software do Java e providenciar sua instalação nos computadores. Pode ser encontrado gratuitamente no site do desenvolvedor (Figura 13):

https://www.java.com/pt_BR/download/

The image shows the 'Download Gratuito do Java' page on the official Java website. The page is primarily red and white. At the top, there is a search bar and navigation links for 'Fazer Download' and 'Ajuda'. The main content area features a large red button labeled 'Download Gratuito do Java'. Below this, there are links for 'O que é o Java?', 'Eu tenho Java?', and 'Precisa de Ajuda?'. The page also includes a section titled 'Por que fazer o download do Java?' and a footer with legal information and the Oracle logo.

Figura 13: Site para download do programa Java.

2) Para utilizar o laboratório escolhido é preciso acessar o site da Universidade do Colorado, citado anteriormente. Mais especificamente o site do projeto de simuladores online, no qual há experimentos virtuais em diversas áreas. Dessa maneira ao acessar o site, deve-se escolher a área da Física para encontrar os experimentos relacionados. São apresentados quatro links, no qual o primeiro é o link do site, o segundo o link dos simuladores, o terceiro link dos simuladores de física e o último o experimento em si:

1º link: <https://phet.colorado.edu>

2º link: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/new>

3º link: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>

4º link: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/faraday>

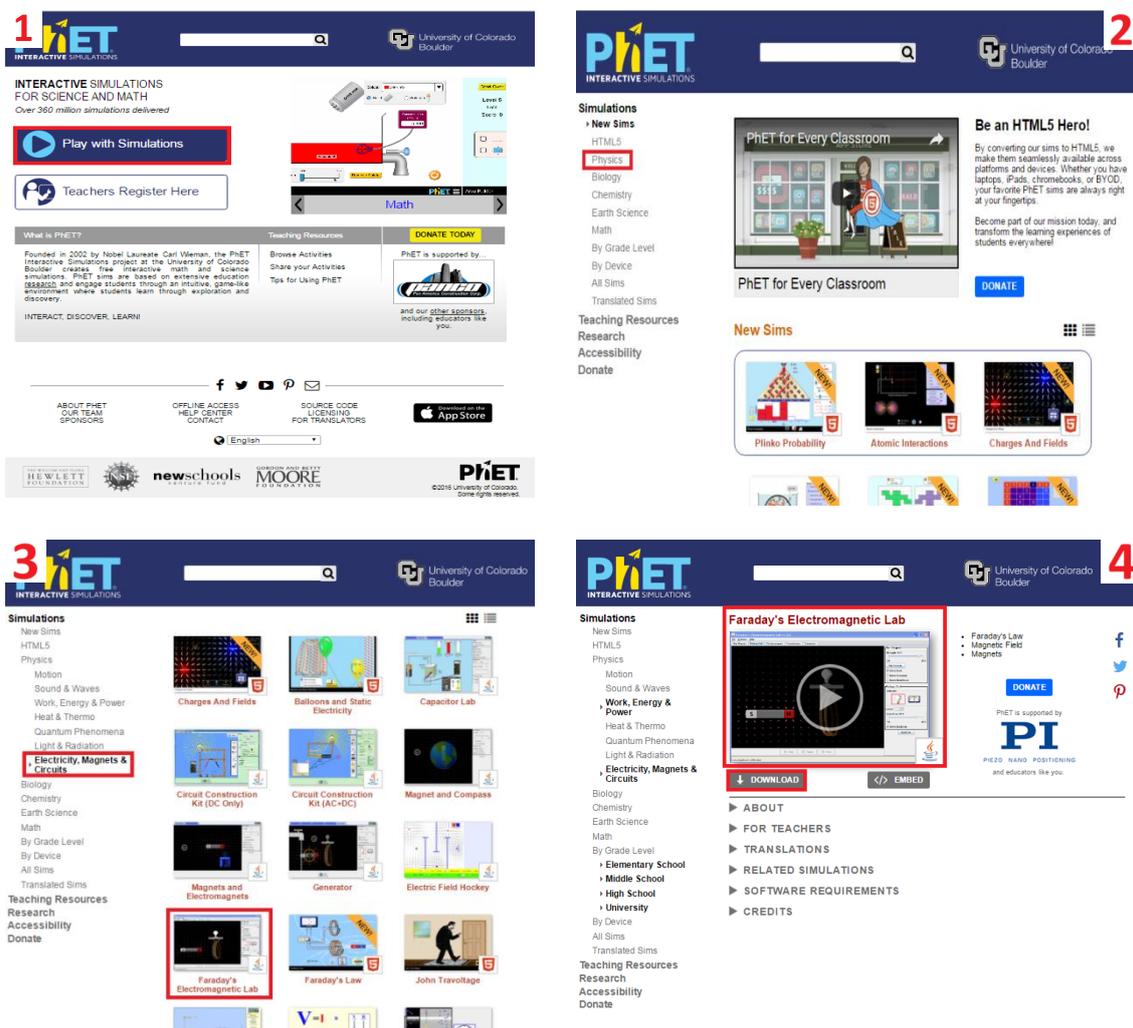


Figura 14: Sequência de passos para o acesso do experimento.

Seguindo a sequência numerada da esquerda para direita dos quadros, com sinalização em vermelho o caminho a ser percorrido (Figura 14). Caso ocorra algum problema em utilizar o simulador de maneira online devido ao navegador, é possível fazer o download. Com a vantagem de todo esse acesso ser de forma gratuita.

III. PROCEDIMENTOS

Este simulador em específico apresenta um bom número de possibilidades, com um designer bem arrojado, permite ao aluno realizar um grande número de ações e visualização dos efeitos e causas. O laboratório oferece cinco situações para se trabalhar: o ímã em barra, solenoide, eletroímã, transformador e o gerador. Sendo que o primeiro não será utilizado, por não envolver o experimento de indução eletromagnética e sim apenas o magnetismo, que pode ser utilizado para o entendimento da bússola.

Na segunda possibilidade, o Solenoide, há um ímã e um solenoide conectado a uma lâmpada, a qual é possível trocar por um medidor de tensão. É controlável tanto o ímã como o solenoide, aproximando-os ou afastando-os para observar o fenômeno da indução. Ainda permite ao usuário outras opções como o de mudar a intensidade do ímã, como mostrado na imagem abaixo (Figura 15).

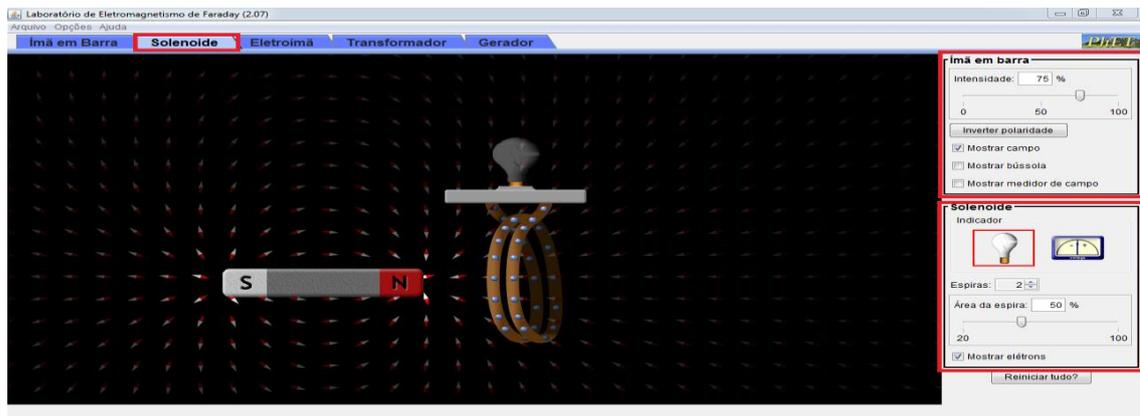


Figura 15: Experimento referente ao ímã e solenoide.

Na terceira possibilidade, o Eletroímã, é apresentada uma bússola e um solenoide conectado a uma pilha, que é o eletroímã (Figura 16). Novamente é possível movimentar ambos os objetos e controlar outras opções como a voltagem da pilha e o número de espiras do solenoide.

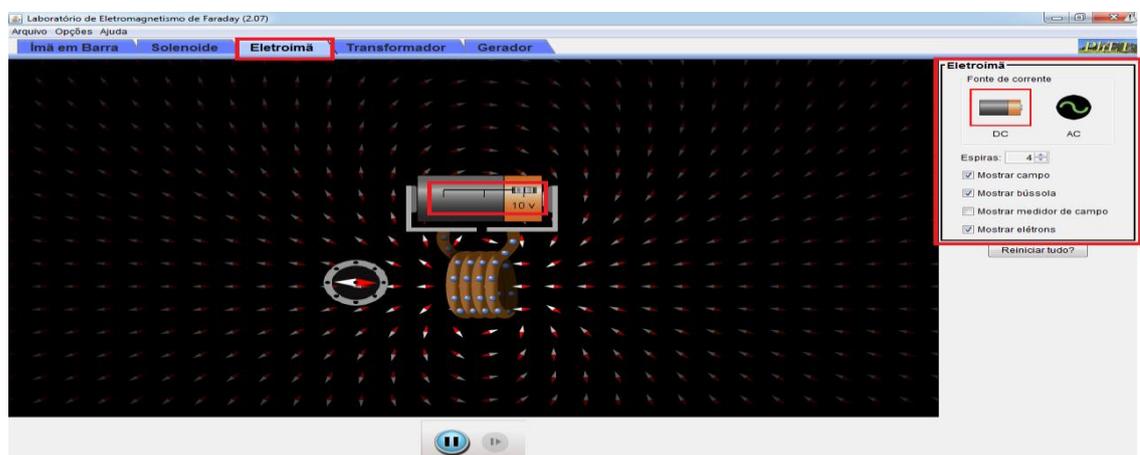


Figura 16: Experimento referente ao eletroímã.

Na quarta possibilidade, o Transformador, é apresentado um eletroímã e um solenoide conectado a uma lâmpada (Figura 17). Assim como nos anteriores é possível controlar a ambos e controlar a intensidade, mudando a voltagem da pilha ou o número de espiras.

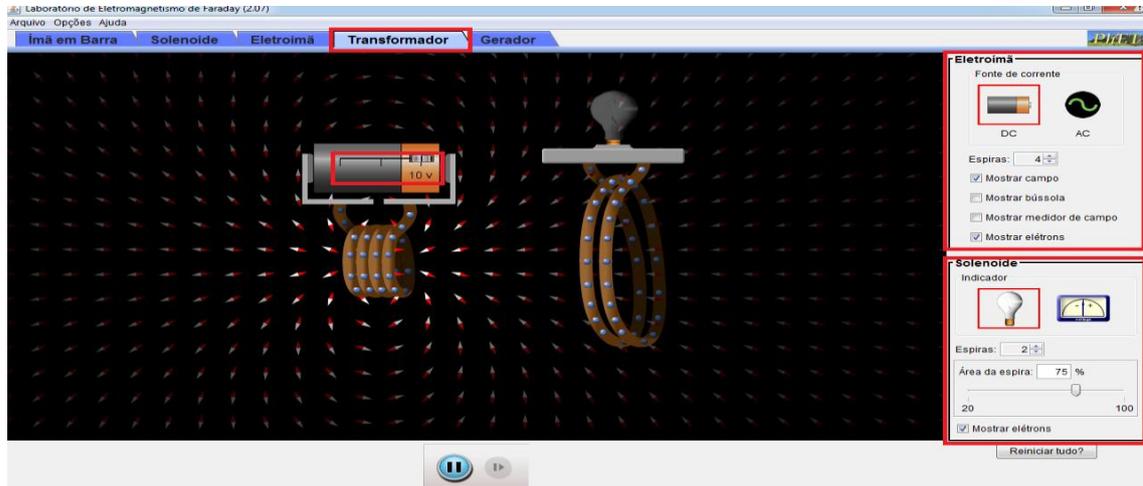


Figura 17: Experimento referente ao eletroímã e solenoide.

Na última parte fornecida pelo experimento, o Gerador, há uma torneira, um ímã acoplado em uma roda de água e um solenoide com uma lâmpada acoplada (Figura 18). Diferente dos outros, os objetos são fixos, não podendo mudar seus posicionamentos. Sendo permitido controlar a potência do fluxo de água na torneira, a intensidade do ímã e o número de espiras do solenoide.

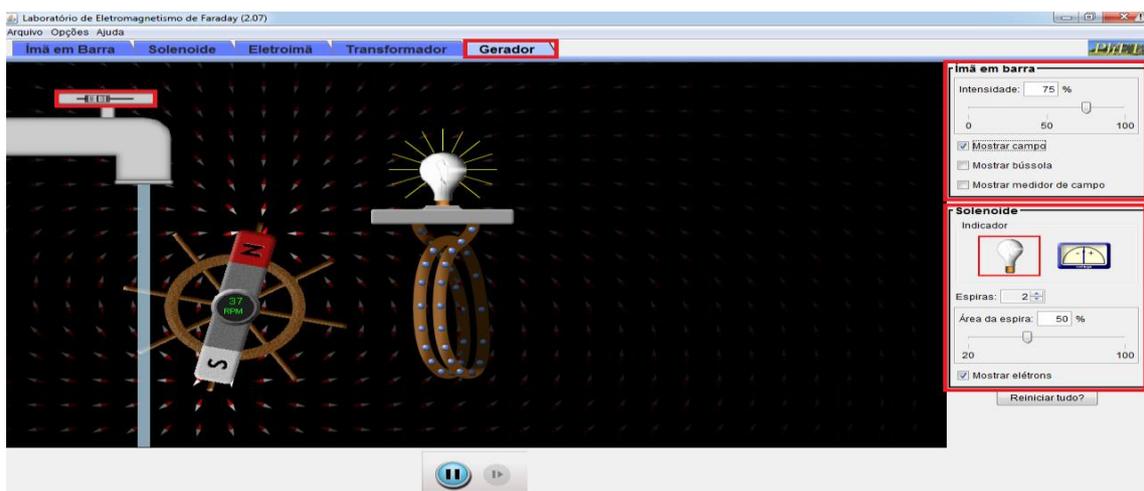


Figura 18: Experimento referente ao gerador de energia por indução.

4.1.3. Laboratório Remoto

Para o experimento remoto é necessário deixar claro que não está pronto para uso, pois durante o processo deste trabalho foi encontrado empecilhos que dificultaram tal desenvolvimento. Como também o pouco conhecimento em programação deste autor que lhes escreve, impossibilitando a construção de um software e um site ou aplicativo que permitisse o acesso remoto ao experimento de forma satisfatória.

Deste modo, nesta seção, foram elaboradas duas propostas para o mesmo experimento, que procura demonstrar uma solução para a parte mecânica do laboratório. Fazendo um breve comentário sobre a parte virtual e plataformas de acesso na parte de montagem. Para que sirva assim de inspiração para estudiosos na área desenvolverem e colocarem em prática, para que se tenha mais um laboratório à disposição dos futuros estudantes.

I. MATERIAIS

Para ambas as propostas, serão indispensáveis os seguintes materiais para o desenvolvimento destes experimentos:

- Dois galvanômetros de zero central;
- Duas bobinas;
- Um ímã;
- Cabos;
- Fonte de corrente contínua adequada para a bobina escolhida;
- Câmera filmadora;
- Computadores com acesso à internet.

A diferença entre os dois é a forma de controle do ímã, sendo um mecanismo distinto para cada um. Com a necessidade de materiais diferentes para a construção da parte física. Para o primeiro sugeriu-se controlar o ímã por meio de uma mola oscilante e o segundo por meio de um pêndulo. Logo, têm-se:

Experimento Remoto I:

- Mola oscilante;
- Fonte de corrente contínua;
- Suporte de material resistente para a mola.

Experimento Remoto II:

- Bastão de material resistente;

- Dois motores giratórios para controle do pêndulo;
- Suporte de material resistente para o pêndulo.

Portanto são estes os materiais suficientes para a estrutura física do laboratório. Entretanto, por ser remoto ainda há toda uma estrutura virtual a ser elaborada, mas como dito anteriormente, será apenas comentada durante a seção de montagem.

II. MONTAGEM

Experimento Remoto I:

Neste primeiro modelo o ímã será acoplado a uma mola, que fará o ímã oscilar na vertical. Com uma fonte elétrica conectada na bobina, ao ligá-la fará com que a mola se estique em direção ao eletroímã e ao desligá-la fará com que o ímã se movimente para cima e para baixo, que causará o fenômeno de indução de corrente elétrica no sistema, com o galvanômetro conectado na bobina para que seja averiguada a variação da tensão. No esquema abaixo é demonstrado de forma mais clara as disposições dos aparatos (Figura 19).

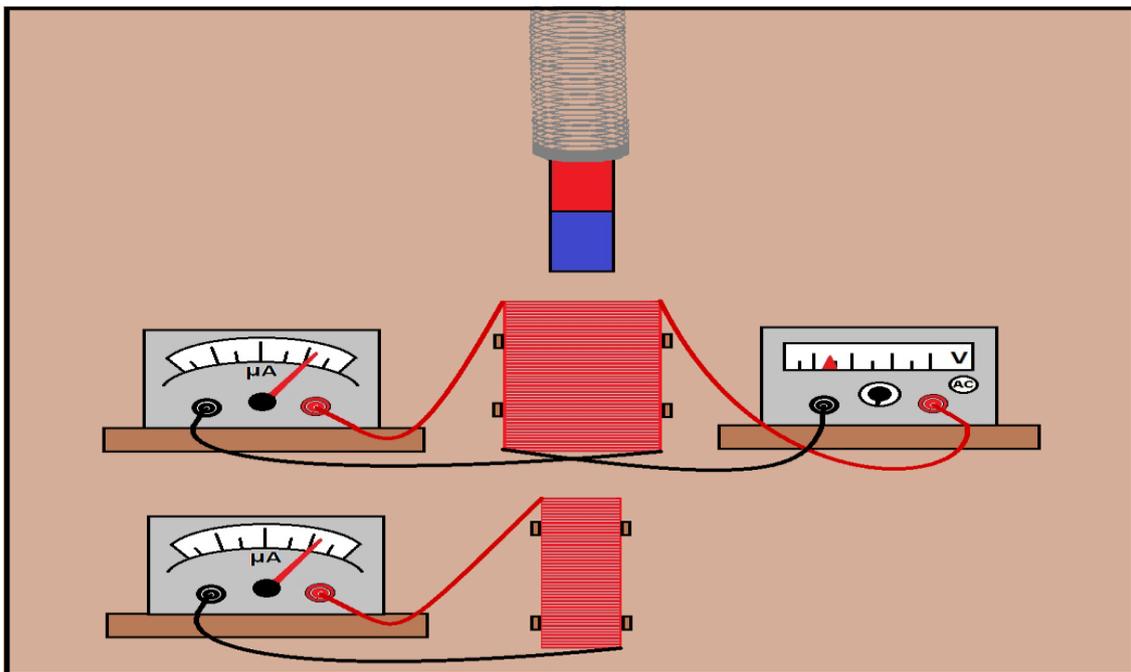


Figura 19: Esquema do experimento remoto I.

Observa-se que há uma segunda bobina abaixo, para que seja trabalhada a questão de o eletroímã induzir a corrente. Faz com que esta segunda precise de um galvanômetro também.

Experimento Remoto II:

No segundo modelo o ímã é acoplado ao pêndulo, permitindo que o movimento para frente e para trás com um dos motores e, com o outro para rotacionar em 180° o ímã, mudando o sentido do campo magnético (Figura 20). Induz assim a corrente elétrica, com o galvanômetro conectado na bobina para que seja detectada a variação da tensão. Diferente da primeira proposta a segunda bobina será colocada ao lado da primeira, juntamente conectada a uma fonte de energia elétrica, para que possam ser estudados também os fenômenos do eletroímã.

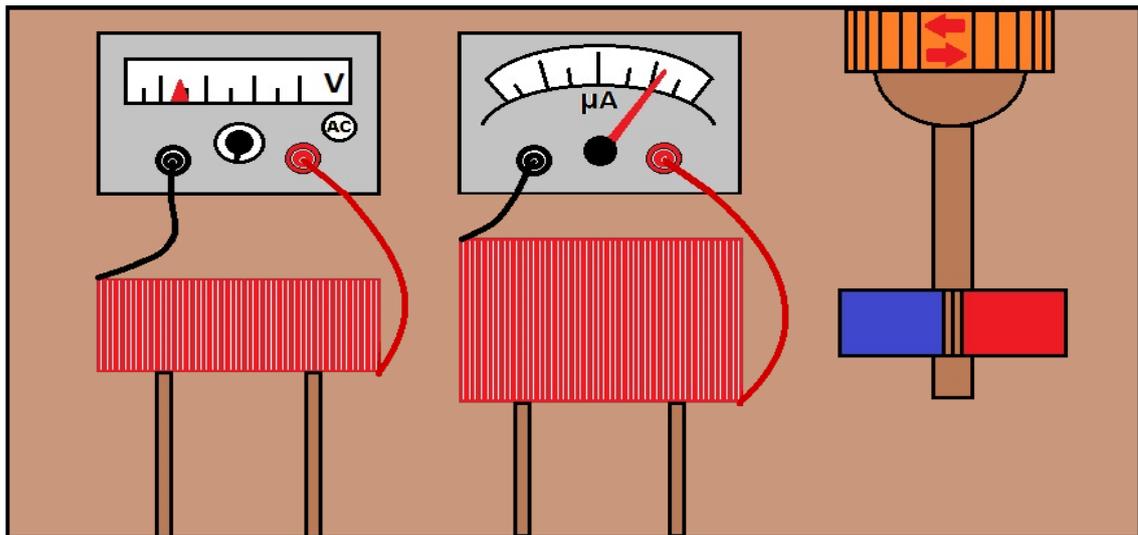


Figura 20: Esquema do experimento remoto II.

Parte Virtual:

Neste tópico faz-se um breve comentário sobre a parte virtual de um laboratório remoto, em relação aos softwares, plataformas e comandos. Desse modo verifica-se que para realizar um experimento remotamente, são indispensáveis programas que permitam o acesso em tempo real, bem como para enviar comandos ao laboratório. Logo é necessário desenvolver uma ferramenta e uma interface de acesso. Esses softwares são desenvolvidos por meio da “linguagem de programação”, que possibilita a criação dessas ferramentas e interfaces.

As linguagens de programação mais populares são: JAVA, principal linguagem utilizada para desenvolver aplicativos para dispositivos móveis; JAVASCRIPT, utilizada em navegadores de internet; PHP, muito utilizado no desenvolvimento de sites; C, muito usada para desenvolvimento de sistemas operacionais, integração com o hardware ou mesmo aplicativos; C++, bastante utilizado para o desenvolvimento de softwares para desktop; entre muitas outras linguagens.

Para isso são envolvidos muitos componentes físicos, como os hardwares e centrais de servidores, que farão o papel de desenvolvimento e de troca de

informações com os usuários (explicado de maneira resumida na seção 2.3.1. no segundo artigo sobre a arquitetura do laboratório remoto).

A pesquisa de Álvares *et al* (2003, p. 3) demonstra esse desenvolvimento por passos, com figuras que mostram de uma forma clara essas comunicações e funcionamento do laboratório remoto, conforme figura 21.

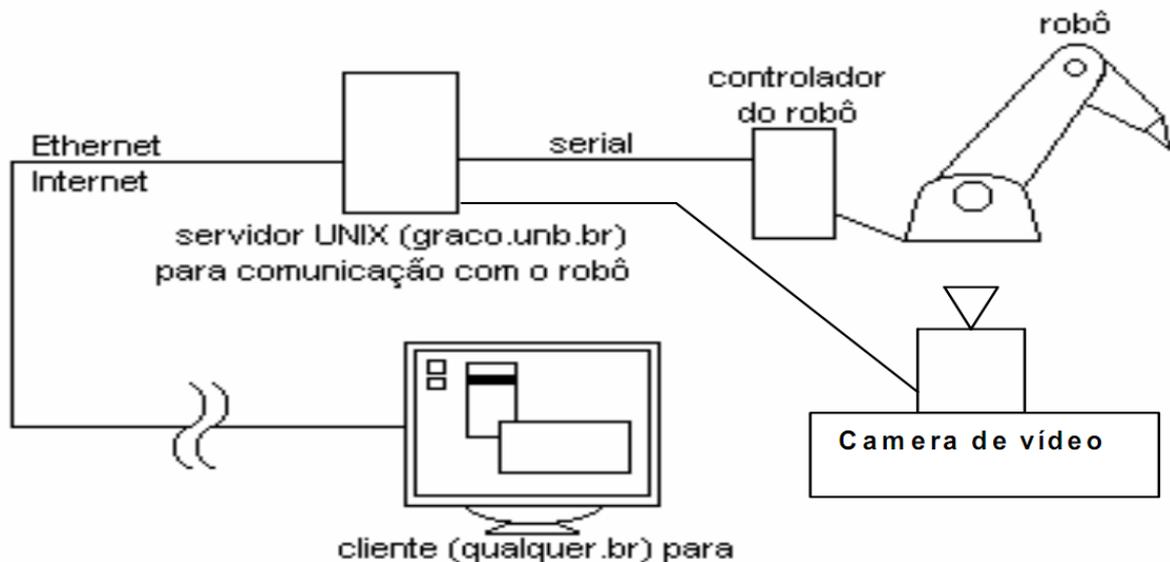


Figura 21: Arquitetura de Teleoperação de Laboratório Remotos.

Espera-se que mesmo de maneira curta e sucinta, seja suficiente para um entendimento simples da montagem de um laboratório remoto.

III. PROCEDIMENTOS

Experimento Remoto I:

Os procedimentos para esse experimento são bastante limitados, pois não há como colocar tantos comandos. Como se trata de um ímã acoplado em uma mola sem estar conectada em nenhum motor ou outro aparato para fazer com que a mola oscile, pensou-se em fazer com que o acionamento seja feito por meio da bobina. Desse modo é conectada na bobina uma fonte elétrica com o intuito de fazer um eletroímã que atraia o ímã e estique a mola. Desligar a fonte fará com que o ímã se movimente para cima e para baixo até que a oscilação da mola pare.

O segundo comando também está relacionado a ligar a fonte, só que ao contrário de atrair o ímã, o fará ser repellido. Assim o sentido da corrente deverá ser o contrário do primeiro caso. Nesta situação a fonte permanecerá ligada para que sejam observados os efeitos na segunda bobina, pois ao afastar o ímã não haverá

como ocorrer interação entre a bobina e o ímã. O fenômeno estudado neste caso é a indução elétrica por um eletroímã, ocorrendo apenas interação entre as bobinas.

Isso mostra as limitações encontradas para este experimento, entretanto é possível trabalhar as mesmas situações para com os outros meios, o virtual e o presencial, dependendo da metodologia escolhida pelo professor. Mais à frente será apresentada uma proposta de aula para o referido experimento.

Experimento Remoto II:

Para este já se encontra um número maior de possibilidades, entretanto ainda há limitações. Neste experimento, como o ímã está acoplado em um pêndulo com motores, há mais liberdade para as ações, como o de controlar o ímã para que se aproxime ou se afaste da bobina. Dependendo também da programação do motor é possível colocar o pêndulo em um estado de oscilação. Consisti em estes os primeiros comandos, de controlar o pêndulo a fim de movimentar o ímã e induzir a corrente elétrica no ímã. O segundo motor, que gira o pêndulo em 180° , faz com que sejam trabalhadas ambas as polaridades, aumentando o número de situações.

Com a segunda bobina conectada a uma fonte, são trabalhados os fenômenos do eletroímã, assim ao ligar a fonte é possível observar a variação da corrente com o galvanômetro na primeira bobina. O ímã permanece afastado de modo que não venha a interagir com o sistema. Ao colocar uma fonte de corrente alternada abrange essa variação nos polos durante a indução.

4.2. Metodologia

Como se trata de laboratórios diferentes, deve-se ter uma preparação adequada para cada um. Entretanto a metodologia adotada pode ser a mesma e dessa maneira, desenvolver uma atividade prática e investigativa que levem a discussão. Baseada no construtivismo de Piaget, na qual procura colocar o aluno participante ativo nas aulas, por meio de questionamentos e dúvidas que estimulem o desenvolvimento do raciocínio. Permite assim, que os alunos possam construir o conhecimento por eles mesmos, levando a um aprendizado significativo.

Os conteúdos que podem ser abordados com essa proposta experimental são geralmente trabalhados no terceiro ano do ensino médio. Desse modo, teoricamente pode ser considerado que os alunos já possuam certa bagagem sobre os assuntos. É algo importante de se descobrir o seu grau de conhecimento, bem como seu entendimento sobre a matéria. Pois ao invés de construir uma base, o professor pode intermediar para que essa base seja modificada ou mesmo consolidada pelos próprios alunos. Aumenta-se assim sua participação, buscando as diversas opiniões e sugestões que podem ser trazidas.

Com isso, neste trabalho são propostos cinco momentos, que são os momentos de revisão, discussão, experimentação, análise e o de avaliação. O objetivo da revisão é o de descobrir o que os alunos já sabem e desse modo prepará-los para introdução de novos conceitos e fenômenos. Ao se deparar com novos casos têm-se a discussão entre os estudantes, com o professor junto a eles, a fim de entender os motivos, causas e efeitos para as situações confrontadas.

A aula experimental deve ser investigativa, mas também demonstrar os acertos e equívocos ocasionados durante as discussões. A análise vem com o caráter mais concreto de atestar e confirmar tais acertos e erros. Por último, a avaliação vem como um parecer sobre o que foi aprendido e quais conquistas foram atingidas, tanto pelos alunos como pelo professor.

Dessa maneira esses momentos foram divididos em dez aulas, que seriam equivalentes a cinco semanas, caso se disponha de duas aulas de física por semana. Foram aplicadas as mesmas aulas para as três diferentes formas de laboratório, exceto a aula da atividade prática. Mesmo que o experimento esteja relacionado à indução eletromagnética, será mostrado como pode se abranger muitos conteúdos sobre eletricidade e magnetismo.

Aula 1 – Sobre a Eletricidade (Duas aulas de 50 minutos)

- **Objetivos**

- Compreender o que é o elétron;
- Discutir fenômenos da física moderna, envolvendo mais especificamente a teoria dos elétrons livres e sobre materiais condutores, semicondutores e não condutores;
- Por fim após as discussões, compreender melhor o que seria a corrente elétrica.

- **Momentos**

As aulas serão divididas nos momentos de revisão e discussão, abrindo espaço para a participação dos jovens. O primeiro, de revisão, tem o intuito de averiguar a compreensão que eles têm a respeito do elétron e sobre o conceito de uma corrente elétrica. Geralmente espera-se repostas como: o elétron é uma parte do átomo e corrente elétrica é uma forma de energia. O segundo momento, da discussão, é desenvolvido a partir dos questionamentos trazidos pelo professor, sendo interessante, que os alunos estejam dispostos em grupos ou mesmo em círculo, pois esta disposição geralmente estimula a participação.

Questionamentos sugeridos:

- Quais são os materiais que conduzem eletricidade?
- Por qual motivo esses materiais, como o cobre, conduzem eletricidade?
- Do que precisa para que se tenha corrente elétrica?
- Quais são as formas de gerar corrente?
- Por que há materiais que não conduzem eletricidade?

Dessa forma há como entrar em campos da física moderna, permitindo que o professor entre na discussão com teorias sobre o elétron livre e sobre os condutores. Pode-se chegar à conclusão de que corrente elétrica nada mais é que apenas os elétrons em movimento, pois mesmo que pareça simples é um conceito pouco entendido pelos estudantes. Por se tratar de turmas do Ensino Médio não há necessidade de aprofundamentos matemáticos nessas teorias, sendo mais proveitoso para a situação o entendimento dos conceitos físicos que ocorre.

Encerra-se a aula com a conclusão dos alunos acerca dos conceitos de elétron, da corrente elétrica e como pode ser gerada, bem como sobre quais materiais são ou não condutores, e assim preparar a base para o entendimento do experimento.

Aula 2 – Sobre o Magnetismo (Uma aula de 50 minutos)

- **Objetivos**

- Compreender o que é um ímã e quais são suas características;
- Compreender o que seria um campo magnético.

- **Momentos**

Esta aula também será dividida entre os momentos de revisão e discussão, permitindo assim a interação entre aluno e professor. O primeiro momento, de revisão, com o objetivo de checar o entendimento dos alunos sobre os ímãs e campo magnético. Possíveis repostas seriam que ímãs são objetos que se atraem e são atraídos por materiais metálicos, enquanto o campo magnético provavelmente seria relacionado ao campo magnético da Terra e comentariam sobre a bússola. A partir das repostas dos alunos e novos questionamentos, entra-se na discussão sobre o magnetismo. Novamente com os alunos dispostos em grupos ou em círculo.

Questionamentos sugeridos:

- De que material o ímã é composto?
- É possível fabricar um ímã?
- É possível controlar um ímã?
- Por que há materiais que são atraídos, repelidos ou indiferentes ao aproximar um ímã?
- No que o campo magnético interfere no cotidiano?
- Como vocês imaginam que é o campo magnético?

Essa dinâmica possibilita ao professor discutir sobre as teorias envolvendo os ímãs, com relação aos spins dos elétrons, magnetização dos materiais, sobre os materiais ferromagnéticos, comentar sobre materiais diamagnéticos e trabalhar com a teoria sobre as linhas de campo. Ao chegar o momento final, com as definições de ímã e linhas de campo, bem como sobre como interferem nos diversos materiais à sua volta.

Aula 3 – Relacionando a Eletricidade com o Magnetismo (Duas aulas de 50 minutos)

- **Objetivos**

- Compreender melhor o que é o campo elétrico;
- Compreender como a corrente elétrica e o ímã agem um em relação ao outro;
- Entender como o campo magnético está relacionado ao campo elétrico e vice-versa;
- Perceber a influência dos ímãs e a eletricidade nas tecnologias presentes no cotidiano.

- **Momentos**

Esta aula se diferencia das duas anteriores porque terá apenas o momento de discussão. Uma boa base adquirida nas aulas anteriores permitirá ao aluno discutir com mais liberdade e até aumentar seu grau de interesse. Os alunos devem ser dispostos em grupos ou em círculo, para estimulá-los a participar e dar à aula um caráter mais dinâmico.

Desse modo, inicia-se a discussão solicitando aos estudantes que façam uma lista de aparelhos eletrônicos que possuam ímãs em seus componentes (sendo como prováveis repostas os computadores, fones de ouvido, rádio entre outros).

Com a lista feita, destaca-se a relação existente entre a eletricidade e os ímãs, estabelecendo uma abertura para a próxima discussão, que justamente discorrerá sobre como se dá esta relação, quais fenômenos podem ser percebidos e como é possível esses fenômenos ocorrerem.

A fim de direcionar o debate entre os alunos é importante a inserção de questionamentos pertinentes ao tema durante a discussão, como trazer à tona as dúvidas que os próprios pesquisadores possuíam. Colocando vídeos curtos como a situação de mexer a agulha da bússola com um fio passando corrente ou mesmo de aparatos eletromagnéticos que ora estão atraindo metais e ora não estão. E pedi-se para que os alunos argumentem sobre o funcionamento desses equipamentos.

Questionamentos sugeridos:

- Qual é a função do ímã nestes aparatos que foram listados?
- Como que é possível mexer a agulha de uma bússola apenas usando um fio que esteja passando corrente elétrica? (Com a necessidade de um vídeo, ou se possível a própria prática em si, para que os alunos possam visualizar a situação)
- Como funciona o fone de ouvido?

- Já que teoricamente há um campo magnético, seria possível haver um campo elétrico também?
- Qual seria a relação entre ambos os campos?
- Quais são as consequências disto?

Esse formato propicia ao professor um espaço para uma discussão mais conceitual, que lhes permite trabalhar sobre esses conteúdos. Pode-se argumentar e introduzir a teoria do eletromagnetismo, mesmo sem se aprofundar na parte matemática. E assim conseguir explicar com mais clareza como a eletricidade e o magnetismo estão conectados, principalmente sobre a indução eletromagnética e como isso influenciou no avanço tecnológico.

Aula 4 – Atividade Prática (Uma aula de 50 minutos)

- **Objetivos**

- Verificar experimentalmente os fenômenos da indução eletromagnética;
- Anotar os dados para determinadas situações;
- Relacionar os fenômenos magnéticos e elétricos a fim de compreender melhor a teoria do eletromagnetismo.

- **Momentos**

Essa atividade prática terá momentos de discussão e momentos de experimentação, para que os alunos possam interagir entre eles e com o experimento. Para fugir do modelo habitual das aulas de laboratório, que costumam utilizar roteiros a serem seguidos, é interessante lançar mão de uma maneira investigativa, que sugiram situações problemas para que os próprios estudantes busquem resolvê-los, e permita a eles construir o conhecimento por si mesmos. Claro que a presença do professor é necessária, como um condutor, direcionando as atividades e dirimindo dúvidas, para que os objetivos sejam alcançados.

Como são laboratórios com características e formatos diferentes, é necessário que as situações problema se moldem a cada laboratório. Pois por possuir limitações e benefícios distintos, o que é possível em um pode não ser possível no outro. Assim os questionamentos a serem resolvidos e investigados foram colocados da maneira que pareceu ser mais adequada para cada formato, tanto presencial, virtual e remoto.

Presencial:

- Alunos dispostos em grupos de até quatro pessoas por aparato se possível;
- Materiais dispostos de acordo com a seção 4.1.1.;
- Montagem de acordo com a seção 4.1.1.;
- Procedimentos de acordo com as situações problema proposto pelo professor.

A formação de grupos entre os alunos os aproxima, permite o diálogo e estimula a participação conjunta, facilitando o processo de ajuda mútua durante a atividade. Esse sentimento de cooperação colabora com a realização da atividade, podendo aumentar o interesse sobre o conteúdo e o de resolver problemas por eles mesmos.

O experimento em si, por meio de situações problema, vem com o caráter investigativo. Desse modo os estudantes terão que pensar em como realizar os procedimentos para atingir o que foi requisitado. Neste caso, ao se tratar de um experimento simples, de indução de corrente elétrica por meio de um ímã, os problemas não são relacionados diretamente ao cotidiano, mas sim uma especificidade do experimento em si.

Situações Problemas:

- 1) A situação montada é de uma bobina de fio de cobre, na qual não está conectada em nenhuma fonte de eletricidade. A partir dos objetos disponíveis (sendo interessante para o presencial colocar mais objetos, como madeira, plástico, ferro, além do ímã), como seria possível a passagem de corrente elétrica na bobina?
- 2) É possível controlar a direção da corrente elétrica na bobina? Se sim, de que maneira pode ser controlada?
- 3) Quais são as diferenças percebidas ao utilizar os diferentes lados dos ímãs? Isso afeta a bobina de que maneira?
- 4) Caso seja colocada uma bobina a mais no sistema, seria possível a passagem de corrente nesta também, com ímã agindo em apenas uma das bobinas? Se sim, de que maneira seria posicionada para que ocorra essa passagem de eletricidade?
- 5) De que outra maneira seria possível a passagem de corrente na segunda bobina sem a utilização do ímã? É possível utilizar a bobina como um ímã?
- 6) Como seria possível gerar energia com esse sistema de ímã e bobina?

Virtual:

- Alunos dispostos em grupos de duas a três pessoas por computador se possível;
- Materiais dispostos de acordo com a seção 4.1.2.;
- Montagem de acordo com a seção 4.1.2.;
- Procedimentos de acordo com as situações problema propostas pelo professor.

Mesmo sendo mais proveitosa a disposição dos alunos em grupos, as atividades práticas no computador são mais produtivas em duplas do que com três ou mais pessoas. Isso devido ao fato do pouco espaço para que quatro pessoas acessem o mesmo computador, fazendo com que alguns acabem por não interagir

com o experimento. Garante-se, dessa forma, que todos possam participar e realizar o experimento e de uma possível discussão mais ampla no momento com mais integrantes. Muitas vezes, devido à falta de computadores, o professor se veja obrigado a colocar os estudantes em grupos maiores que duas pessoas. Entretanto pensando numa situação mais próxima do ideal, colocá-los em duplas parece ser mais vantajoso.

Assim como no presencial propor aos alunos, por meio de situações problema, com o caráter investigativo, mas adequado ao experimento virtual, com problemas específicos, referentes ao experimento em si e não relacionados ao cotidiano.

Situações problema:

- 1) A situação montada é de um solenoide, na qual não está conectada em nenhuma fonte de eletricidade. Como é possível fazer com que tenha corrente elétrica no solenoide com o ímã disponível?
- 2) É possível controlar a direção da corrente elétrica no solenoide? Se sim, de que maneira pode ser controlada?
- 3) Quais são as diferenças percebidas ao utilizar os diferentes lados dos ímãs? Isso afeta o solenoide de que maneira?
- 4) De que maneira seria possível fazer o solenoide se comportar como um ímã?
- 5) Colocando um segundo solenoide à disposição, o que deve ser feito para que passe corrente elétrica neste sem utilizar um ímã?
- 6) Como seria possível gerar energia com esse sistema de ímã e solenoide?

Remoto:

- Alunos dispostos em grupos de duas a três pessoas por computador se possível;
- Materiais dispostos de acordo com a seção 4.1.3.;
- Montagem de acordo com a seção 4.1.3.;
- Procedimentos de acordo com as situações problema propostas pelo professor.

Atividade com experimento remoto encontra o mesmo problema que o virtual em relação ao modo que os estudantes irão realizar a prática. Assim, a disposição dos alunos em duplas permite que todos tenham a possibilidade de interagir com o experimento e de discutir entre eles. Pela falta de espaço e devido o controle dos

comandos serem limitados a uma pessoa, grupos com mais de três estudantes podem deixar alguns integrantes sem uma participação efetiva.

As situações problema podem ser diferentes dependendo do experimento remoto disponível, desse modo são colocadas situações para as ambas sugestões de experimento remoto da seção 2.1.3., adequando os problemas de à medida do possível e da liberdade que o experimento concede.

Situações problema para sugestão de experimento remoto I:

- 1) A situação montada é a de um ímã acoplado em uma mola, em que na parte abaixo do ímã há uma bobina conectada a uma fonte de eletricidade e a um galvanômetro. Como seria possível fazer com que o ímã entre em movimento?
- 2) Com a bobina desligada da fonte e a mola do ímã oscilando para cima e para baixo, como podemos presumir qual é a direção da corrente elétrica na bobina?
- 3) Ao invés de atrair o ímã, como fazer para repeli-lo?
- 4) Com a segunda bobina no sistema abaixo da primeira bobina, quais são as formas para fazer com que passe corrente nesta também? É possível utilizar a bobina como um ímã?
- 5) Como seria possível gerar energia com esse sistema de ímã e bobina?

Situações problema para sugestão de experimentos remotos II:

- 1) A situação montada é a de um ímã acoplado a um pêndulo, no lado esquerdo há uma bobina conectada em uma fonte de eletricidade desligada. Desse modo, mesmo com a fonte desligada, como é possível fazer com que haja passagem de corrente elétrica na bobina?
- 2) É possível controlar a direção da corrente elétrica no solenoide? Se sim, de que maneira pode ser controlada?
- 3) Quais são as diferenças percebidas ao utilizar os diferentes lados dos ímãs? Isso afeta a bobina de que maneira?
- 4) Caso seja colocada uma bobina a mais no sistema no lado esquerdo da primeira, seria possível a passagem de corrente nesta também com ímã agindo em apenas uma das bobinas?

- 5) De que outra maneira seria possível a passagem de corrente na segunda bobina sem a utilização do ímã? É possível utilizar a bobina como um ímã?
- 6) Como seria possível gerar energia com esse sistema de ímã e bobina?

Pode-se perceber que o experimento remoto II é muito mais parecido com o presencial, do que comparado à primeira sugestão. Entretanto nos dois aparecem seus benefícios e limitações, influenciando o aprendizado que mesmo de forma diferentes possui o mesmo foco.

Aula 5 – Analisando a atividade prática (Duas aulas de 50 minutos)

- **Objetivos**

- Analisar os dados obtidos a partir da investigação do experimento da aula anterior;
- Desenvolver ideias e teorias sobre o eletromagnetismo;
- Comparar as teorias desenvolvidas com a teoria do eletromagnetismo;
- Compreender melhor sobre a teoria e suas influências.

- **Momentos**

Disponha os alunos nos grupos da aula anterior para o momento da análise das repostas que fizeram, embasadas na experimentação, com intuito de desenvolver teorias que expliquem esses fenômenos. Desse modo no momento da discussão os alunos poderão defender seus pontos de vista em cima de fatos e de suas interpretações destes, tornando a discussão mais conceitual e deixando o “achismo” de lado.

Com o conhecimento assimilado pelos estudantes o professor pode se aprofundar nos conceitos da teoria do eletromagnetismo, podendo confirmar acertos e equívocos. Entretanto deve-se ter cuidado em relação aos equívocos, pois ao se tratar de teorias, são pontos de vistas e interpretações diferentes. Esclarecer que pode não bater com as teorias aceitas, mas que não está necessariamente errado. Desse modo estimulam-se os alunos a estudarem mais para defender seus pontos de vista e que esses pontos estejam embasados em fatos e pesquisas.

À discussão, segue-se o momento da análise referente aos benefícios e complicações que essa teoria proporcionou, observando as influências tanto nas tecnologias como no cotidiano. Possibilita a inclusão de exemplos do dia a dia, como perguntar se alguém consegue explicar o funcionamento do fone de ouvido, já que para o entendimento prático desta teoria é importante a introdução de conceitos como corrente contínua e alternada. Ou de uma situação mais simples, como a campainha “Ding Dong”, ou mais complexas, como os geradores de energia, que utilizam uma bobina e um ímã. Traz assim a importância deste estudo.

Aula 6 – Avaliação (Duas aulas de 50 minutos)

- **Objetivos**

- Avaliar o que os alunos aprenderam;
- Avaliar a recepção dos alunos a esse tipo de atividade prática;
- Refletir sobre como esse conhecimento pode influenciar no cotidiano de cada um.

- **Momentos**

O momento de avaliação é realizado por meio de um questionário, com perguntas que buscam captar o que o aluno compreendeu sobre o conteúdo estudado, a fim de identificar os alunos que apresentaram alguma dificuldade durante o processo, para juntos buscarem as melhores soluções para aquelas situações e não somente marcá-los com notas boas e ruins.

O mais prezado nesta atividade é o aprendizado individual. Logo, as questões não são para realização de contas ou para reprodução de frases prontas e leis da teoria, mas sim com questões que abrangem as situações problema que foram apresentadas e de como resolvê-las.

Esta avaliação se dá no decorrer da experimentação, observando as dificuldades constatadas e a participação de cada um, com o intuito de checar se os estudantes apresentaram real aproveitamento na atividade.

É interessante destinar a primeira aula inteira para o momento de discussão final, para refletir sobre como esse conhecimento pode influenciar no cotidiano de cada um. Espera-se que até esse ponto os alunos já entendam a influência nas tecnologias que foram desenvolvidas e que estão presentes no dia a dia. Porém é dever do professor mostrar como pode influenciar diretamente cada um, por serem participantes ativos da sociedade. Assim o estudante deixa de ser leigo e passa a ser um cidadão crítico e capaz de tomar decisões sensatas, dando enfoque na ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (CTSA). Este é um momento de avaliação dos próprios alunos, sobre a situação em que se encontra o país e o mundo em relação à energia e aparelhos eletrônicos.

Questionário sugerido:

- 1) Quais foram às conclusões que você obteve após analisar a atividade experimental realizada?
- 2) O que você entende por corrente elétrica?
- 3) O que você entende por magnetismo?

- 4) O que você poderia dizer sobre as linhas de campo elétrico e magnético?
- 5) Como você estabelece a relação entre o magnetismo e a eletricidade?
- 6) Quais são as influências na tecnologia que foram percebidas após o estudo deste conteúdo?
- 7) Quais foram as dificuldades encontradas durante a resolução das situações problema da atividade prática?
- 8) Descreva sobre a sua experiência sobre as atividades práticas realizadas. Diga se foi boa ou ruim, apontando os pontos positivos e negativos.
- 9) De que maneira esse conteúdo estudado influencia o seu cotidiano?
- 10) Dê a sua opinião sobre a importância deste conteúdo, tanto para ciência como para a sociedade e o meio ambiente.

5. Reflexão

Ao longo do processo de pesquisa e desenvolvimento das atividades propostas, percebe-se como é difícil estabelecer quais são as melhores formas de ensinar, independente da matéria ou conteúdo. Isso por estar trabalhando com pessoas, sejam homens ou mulheres, jovens ou mais velhos, havendo a necessidade da adequação das aulas e suas atividades ao público desejado.

Mesmo que estejam todos na mesma faixa etária, as turmas são diferentes em cada colégio. Cada uma delas pode viver em um contexto social diferente, já que toda cidade apresenta suas possibilidades ou dificuldades em condições distintas, e isso influencia suas atitudes e o comportamento dentro da sala de aula.

Os motivos de cada aluno para correr atrás da conclusão do Ensino Médio e os sonhos de suas vidas vão surgindo dependendo de suas necessidades.

Logo, é fundamental esse momento de reflexão sobre o papel das escolas e dos professores, já que são figuras mais que importantes, considerando que podem influenciar tanto de maneira positiva como de maneira negativa suas escolhas de vida.

Desse modo, rever quais são os principais objetivos na formação destes estudantes, permitirá não só abrir as portas que eles anseiam, como também formar cidadãos participativos e críticos na sociedade.

Atualmente é perceptível o grande enfoque dado para os vestibulares, provas avaliativas, como o ENEM e as boas notas para se terminar o colégio ou a graduação. Sem abarcar as situações do cotidiano, não prepara de fato os alunos para os diversos problemas que terão que confrontar durante seus trabalhos, até mesmo na vida doméstica.

Ao prezar somente as notas e provas que apenas avaliam competências relacionadas à memória, não haverá como saber se estão sendo desenvolvidas capacidades criativas, lógicas entre outras, que auxiliarão na resolução destes problemas.

Uma vez que não são estimulados e de certa maneira podados, estão destinados a ser submissos e manipuláveis. Podem até chegar ao fracasso acadêmico e profissional caso não se adaptem ao sistema, sendo tachados de incompetentes, incapazes, preguiçosos, folgados ou mesmo com alguma deficiência cognitiva.

É possível ver como a falta de conhecimento nos deixa leigos em tantos ambientes e suscetíveis a sermos ludibriados por marketings que nos conquistam. Mal conhecemos os produtos que adquirimos e muitas vezes nem percebemos que estamos sendo enganados.

Em questões ambientais poucos estão a par das complicações que certas indústrias, meios de transporte, geradoras de energia e aparelhos podem acarretar ao ecossistema. Até mesmo na política, as aulas de história, filosofia e sociologia não cumprem com o propósito de educar para a cidadania, fazendo com que fiquem sujeitos a governos mal-intencionados.

Dessa maneira esta monografia procura dispor de atividades que contemplem a criatividade, a lógica, o trabalho em conjunto e a capacidade de resolver situações problema. Com isso, propõe-se fugir do habitual de aulas e exercícios expositivos, para que os estudantes tenham a oportunidade de ser participativos e ativos no processo de aprendizagem.

Ao se trabalhar com momentos de discussão, tem-se o intuito de manter a curiosidade, o interesse e a disposição de sempre indagar sobre as coisas à sua volta.

A impressão é que só se encontram nas escolas jovens que foram doutrinados a aceitar apenas o que lhes foi dito e reprimidos caso não entendam o que foi “ensinado”. Há uma cultura muito forte que acredita que somente a exposição do conteúdo é ensinar, sem levar em conta a participação dos alunos.

Assim não há como esperar que submetidos a aulas tradicionais focadas apenas em provas, eles consigam reclamar por seus direitos. Por isso é surpreendente que tenham se mobilizado em ocupações de tantos colégios, principalmente no Estado do Paraná, manifestando-se contra a Reforma do Ensino Médio e a PEC 241/2016, no final do ano de 2016. São manifestações que realmente estão a indicar a necessidade de mudanças no ensino.

6. Considerações finais

As aulas em laboratórios têm mostrado efeitos positivos em relação à participação e interesse por parte dos alunos. Com isso deve-se valorizar mais as atividades práticas. Os experimentos presenciais apresentam uma vantagem entre os demais por permitir um contato direto e um maior número de possibilidades e situações, entretanto os simuladores e experimentos remotos têm apresentado resultados equiparáveis ao presencial. Isso porque as pesquisas têm indicado que o aprendizado está mais relacionado à metodologia do que ao meio utilizado.

Essas formas de experimento foram possibilitadas graças o progresso da tecnologia da informação e da evolução dos computadores, permitindo o acesso em diversos locais e horários. No qual basta ter conexão à internet para realizar o experimento. Logo, comparado ao presencial eles são muito mais acessíveis para as instituições, pois o investimento é o de apenas poder acessar o experimento, já que as empresas desenvolvedoras e as universidades é que irão custear a estruturação desses laboratórios. Com o meio presencial se dá o contrário, tendo em vista que os estabelecimentos de ensino terão que arcar tanto com as despesas de construção como de manutenção.

Como muitos colégios públicos e universidades estão em situações precárias e com falta de verba para investimento, os laboratórios em sua maioria estão em más condições de manutenção e funcionamento. Então os simuladores e práticas feitas remotamente se tornaram alternativas possíveis e de boa qualidade para substituição dos experimentos presenciais. Portanto os meios para viabilização de aulas práticas estão aumentando, na busca de solucionar os problemas presentes no cotidiano dos professores e estudantes. São mais oportunidades para o aprendizado por meio de uma opção viável e interessante.

Dessa maneira em relação ao ensino, independente do laboratório utilizado, com uma boa metodologia, que questione, que estimule a discussão e o raciocínio, que leve em conta a opinião do aluno, que abra espaço para indagações, que haja interação com a realidade e o cotidiano de cada um presente em sala, que a posição do professor seja de mediador do conhecimento e não apenas de autoridade de modo que os estudantes sejam tratados como iguais com o direito que eles possuem, levará ao aprendizado e de maneira útil para suas vidas.

Uma vez que os alunos são estimulados a participar e serem ativos, com situações problema e discussões, eles são confrontados para buscar respostas e soluções por eles mesmos. Levando-os a pensar, questionar, refletir e desenvolver suas próprias conclusões que serão postas à prova nas aulas experimentais, fazendo com que o método científico de observação e formulação de hipóteses se sobressaia sobre a situação de apenas aceitar as afirmativas de seus professores.

Referências

ÁLVARES, J. A.; FERREIRA, J. C. E. **Metodologia para implantação de laboratórios remotos via internet na área de automação da manufatura.** In: 2º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação; Associação Brasileira de Ciências Mecânicas – FEMEC-UFU Uberlândia, MG, Brasil – 2003 maio 18 - 21.

BACHELARD, G. A. **Formação do espírito científico.** In: 1ª ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARROS, Suelen F.de. **Experimento virtual de rolamento: um estudo das dificuldades apresentadas pelos alunos do curso de licenciatura do IFUSP.** 2011. Monografia apresentada ao curso de licenciatura em Física – USP. São Paulo.

CAMILLO, Juliano. **Experiências em contexto: A experimentação numa perspectiva sócio-cultural-histórica.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Instituto de Física. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.

CARMO, A. B.do.; CARVALHO, A. M. P.de. **Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física.** Universidade de São Paulo, In: Ciência & Educação (Bauru), v.15, n.1, p.61-84, 2009.

CASINI, M.; PRATTICIZZO, D.; VICINO, A. **Automatic Control Telelab: un Laboratorio Remoto per E-learning.** http://www.dii.unisi.it/~control/act/reports/act_c1.pdf. 2002.

CHELLA, M. T.; FERREIRA, E. C. **Arquitetura para laboratório de acesso remoto com aplicação no ensino de engenharia eletrônica.** In: Revista de Ensino de Engenharia, v. 24, n. 1, p. 33-38, 2005 – ISSN 0101-5001.

D'ABREU, V. V. J.; CHELLA, M. T. **Ambiente de Telerobótica em EaD.** In: XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBC2003, Campinas SP. 2003.

DAVIES, C. H. J. **Student engagement with simulations: a case study.** In: Computer & Education, v. 39, p. 271, 2002.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos.** São Paulo: Cortez, 2002.

Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá. **Eletricidade e Magnetismo.** Professores participantes: Mateus, E. A.; Hibler, I.; Daniel, L. W. 2010. p. 48-50.

Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo. **Laboratório de Física III: livro de práticas.** Compilado por Tiago Barbim Batalhão [et al]. São Carlos: Instituto de Física de São Carlos, 2013. p. 237-60.

LABURÚ, Carlos Eduardo. **Fundamentos para um experimento cativante**. In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, n. 3, p. 383-405, 2008.

LAPA, J. M.; HOHENFEL, D.; MARTINS, M. C. M. **Laboratórios Virtuais no ensino de física: uma possibilidade de aprendizagem significativa**. VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – EMPEC 2007. Florianópolis, SC.

Lei de diretrizes e Bases. LEI Nº 9.394, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm.

LEMKE, J. Mathematics in the middle: measure, picture, gesture, sign, and word. In: ANDERSON, M. et al. (Eds.). **Educational perspectives on mathematics as semiosis: from thinking to interpreting to knowing**. Ottawa: Legas Publishing, 2002. p. 215-34.

LOPES, R. P.; FEITOSA, E.; MELLO, P. M.; PAZIN, W. M.; ORTIZ, J. P. **Tecnologias na escola: uma proposta de inclusão e uso de softwares educativos no ensino de Matemática e de Física**. Encontro Nacional de didática e prática de ensino, v. 14, 2008, Porto Alegre. Anais do XIV ENDIPE. Porto Alegre: PUC, 2008.

KUKULSKA-HULME, A.; TRAXLER, J. **Mobile learning. A handbook for educators and trainers**. New York: Routledge. 2007.

MARCELINO, Roderval. **Ambiente virtual de aprendizagem integrado a mundo virtual 3D e a experimento remoto aplicados ao tema resistência dos materiais**. 2010. Monografia (Doutorado em Engenharia de Mina, Metalúrgica e de Materiais) - UFRGS. Porto Alegre.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F.de. **Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física**. UFRP, Recife, PE. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, jun./2002.

MONJE, R; KOFMAN, H.; LUCERO, P.; CULZONI, C. **Experimento remotos de circuitos eléctricos com fenómenos transitorios**. Universidad Nacional Del Litoral Santiago Del Estero, Argentina. In: Revista de Iberoamericana de Informática Educativa, n. 9, pp 3 - 9, jun./2009.

MONTEIRO, M. A. A; SANTOS, D. A.; TEIXEIRA, O. P. B. **Caracterizando a autoria no discurso em sala de aula**. In: Investigações em Ensino de Ciências – V12(2), pp.205-225, 2007.

MONTEIRO, M. A. A.; SIM, A. A.do.; MESQUITA, L. **Laboratório Remoto para estudo de circuitos elétricos: um estudo comparativo**. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC Águas de Lindóia, SP, Brasil – 2015 nove 24 - 27.

MONTEIRO, M. A. A.; TEIXEIRA, O. P. B. **O ensino de Física nas séries iniciais do ensino fundamental: um estudo das influências das experiências docentes em sua prática em sala de aula.** In: Investigações em Ensino de Ciências, v.9, n.1, 2004a.

MONTEIRO, M. A. A.; TEIXEIRA, O. P. B. **Propostas e avaliação de atividades de conhecimentos físico nas séries iniciais do ensino fundamental.** In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.21, n.1, p. 65-82, abr. 2004b.

MOSCOVICI, S. **Das representações coletivas às representações sociais.** In: JODELET, D. (org.) Representações Sociais. Rio de Janeiro: EDUERJ, p. 45-66, 2001.

NAISMITH, L.; LONSDALE, P.; VAVOULA, G.; SHAPLES, M. **Literature Review in Mobile Technologies and Learning.** Editora: Futurelab. 2005.

NEVES, M. S.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. **Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da Física, em sala de aula – um estudo exploratório.** In: Investigações em Ensino de Ciências – v. 11(3), pp. 383 - 401, 2006.

OPPEHEINMER, T. **The Computer Dilusion.** In: The Atlantic Monthly, v. 280, n. 1, p. 45 - 62, jul./1997.

OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. dos S. F. **Desenvolvimento de um Software para o ensino de fundamentos de Física Quântica.** UFRGS, In: Física na Escola, v. 7, n. 1, 2006.

PIAGET, J. **Psychologie et Pédagogie.** Bibliothèque Médiations. Paris: Éditions Denöel. 1969.

PRAIA, P.; CAHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. **A Hipótese e a experiência Científica em educação em Ciência: contributos para uma reorientação epistemológica.** In: Ciência & Educação, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002.

RAMOS, L. B. C.; ROSA, P. R. S. **O Ensino de Ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos nos iniciais do Ensino Fundamental.** Investigações em Ensino de Ciências, Rio Grande do Sul, v. 13, n. 3, p. 299-331, 2008.

SCHAFER, T.; SEIGNEUR, J. M.; DONELLY, A. **PEARL: A generic architecture for live experiments in a remote Lab.** <http://iet.open.ac.uk/pearl/publications/icsee03.pdf>, outubro. 2002.

SHEN, H.; XU Z.; DALAGER, B.; KRISTIANSEN, V. Strøm Ø., Shur M. S., Fjeldly T. A.; Lü J. e Ytterdal T. **Conducting Laboratory Experiments over the Internet.** In: IEEE transactions on education, v. 42, n. 3, p. 180-185. 1999.

SILVA, G. F.da.; OLIVEIRA, C. M. F. F.de.; FISCHBORN, A. C. **Estudo da influência das aulas experimentais no processo de ensino-aprendizagem em Química.** In: Revista científica da Fametro, v. 1-2, n.1-2, jan./dez./2011.

SILVA, J. B.da.; ROCHADEL, W.; SIMÃO, J. P. S.; FIDALGO, A.V.da. S. **Uso de dispositivos móveis para acesso a experimentos remotos na Educação Básica.** UFSC e Instituto Politécnico do Porto, In: VAEP-RITA, v. 1, n. 2, jun./2013.

SILVA, M. **Sala de aula interativa.** Quarter Ed. Rio de Janeiro. 2000.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. S. **A Argumentação e o Ensino de Ciências: Uma Atividade Experimental no Laboratório Didático de Física do Ensino Médio.** In: Investigação em Ensino de Ciências, Rio Grande do Sul, v. 8, n. 3, p.187-209, 2003.