



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
CAMPUS DE BAURU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A
CIÊNCIA

Amira Amaral do Sim

EXPERIMENTO DE FÍSICA CONTROLADO REMOTAMENTE:

Uma avaliação sobre processo de ensino e de aprendizagem

Bauru
2016

Universidade Estadual Paulista - UNESP
Faculdade de Ciências
Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência

Amira Amaral do Sim

EXPERIMENTO DE FÍSICA CONTROLADO REMOTAMENTE:

Uma avaliação sobre processo de ensino e de aprendizagem

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, da Faculdade de Ciências da UNESP/Campus de Bauru, como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência, sob orientação do Prof. Dr. Marco Aurélio Alvarenga Monteiro.

Bauru, SP
2016

Sim, Amira Amaral.

Experimento de Física controlado remotamente : Uma
avaliação sobre processo de ensino e de aprendizagem /
Amira Amaral do Sim, 2016

139 f.

Orientador: Marco Aurélio Alvarenga Monteiro

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2016

1. Ensino de Física. 2. Experimentação. 3.
Laboratório remoto. I. Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de AMIRA AMARAL DO SIM, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS.

Aos 22 dias do mês de fevereiro do ano de 2016, às 14:00 horas, no(a) sala de reuniões do Prédio do INOVEE, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. MARCO AURELIO ALVARENGA MONTEIRO do(a) Divisão de Ensino / Escola de Especialista de Aeronáutica / UNESP - campus Guaratinguetá, Profa. Dra. ODETE PACUBI BAIERL TEIXEIRA do(a) Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência / UNESP - FAAC - Campus Bauru, Prof. Dr. JOSÉ SILVÉRIO EDMUNDO GERMANO do(a) Departamento de Física/Instituto Tecnológico de Aeronáutica / Instituto Tecnológico de Aeronáutica, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de AMIRA AMARAL DO SIM, intitulada **EXPERIMENTO DE FÍSICA CONTROLADO REMOTAMENTE: Uma avaliação sobre processo de ensino e de aprendizagem**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADA _____. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. MARCO AURELIO ALVARENGA MONTEIRO

Profa. Dra. ODETE PACUBI BAIERL TEIXEIRA

Prof. Dr. JOSÉ SILVÉRIO EDMUNDO GERMANO

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Marco Aurélio Alvarenga Monteiro, por toda paciência, dedicação e por me amparar e me orientar em tempo integral e com maestria, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Odete Pacubi Baierl Teixeira e ao Prof. Dr. José Silvério Edmundo Germano pelas sugestões e contribuições para este trabalho.

À minha família, especialmente meu pai, Paulo, minha mãe, Rita, minha irmã, Aimée, e meu cunhado, Eduardo, por oferecer todo o apoio e suporte possível, além do carinho, incentivo e compreensão.

Agradeço também aos professores que contribuíram para minha formação, seja por forma direta ou por conversas e trocas de experiência, aos funcionários da pós-graduação da Faculdade de Ciências, especialmente à Denise Barbosa Felipe, por toda a ajuda, conselho e orientação.

E, finalmente, aos amigos e colegas que fizeram parte dessa jornada, aos amigos de longa data, aos que conheci durante o processo do mestrado e aos que compartilharam o caminho de pós-graduando, tornando os dias mais divertidos e os estudos menos cansativos, e que de uma forma significativa ou singela ajudaram na conclusão dessa etapa.

Em condições normais, o cientista não é um inovador, mas um solucionador de quebra-cabeças, e os quebra-cabeças sobre os quais ele se concentra são apenas aqueles que ele acredita que podem ser definidos e resolvidos dentro da tradição científica existente.

Thomas Kuhn

SIM, A. A. **Experimento de Física controlado remotamente: uma avaliação sobre processo de ensino e de aprendizagem.** 2016. 139 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2016.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o impacto da utilização de um experimento remoto no processo de ensino e de aprendizagem em aulas de Física do Ensino Médio. Dessa forma, estudamos o impacto do experimento remoto em comparação com o mesmo experimento realizado presencialmente tentando entender em quais aspectos o experimento remoto pode contribuir com o ensino de conceitos de Física quando não se tem o acesso a experimentos presenciais. A análise dos dados de nossa investigação se dá a partir da ocorrência ou não de situações que facilitaram e/ou propiciaram a ocorrências de interações sociais úteis ao processo de ensino e de aprendizagem. A análise das interações foi feita mediante ao processo de construção de argumentos construídos pelos alunos. Os resultados mostram que o experimento remoto, assim como o presencial convencional é um facilitador do processo de interação social entre aluno e professor, sendo essa interação rica e significativa para a aprendizagem, assim, o laboratório remoto se mostra uma boa ferramenta de ensino.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física; experimentação; laboratório remoto.

SIM, A. A. **Experimento de Física controlado remotamente: uma avaliação sobre processo de ensino e de aprendizagem.** 2016. 139 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2016.

ABSTRACT

This work was developed to evaluate the impact of using a remote experiment in the teaching and learning process in physics classes at high school. Thus, we studied the impact of remote experiment compared with the same experiment conducted in person trying to understand in which the remote experiment aspects can contribute to the teaching of physics concepts when you do not have access to classroom experiments. Data analysis of our investigation starts from the occurrence of situations that facilitated and/ or enabled the occurrence of social interactions useful to the process of teaching and learning. The analysis of the interactions was made by the process of building arguments built by students. The results show that the remote experiment, as well as the conventional classroom is a facilitator of the process of social interaction between student and teacher, and this rich and meaningful interaction for learning, so the remote laboratory caube considered a good teaching tool.

KEYWORDS: Physical education; experimentation; remote laboratory.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Percentual de escolas públicas com laboratório de ciências por regiões do Brasi	34
Tabela 2 – Infraestrutura das escolas estaduais	35
Tabela 3 – Principais aspectos dos laboratórios virtuais e laboratórios remotos	52
Tabela 4 – Características das escolas pesquisadas	59
Tabela 5 – Separação de aplicação do experimento controlado remotamente do presencial em relação aos terceiros anos e amostragem de alunos	61
Tabela 6 – Perfil dos professores participantes da pesquisa	62
Tabela 7 – Porcentagem de acertos no pré-teste	80
Tabela 8 – Porcentagem de acertos no pós-teste	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de funcionamento de um laboratório controlado remotamente	.43
Figura 2 – Materiais utilizados para elaboração do experimento presencial	.....63
Figura 3 – Visualização da montagem do experimento presencial	.....63
Figura 4 – Experimento presencial montado em série	.....64
Figura 5 – Experimento presencial montado em paralelo	.....64
Figura 6 – Experimento presencial com circuito misto	.....65
Figura 7 – Visualização da montagem do experimento remoto	.....66
Figura 8 – Experimento remoto montado em série	.....66
Figura 9 – Experimento remoto montado em paralelo	.....67
Figura 10 – Experimento remoto com circuito misto	.....67
Figura 11 – Diagrama do processo de aplicação dos experimentos	.....73
Figura 12 – Diferença do quadro sinótico do experimento presencial e do experimento remoto	.....82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens quanto ao uso dos diferentes tipos de laboratórios	45
Quadro 2 – Tabela apresentada por Pella (1969) para analisar graus de liberdade da relação aluno–professor em aulas de laboratório	69
Quadro 3 – Superestrutura da argumentação segundo Toulmin (2006)	76
Quadro 4 – Exemplo 1 sobre a estrutura da argumentação de Toulmin	77
Quadro 5 – Exemplo 2 sobre a estrutura da argumentação de Toulmin	78
Quadro 6 – Problemas conceituais enfrentados pelos estudantes	100

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre sentirem motivados a participar da aula	94
Gráfico 2 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre possuir algo desmotivador na atividade remota	95
Gráfico 3 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre se sentirem mais motivados com a experiência presencial	95
Gráfico 4 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre a experiência ser motivadora, independente se presencial ou controlada remotamente	96
Gráfico 5 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre a facilidade de manipulação e acesso ao experimento remoto	97
Gráfico 6 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre a clareza das imagens, fácil manipulação dos recursos e entendimento da interação com a interface do laboratório remoto	97
Gráfico 7 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre não acharem necessário a atividade experimental para abordar o tema	98
Gráfico 8 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre acharem o conteúdo abordado de difícil entendimento, e que o experimento remoto foi fundamental para a compreensão desse	99
Gráfico 9 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre acharem o conteúdo abordado de difícil entendimento, e que o experimento remoto não contribuiu para a compreensão desse	101
Gráfico 10 – Porcentagem das respostas dos alunos de que gostariam de aprender Física sempre realizando atividades experimentais controladas remotamente	101

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 O LABORATÓRIO DE FÍSICA: CONCEPÇÕES, IMPORTÂNCIA E DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO NA REALIDADE DE SALA DE AULA	17
1.1 Diferentes concepções epistemológicas e o papel da experimentação na construção do conhecimento científico.....	17
1.2 Considerações das pesquisas em Ensino de Ciências sobre o papel da experimentação para o aprendizado de conceitos científicos	29
1.3 Dificuldades enfrentadas por professores para a implementação de aulas experimentais	33
2 LABORATÓRIOS REMOTOS: UMA ALTERNATIVA VIÁVEL PARA A FALTA DE LABORATÓRIOS?	37
3 A PESQUISA	57
3.1 Objetivo geral.....	57
3.2 Objetivos específicos	57
3.3 Metodologia de coleta de dados.....	58
3.3.1 Descrição da atividade presencial convencional aplicada	62
3.3.2 Descrição da atividade experimental controlada remotamente.....	65
3.3.3 Estratégia de aplicação dos experimentos em sala de aula	68
3.4 Metodologia de análise de dados	74
4 RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS DADOS	79
4.1 Resultados do pré-teste e do pós-teste	79
4.2 Resultados das interações discursivas.....	83
4.2.1 Análise das interações discursivas dos alunos que realizaram a atividade experimental presencial.....	83
4.2.2 Análise das interações discursivas dos alunos que realizaram a atividade experimental controlada remotamente	86
4.3 Resultados dos questionários para avaliar a opinião dos alunos sobre o uso dos laboratórios controlados remotamente	93
4.4 Ponto de vista dos professores sobre o uso de atividades experimentais controladas remotamente	102
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
REFERÊNCIAS	111
APÊNDICES	116
Apêndice I: Conteúdos da aula teórica planejada e ministrada aos alunos dos 3º anos do Ensino Médio	116
Apêndice II: Modelo do pré-teste aplicado nos alunos.....	122
Apêndice III: Guia de estudo montado para os alunos	123

Apêndice IV: Modelo do questionário aplicado nos alunos para avaliação da atividade remota.....	127
Apêndice V: Modelo do pós-teste aplicado nos alunos	129
Apêndice VI: Transcrições das interações realizadas no 3º R, utilizando o experimento controlado remotamente	132
Apêndice VII: Transcrições das interações realizadas no 3º P, utilizando o experimento presencial convencional	137

INTRODUÇÃO

Os resultados das avaliações educacionais mostram que grande parte da população brasileira desconhece conceitos e princípios básicos de Ciências.

Dados do PISA (Programme for International Student Assessment), uma avaliação de nível internacional promovida pela OCDE (Organização para o Desenvolvimento e Cooperação Econômica), evidenciam que o desempenho dos alunos brasileiros, relativos aos conhecimentos de Ciência, é pior do que alunos de 62 países, num ranking de 65 nações (INEP, 2012).

Segundo os critérios dos organizadores dessa avaliação, a pontuação obtida pelos estudantes brasileiros indica que eles são capazes de aplicar o que sabem em poucas situações de seu cotidiano e dar explicações científicas apenas em situações muito explícitas em relação às evidências (INEP, 2012).

Esses resultados são reflexos das múltiplas dificuldades enfrentadas por alunos e professores na maioria de nossas escolas. Um exemplo que podemos destacar, dentre outros, é a quase total inexistência de laboratórios e/ou infraestrutura necessária para se realizar atividades experimentais.

Em relação às pesquisas em Ensino de Ciências, parece haver um consenso sobre a importância dessa prática em sala de aula, desde que seja bem planejada e dirigida (DE PINHO, 2000).

Contudo, apesar das contínuas discussões, conclusões e pesquisas sobre o laboratório, a experimentação, a coleta de dados, o levantamento de hipóteses, as discussões em busca de resoluções de problemas e de argumentos que justifiquem os dados obtidos, continuam distantes das escolas e das aulas de Ciências.

Com o desenvolvimento das Novas Tecnologias de Informação e Comunicação

aplicadas ao ensino, surgiram propostas no sentido de se utilizar os computadores como recursos para, a partir das chamadas simulações e/ou animações, oportunizar meios de aproximar a experimentação da realidade dos estudantes da Educação Básica. Contudo, críticas são feitas no sentido de que tais simulações e/ou animações se constituem em mera idealização da realidade e, por isso, sendo limitadas, não oferecem as possibilidades que as práticas experimentais convencionais apresentam.

Atualmente um novo recurso começa a ser melhor explorado como opção para amenizar a falta dos recursos experimentais em sala de aula, são os chamados laboratórios controlados remotamente.

Esses laboratórios são reais, porém, não se encontram dispostos nas escolas, próximos dos alunos. Estão distantes, mas podem ser acessados remotamente, por meio de um computador ligado à internet.

Neste trabalho temos o intuito de avaliar o processo de ensino e aprendizagem de conceitos relacionados à eletrodinâmica, a partir de uma estratégia experimental que faz uso de um experimento que pode ser controlado remotamente.

Nosso intuito foi o de investigar o processo de ensino e de aprendizagem que se estabelecem em sala de aula a partir de dados coletados mediante um experimento acessado e controlado remotamente em comparação a outro no qual uma experiência presencial convencional foi realizada. Buscou-se comparar não apenas o desempenho dos alunos, mas as dinâmicas interativas em sala de aula estabelecidas entre alunos e professor em torno do objeto de conhecimento científico.

Como parte do corpus do trabalho, também foram coletadas as opiniões de estudantes e professores sobre o uso do novo recurso proposto, buscando identificar seu real potencial em, de fato, possibilitar que práticas experimentais sejam exequíveis nas escolas de Educação Básica.

Portanto, este trabalho se inicia apresentando uma breve discussão sobre o papel da experimentação na construção do conhecimento científico e para o ensino de Ciências. Em seguida, no capítulo dois, aborda a definição e as recentes pesquisas relacionadas aos laboratórios controlados remotamente, diferenciando-os dos chamados laboratórios virtuais. Com relação aos objetivos da pesquisa, a metodologia de coleta e análise dos dados empregados, são apresentados, em detalhes, no capítulo três. No capítulo quatro expomos os resultados obtidos, com a respectiva análise e, para finalizar, apresentamos algumas considerações.

1 O LABORATÓRIO DE FÍSICA: CONCEPÇÕES, IMPORTÂNCIA E DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO NA REALIDADE DE SALA DE AULA

Compreender como ocorre o processo de aprendizagem é fundamental para que se possa, então, planejar e dirigir ações de ensino no contexto de sala de aula afim de possibilitar uma aprendizagem não apenas em relação à natureza da Ciência e do fazer científico, mas também sobre a importância do aprendiz em obter ferramentas conceituais que o torne capaz de interpretar, opinar, criticar e tomar atitudes sócio responsáveis numa sociedade tão dependente do desenvolvimento científico e tecnológico.

Por isso iniciamos nosso trabalho buscando sustentação nos referenciais da Filosofia da Ciência e em pesquisas na área de Ensino no intuito de identificarmos aspectos que evidenciem as reais contribuições da prática experimental como recurso para a aprendizagem de conceitos científicos.

1.1 – Diferentes concepções epistemológicas e o papel da experimentação na construção do conhecimento científico

Diversas correntes filosóficas, dentre elas podemos citar as ideias do positivismo, de Popper, Lakatos e Kuhn, buscam caracterizar e descrever como ocorre a construção do conhecimento científico e, nesse objetivo, caracterizam, de acordo com sua compreensão sobre a natureza da Ciência, o papel da experimentação no processo de produção do saber científico.

a) Positivismo

O positivismo foi uma corrente filosófica que abrangia a sociologia e a política, e em linhas gerais, propunha ao homem valores completamente humanos, deixando de lado a teologia e a metafísica, de forma que a Ciência e o conhecimento humano eram interpretados à luz de uma ética humana radical (TRINDADE, 2007).

O conhecimento científico, para os positivistas, é o único conhecimento verdadeiro, pois é demonstrável e comprovado através de métodos científicos válidos, descartando assim, todas as demais formas de conhecimento que não possam ser comprovadas experimentalmente. Portanto, a partir dessa concepção de Ciência, nega-se o *status* científico a qualquer iniciativa em se investigar as causas de fenômenos a partir de métodos que não se permita uma comprovação com bases empíricas, classificando pesquisas sem essas características como inútil e inacessível (TRINDADE, 2007).

O método positivista baseia-se na observação e na experiência, no levantamento de evidências e na formulação de hipóteses e encadeamento de ideias, e é esse método que deve estabelecer o pensamento positivo na elaboração do conhecimento científico. Assim, a experimentação foi um fator muito importante para a consolidação das Ciências Naturais, de forma que foi assim que ela, avançava pela compreensão do fenômeno ao passo que abstrai os sentidos e se torna possível medidas mais precisas com o avanço das técnicas e instrumentos (GIORDAN, 1999).

Como destaca Oliveira (2000), Augusto Comte (1798-1857), que foi um dos idealizadores do positivismo, elaborou a chamada lei dos três estados, onde o conhecimento e o entendimento humano passam por três estágios em seu desenvolvimento na forma de conceber as ideias: o teológico, o metafísico e o positivo ou científico.

O estado teológico é caracterizado por explicações baseadas em entidades sobrenaturais, momento em que a imaginação se sobrepõe a razão, e busca respostas para perguntas como “de onde eu vim?” e “para onde vou?”. No estado metafísico os fenômenos são explicados por meio de forças ocultas ou entidades abstratas, e é o meio termo entre a teologia e a positividade, as perguntas desse estágio são caracterizadas pelos “Porquês?”. Já no estado positivo procura-se entender e descobrir as Leis Naturais que

explicam como os fenômenos ocorrem, assim, a imaginação vira subordinada às observações, sendo essa a etapa final e definitiva.

Assim, somente o conhecimento científico tem o *status* de verdade, pois só ele tem o papel de comprovação de uma teoria em função do método experimental.

A negação da metafísica e sua noção especulativa sobre conhecer as causas dos fenômenos foi fator decisivo para gerar e sustentar uma geração de produções científicas com o objetivo de “descobrir” as “leis dos fenômenos”, respaldadas no método positivista, que determinava o *modus operandi* do fazer científico, independente de sua vertente. A rigidez do método positivista acabou engessando a investigação científica, pois se constituía numa espécie de receituário, com impactos para aqueles cuja função é a de ensinar ciências sob a visão positivista (OLIVEIRA, 2000; KOSMINSKY & GIORDAN, 2002).

Com relação aos impactos dessa concepção de Ciência para a educação científica, destaca-se o papel da disciplina rígida como ponto fundamental para a aprendizagem, tendo em vista que a infância é vista como a fase de soluções teológicas¹ dos problemas e somente a intervenção científica ajuda a criança a amadurecer. Por isso, na escola positivista os estudos científicos possuem prioridade sobre os demais, e a educação tem como foco promover o altruísmo e repreender o egoísmo (OLIVEIRA, 2000; TRINDADE, 2007).

Apesar da Ciência positivista defender a construção do altruísmo e a fraternidade entre todos os homens, a gestão e melhoria das instituições ocorreriam pela classe científica, o que caracteriza certo monopólio quanto ao controle do conhecimento que será transmitido por essas instituições para os demais homens.

¹ De acordo com a lei dos três estados.

Nesse sentido, a educação baseada nos pressupostos positivistas acredita que a superação dos estados de pensamento teológico e metafísico, para atingir o científico, a prática experimental e o respeito incondicional aos passos rígidos do denominado método científico, são fundamentais.

notamos que muitas propostas de ensino de ciências ainda desafiam a contribuição dos empiristas para a elaboração do conhecimento, ignorando a experimentação ainda como uma espécie de observação natural, como um dos eixos estruturadores das práticas escolares. A elaboração do conhecimento científico apresenta-se dependente de uma abordagem experimental, não tanto pelos temas de seu objeto de estudo, os fenômenos naturais, mas fundamentalmente porque a organização desse conhecimento ocorre preferencialmente nos entremeios da investigação. Tomar a experimentação como parte de um processo pleno de investigação é uma necessidade, reconhecida entre aqueles que pensam e fazem o ensino de ciências, pois a formação do pensamento e das atitudes do sujeito deve se dar preferencialmente nos entremeios de atividades investigativas.

(GIORDAN, 1999, p.43 – 44).

A visão empirista de que a natureza se revela por meio de observações cuidadosas está associada à produção científica, já que por meio de experimentações e observações a Ciência evoluiu nos últimos séculos, e essa visão é também marcante na esfera das pessoas que tornam o saber científico em saber a ensinar, e se revela na forma como o conhecimento científico é transposto e reescrito em livros e textos didáticos (DE PINHO, 2000).

Dessa forma, o trabalho prático adquiriu um *status* elevado dentro do ensino de ciências com o passar do tempo, e talvez seja por isso que faça parte do imaginário de muitos professores, que uma prática experimental em sala de aula por si só possa resolver todos os problemas relacionados à aprendizagem de Ciências (MONTEIRO, 2013).

b) Popper

Ainda no mesmo contexto do pensamento positivista, alguns pensadores, como

Karl Popper (1902-1994), que foi inicialmente influenciado pelo pensamento lógico do Círculo de Viena que priorizava o aspecto metodológico no desenvolvimento científico, defendem que a Ciência não detém o *status* de verdade absoluta (THORTON, 2006).

Ao contrário do positivismo, Popper não elimina a metafísica e sua importância, mas tenta delimitar seus campos de atuação. Assim, ele entendia que o cientista era influenciado não apenas por questões plenamente racionais, mas também por aspectos como a imaginação, a criatividade e a intuição. Nesse sentido, ela afirmava: “As teorias são nossas invenções, nossas ideias – não se impõem a nós” (Popper, 2013, p. 144). Porém, para o critério de delimitação desses aspectos na construção do conhecimento científico era o que ele chamou de método crítico. Ou seja, toda cogitação, hipótese ou mesmo uma teoria deve passar pelo crivo do teste empírico. Caso seja refutado, deve ser abandonado ou reformulado, porém, mesmo que corroborado, admite-se que no futuro possa existir a possibilidade de ser refutado num novo teste e é por esse motivo que não se pode admiti-lo como verdade absoluta.

Neste último aspecto, Popper critica as concepções do indutivismo, cuja crença levam seus adeptos a afirmarem que fatos singulares podem levar a um enunciado universal. Para Popper, não importa quantas confirmações empíricas uma teoria recebe, pois ainda não se pode aceitá-la como verdadeira, tendo em vista o fato de ser sempre possível admitir que no futuro possa acontecer sua refutação.

A falseabilidade seria um critério que sustenta a ideia de que nenhuma teoria científica deve ser considerada uma verdade absoluta, porém, com a experimentação é possível afirmar que uma ideia, hipótese ou teoria pode ser falsa e, portanto, descartada. Assim, para Popper, uma teoria seria melhor quanto mais vezes tivesse sido posta à prova (THORTON, 2006; POPPER, 2013). De forma geral, Popper acreditava na ideia de que a experimentação apesar de não conseguir aprovar definitivamente uma teoria científica

como verdade, tem a possibilidade de refutá-la e, assim, rechaçá-la, deixando para trás os erros e progredindo com as novas hipóteses.

O erro possui um papel importante no critério da falseabilidade, pois é com ele que novas ideias irão surgir e ocorrerá o refinamento teórico a partir de experiências que refutaram a ideia anterior, assim, ao se refutar uma ideia, é possível aprender sobre o que está sendo investigado, sendo o erro importante na elaboração do conhecimento: é a teoria que o próprio Popper definiu como “teoria do holofote”. Para o autor, as hipóteses ou ideias não surgem da observação experimental, ao contrário, são elas que nos levam a dirigir nossa atenção para algo específico, ou seja, que orienta a nossa observação. É fácil compreender esse argumento popperiano, pois, ao montar um experimento, e, por exemplo, utilizar um termômetro na montagem experimental, o cientista evidencia que, antes da observação, já tem a hipótese de que haverá alteração de temperatura, com a experiência ela só quer verificar se está ou não correto. Assim sendo, para Popper, nossas observações são secundárias, vem depois das nossas hipóteses e concepções (POPPER, 2013).

Popper foi criticado pela defesa da experimentação como recurso de falseabilidade de uma teoria. Do ponto de vista de Thomas Kuhn, o teste experimental não tem papel decisivo nem para negação e nem mesmo para aceitação de uma teoria. Para o epistemólogo, o que estabelece, de fato, um paradigma científico, quando duas teorias disputam esse *status*, é a concordância da maioria dos cientistas (KUHN, 2010). Assim sendo, Kuhn defende interferências de aspectos políticos, sociais, culturais e até psicológicos na construção das teorias científicas.

c) Lakatos

Em defesa de Popper, Imre Lakatos (1922-1958), defendeu que o

desenvolvimento do conhecimento se dá “no mundo das ideias” (LAKATOS, 1989, p. 122) e que o desenvolvimento do conhecimento científico se dá por meio de mudanças nas teorias científicas dentro daquilo que ele definiu como Programa de Pesquisa. Assim, propunha que não é apenas uma evidência experimental que poria em xeque a teoria, mas uma coleção de dados que inviabilizasse a evolução de Programa de Pesquisa.

O Programa de Pesquisa para Lakatos se estabeleceria no decorrer da Ciência, pois, em linhas gerais, ele seria orientações metodológicas incumbidas pela decisão de consolidação ou modificação das teorias, de forma que a história da Ciência deveria ser vista como a história dos programas de pesquisa e não apenas das teorias isoladas (SILVEIRA, 1996).

Para Lakatos, os cientistas possuem uma grande ligação com a teoria vigente, o que os tornam resistentes à mudança para uma nova teoria, portanto, uma teoria não é abandonada assim que encontra problemas aos quais não consegue responder, mas antes, é modificada.

Nessa nova concepção, Lakatos propõe a noção de que toda teoria constrói, em torno de si um *cinturão protetor*, no qual são acrescentadas novas hipóteses e descarta teorias auxiliares. Esse cinturão protetor protege o *núcleo duro*, o qual pode caracterizar um programa de pesquisa, possuindo uma teoria tradicionalmente aceita considerada como irrefutável. Nesse sentido, para Lakatos, diante de resultados experimentais problemáticos, não é racional abandonar uma teoria que apresenta uma coleção de confirmações empíricas. O mais lógico seria a realização de uma análise crítica que poderia levar a mudanças no cinturão protetor e não no núcleo duro da teoria (LAKATOS, 1989).

Dessa forma, as anomalias são explicadas com ajustes no cinturão protetor e por isso, Lakatos defende a ideia de que não existem experimentos cruciais que possam,

sozinhos e instantaneamente, dar fim aos programas de pesquisa, ou até mesmo decidir entre um programa e outro. Por essa concepção, a ideia falseacionista de Popper deveria ser considerada não a partir de experimentos isolados e nem para uma teoria isolada, mas como contribuições no desenvolvimento de um programa de pesquisa.

As ideias de Lakatos concordam com as de Popper quanto a necessidade do pluralismo teórico, sendo que o progresso da Ciência e do conhecimento científico dependem das teorias adjacentes, e não apenas da experimentação, como no positivismo, e o descarte de uma teoria ou um programa de pesquisa só ocorrerá quando existir uma nova teoria melhor e mais abrangente, e não tão logo que se descubra as anomalias que não se encaixam na teoria (SILVEIRA, 1996).

Laburú; Arruda e Nardi (1998) fazem uma analogia entre os programas de pesquisa e a dinâmica das ideias dos estudantes em sala de aula, o que pode auxiliar os professores a entenderem melhor o desenvolvimento das concepções de seus alunos e conhecerem os prováveis “programas alternativos” dos alunos, assim como o cinturão protetor referente a esses programas.

Os autores defendem que ao conhecer os “programas alternativos” dos alunos, os professores provavelmente estarão preparados para entrar em contato com as teorias do cinturão protetor e suas nuances, podendo encaminhar um diálogo e uma comparação entre as teorias alternativas e as científicas, já que os programas alternativos e o científico estarão em competição.

Silveira (1996), ao fazer uma breve análise dos artigos de Ensino de Ciências, mostra que o empirismo-indutivismo ainda é dominante nas escolas e que alguns pontos são comumente destacados no cotidiano escolar:

- a observação ser a fonte e função do conhecimento;
- o conhecimento científico constitui-se a partir dos fenômenos observados,

experimentados;

- a especulação, a intuição a imaginação e a criatividade não podem participar na obtenção do conhecimento, sendo ele livre de pressupostos;
- e
- que as teorias científicas não são inventadas ou criadas, mas descobertas de acordo com observações e os dados empíricos.

Silveira (*opus cit*) também comenta que o método de ensino baseado na aprendizagem por descoberta é um exemplo típico do pensamento empírico-indutivista, no qual seus defensores destacam que essa metodologia, além de motivar, pode proporcionar uma base segura onde o conhecimento é desenvolvido, isso se a experimentação e a observação forem bem conduzidas.

O autor, nesse mesmo trabalho, lista alguns princípios que servem para o Ensino de Ciências provenientes de uma pedagogia influenciada pela epistemologia racionalista de Popper e Lakatos, são eles:

- A observação e a experimentação não produzem o conhecimento por si só;
- a observação e/ou experimentação são impregnadas de pressupostos e teorias, porém os dados só ganham um significado quando interpretados;
- o conhecimento prévio influencia como observamos a realidade e os dados obtidos, de forma que é impossível ter uma observação neutra.
- o conhecimento científico é uma construção humana, podendo haver falhas, sendo assim, ele é provisório e sujeito a reformulações;
- a obtenção de um novo conhecimento está sujeito a todo tipo de influências, sendo que sua inspiração pode surgir até mesmo na metafísica;
- e
- a obtenção de um novo conhecimento é decorrente dos conhecimentos

anteriores, sendo que o abandono de um conhecimento, assim como das teorias, é problemático e requer o reconhecimento de outro como melhor (SILVEIRA, 1996, p. 57).

Nessa perspectiva, para o autor, Popper e Lakatos oferecem um lastro epistemológico no qual se pode inferir uma prática pedagógica para a educação científica que considere os alunos construtores ativos da aprendizagem, e que a utilização de experimentos em sala de aula será útil se servir para levar os alunos a exporem suas ideias, concepções e hipóteses, de forma a testá-las e possibilitar reflexões críticas sobre os resultados obtidos, envolvendo-os com a aprendizagem e tornando-os mais ativos.

d) Kuhn

Na mesma linha de oposição ao positivismo, Thomas Kuhn (1922-1996) vem com uma crítica mais profunda, dizendo que além das teorias, toda a visão de mundo deve ser alterada em resposta às evidências.

Dessa forma, Kuhn defende que deve existir rupturas no desenvolvimento das Ciências, e para ele a Ciência segue um modelo de desenvolvimento que consiste em uma sequência de períodos de *ciência normal* interrompidos por períodos de *ciência revolucionária*. A *ciência normal* é o momento em que a comunidade científica está de acordo com os modelos vigentes, ou seja, os conceitos estão bem estabelecidos e são reconhecidos como *paradigmas* desta comunidade (OSTERMANN, 1996). Para Kuhn (2010), esse momento de ciência normal é quando os cientistas estão bem resolvidos quanto aos seus fundamentos teóricos e metodológicos e passam a se concentrar nos problemas de pesquisa da área.

Porém, quando os fundamentos começam a não satisfazer, e a resolução de problemas na ciência normal fracassam, são geradas crises no paradigma vigente, e essa

é a fase da ciência revolucionária, e é nela que ocorrem o avanço e aprimoramento da Ciência (KUHN, 1978).

Assim, como Lakatos, Kuhn defende que o paradigma não é rejeitado logo após ser confrontado com anomalias, ele só é descartado quando existe uma alternativa para substituí-lo (KUHN, 1978; OSTERMANN, 1996). Portanto, considerar um paradigma inválido consiste também em, simultaneamente, aceitar outro. Essa transição para um novo paradigma é denominada por Kuhn de *revolução científica*.

Durante o período de transição, o velho paradigma compete com o novo e com possíveis outros pela aceitação e favoritismo dentro da comunidade científica. Uma boa teoria precisaria ter: precisão, consistência, simplicidade, amplitude de aplicação e fecundidade, e na comparação entre duas teorias esses itens seriam como valores, e assim, poderiam ser utilizados de diferentes formas pelos cientistas (OSTERMANN, 1996).

As revoluções científicas tornam o conhecimento mais relevante e mostram a faceta de adaptação de ideias, mesmo que de forma não linear. Dessa forma, a Ciência possui mecanismos de ruptura constante de paradigmas.

O mesmo deve ocorrer no Ensino das Ciências, o professor deve estar pronto para entrar em contato com diferentes pontos de vista e provocar desconforto e insatisfação com as concepções existentes por meio do conflito entre esse pensamento e o científico.

A correspondência da epistemologia Kuhniana, assim como as demais apresentadas, com a aprendizagem pode nos ajudar a entender a questão da dinâmica da mudança conceitual e ajudar na metodologia de ensino, (OSTERMANN, 1996).

A concepção de uma prática baseada na ideia de mudança conceitual se estabelece a partir publicação do artigo “Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change”, em 1982, por Posner, Strike, Hewson e Gertzog. Nesse trabalho, os autores estabeleceram um novo referencial para as pesquisas em Ensino de Ciências,

principalmente na década de 1990.

Posner et al. (1982) definem quatro condições que deveriam ser consideradas por um professor ao planejar atividades visando o processo de mudança conceitual, trocando suas concepções espontâneas pelas científicas:

- Insatisfação com as concepções alternativas: além de tomarem consciência de suas concepções espontâneas, os estudantes deveriam perceber que elas não explicavam alguns resultados, ou seja, eram refutadas por testes e, portanto apresentavam anomalias. Isso deveria gerar um conflito que motivaria o estudante a trocar de ideias ao perceber a inconsistência de sua forma de pensar;
- A nova concepção deve ser inteligível: Nessa segunda etapa, ao deixar o aluno insatisfeito com suas concepções, as ideias científicas deveriam ser apresentadas de forma que os estudantes entendessem claramente as ideias científicas;
- A nova concepção deve ser plausível: Além de compreender a teoria científica, os estudantes, para passarem pelo processo de mudança conceitual, deveriam perceber o quanto essa teoria é plausível, ou seja, que explica de forma consistente todos os resultados experimentais nos quais é testado;
- A nova concepção deve ser frutífera: Finalmente, os estudantes deveriam perceber que a teoria científica ensinada pelo professor oferece condições para ser aplicada em investigações futuras a partir de generalizações.

Monteiro (2002) comenta que muitas críticas foram feitas ao modelo de mudança conceitual, dentre elas podemos citar:

- O fato do modelo não levar em conta aspectos extralógicos e afetivos dos

alunos;

- Que apesar de criticar o empirismo o modelo sugere a ideia de experimento crucial para mostrar que uma teoria é falsa;
- Que ao propor situações de conflitos cognitivo não se leva em conta perturbações tipo lacunares, ou seja, a falta de informações do aluno para interpretar os resultados de um problema; e
- Que, muitas vezes, os estudantes não ficavam insatisfeitos com suas concepções espontâneas, pois criavam “cinturões protetores” para elas, inviabilizando a mudança conceitual.

Contudo, independentemente das críticas, o modelo de mudança conceitual permitiu perceber que a utilização da experimentação é importante, porém, ela não basta para promover a aprendizagem, haja vista o fato de os estudantes não se constituírem em tabula rasa, ou seja, trazem de suas vidas extraescolar ideias, concepções, posicionamentos que não serão superados meramente pela existência de um resultado experimental conflitante.

Assim, mesmo não sendo crucial para a definição do caráter verdadeiro ou falso de uma teoria científica, a experimentação desempenha papel importante no trabalho do cientista.

Como bem destacou Kuhn (2010), os dados experimentais servem de elementos importantes para a estratégia de convencimento da comunidade científica. Assim, como consequência, o uso da experimentação como estratégia de ensino tem sido alvo de várias pesquisas abordando meios e vantagens de sua utilização (ARAÚJO & ABIB, 2003).

1.2 – Considerações das pesquisas em Ensino de Ciências sobre o papel da experimentação para o aprendizado de conceitos científicos

É inegável o gosto dos estudantes em executar atividades práticas, apresentando disposição e entusiasmo, mas provavelmente, o que os atrai é a oportunidade de uma aprendizagem ativa, e com a liberdade de organizar o seu trabalho (HODSON, 1994).

Os professores geralmente utilizam os experimentos para: motivar, ensinar as técnicas de laboratório, ensinar ou reforçar os conceitos, ensinar o método científico e atitudes científicas, facilitar a aprendizagem e compreensão dos conceitos abordados e ensinar habilidades práticas (HODSON, 1994; BORGES, 2002).

O trabalho prático, além de auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos, está relacionado com o desenvolvimento de uma série de habilidades. Oliveira (2012) coloca que, entre as possíveis contribuições do trabalho experimental, está a capacidade de trabalhar em grupo, rompendo o comum trabalho isolado dos alunos e contribuindo para a socialização deles e o desenvolvimento da iniciativa pessoal e a tomada de decisão, sendo necessário para isso garantir a liberdade de expressão, rompendo a inatividade física e intelectual dos alunos.

As atividades experimentais estimulam também, segundo Oliveira (*opus cit*), a criatividade, e aprimoram a capacidade de observação e registros de informações, bem como a análise de dados e o levantamento de hipóteses para os fenômenos, já que as aulas experimentais exigem atenção dos alunos para entender os fenômenos ocorridos e o raciocínio lógico para interligar as informações teóricas e os fenômenos observados, desenvolvendo assim a habilidade de elaborar explicações válidas para o fenômeno ocorrido.

A experimentação pode contribuir ainda na compreensão das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, aproximando o ensino da realidade do aluno e ajudando o aluno a compreender a natureza da ciência (OLIVEIRA, *opus cit*). De forma que a experimentação favorece o estabelecimento de um elo entre o mundo dos objetos e o dos

conceitos, das leis e teorias, e das linguagens simbólicas (SERÈ, COELHO & NUNES, 2003).

Assim, a utilização de experiências, além de ser uma alternativa diferente para o ensino de conceitos, desenvolve várias habilidades procedimentais referentes ao manuseio de aparelhos para a tomada de medidas, construção de gráficos e a elaboração de argumentos que justifiquem os dados obtidos, que, nem sempre, estão de acordo com aqueles esperados pelo modelo proposto pela teoria, possibilitando discussões e análise. O laboratório didático, portanto, se caracteriza como um ambiente em potencial para o desenvolvimento de uma cultura científica capaz de proporcionar aos envolvidos uma visão mais completa da Ciência (DELIZOICOV *et al*, 2002; CARVALHO & GIL-PÉREZ, 2003; MONTEIRO & TEIXEIRA, 2006).

Dessa maneira, as pesquisas em Ensino de Ciências têm apontado que um bom ensino de conceitos científicos passa por situações didáticas variadas e ricas de forma que o aluno possa explorar suas concepções espontâneas, levantar hipóteses e testá-las, além de desenvolver uma série de habilidades atitudinais e procedimentais (DELIZOICOV *et al*, 2002; CARVALHO & GIL-PÉREZ, 2003).

Esse consenso se reflete nos documentos oficiais nacionais da educação nacional como o PCN (BRASIL, 1999) e PCN+ (BRASIL, 2002), que se posicionam favoráveis à experimentação, considerando-a fundamental para o ensino das ciências, em especial, para o ensino da física. Assim, mais do que uma sinalização dos pesquisadores, a prática experimental é uma atividade didática orientada para ocorrer em todo território nacional, a partir de um documento oficial:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o

hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. Isso inclui retomar o papel da experimentação, atribuindo-lhe uma maior abrangência para além das situações convencionais de experimentação em laboratório. (BRASIL, 2002, p. 84).

Como afirmam Araújo e Abib (2003), é de conhecimento corrente que os alunos geralmente possuem dificuldades em aprender Física, fato que se agrava tendo em vista a má formação inicial e continuada dos professores. Em concordância com essa posição, Ferreira e Villani (2002) chamam atenção para o fato de muitos professores não se abrirem para mudanças em suas práticas pedagógicas, presos a uma didática ultrapassada baseada na transmissão do conteúdo e na resolução de exercícios, não abrindo possibilidade para a utilização de outros recursos tais como: o laboratório didático, a simulação, a história da ciência, e a exposição de filmes. Nas palavras dos autores:

em geral, os professores fecham o círculo de possibilidades de explicações ao que eles conhecem de sua prática, pois acreditam essa ser a única forma para ter um certo domínio em sua interação com os alunos. Ainda hoje fórmulas e resoluções de exercícios constituem atividades preferidas, ao passo que laboratório didático, simulações, história da ciência, filmes e outros recursos metodológicos raramente são utilizados. O resultado é que os alunos se convencem da extrema dificuldade da Física e poucos investem na tentativa de aprender. (FERREIRA; VILLANI, 2002, p.63).

Ainda hoje na realidade escolar, é o livro texto que determina o método de ensino e a sequência do conteúdo, considerando que geralmente o professor escolhe o livro que vai seguir de formas errôneas, como o comodismo e as vantagens oferecidas a ele por tal escolha, o livro pode apresentar qualidade duvidosa (AXT, 1991).

Assim, para mudar o ensino de ciências, é necessário, segundo Axt (1991), abandonar o livro convencional e implementar novas propostas, que integrem a experimentação ao conteúdo, e que sejam adequados aos alunos. Dessa forma, além de melhorar a qualidade do ensino, ajuda a resgatar a autonomia do professor.

Contudo, nenhum desses recursos ensina por si só, são apenas ferramentas de que

o professor dispõe para realizar seu ofício e atingir seu objetivo. Portanto, é o professor quem, em última análise, confere significado à utilização desses recursos em sala de aula (MONTEIRO *et al*, 2013).

Mesmo sendo amplamente defendida e até mesmo prevista em documentos oficiais, a utilização de laboratórios didáticos no ensino encontra diversos obstáculos para se estabelecer no cotidiano das escolas.

Borges (2002) discute o papel das atividades no Ensino de Ciências procurando entender como os professores entendem aquilo que ensinam e como acreditam que podem melhorar, considerando como os alunos adquirem conhecimento científico, bem como processos e métodos da Ciência e a compreensão entre as relações: Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Um ponto em comum entre a opinião dos professores do Ensino Fundamental e Médio é que a melhoria do ensino passa por aulas práticas no currículo, porém os professores muitas vezes não dispõem de infraestrutura mínima, de tempo e recursos para elaborar e aplicar atividades experimentais, e as escolas que possuem laboratório, muitas vezes, não os utilizam por não terem atividades já preparadas para o uso do professor e faltar recursos para a reposição de materiais e manutenção do laboratório (BORGES, 2002).

1.3 – Dificuldades enfrentadas por professores para a implementação de aulas experimentais

Autores (AXT, 1991; NEVES, 2003; BORGES & GOMES, 2005; LOPES, 2007; RAMOS & ROSA, 2008; WESENDONK, 2015) colocam que as atividades experimentais, que deveriam ser inseridas no tempo letivo, têm sido substituídas por demonstrações ou extintas pela falta de material e a dificuldade de fazer reparos ou

reposições.

Os autores ainda destacam outros empecilhos para o desenvolvimento da experimentação:

- a) a falta de local com infraestrutura adequada;
- b) a carga horária reduzida de aulas de Física no Ensino Médio inviabilizando a coleta de dados e a real discussão dos resultados obtidos;
- c) o excessivo número de alunos em sala de aula; e
- d) o despreparo metodológico de muitos professores para planejar e dirigir atividades experimentais, incluindo assim, a má formação inicial dos professores e as políticas públicas e sociais que afetam o sistema educacional, sobretudo, a desvalorização do profissional da educação.

Os dados do Censo Escolar de 2013 do Ministério da Educação (CENSO ESCOLAR, 2013) demonstram essa realidade (WESENDONK, 2015): apenas em 11% das escolas brasileiras, incluindo as públicas e privadas, num universo de 190.706 estabelecimentos de ensino, possui laboratório de ciências. Se levarmos em conta apenas as escolas públicas, esse percentual cai para apenas 8,19%.

Considerando as diferentes regiões do país, a questão de infraestrutura das escolas para a realização de práticas experimentais ainda se torna mais grave:

Tabela 1 – Percentual de escolas públicas com laboratório de ciências por regiões do Brasil

Percentual das escolas das escolas da Educação Básica da rede pública com cada item de infraestrutura adequada por região						
	Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Laboratório de ciências	8,19	3,84	4,13	11,63	18,55	8,27

Fonte: dados retirados de (CENSO ESCOLAR, 2013).

Levantando os dados referentes a escolas estaduais de todo Brasil, vemos que 30% das escolas possuem laboratório de ciências, que 82% apresentam laboratório de informática e que em 87% das escolas estaduais têm acesso à Internet.

Os dados referentes às escolas do Estado de São Paulo são próximos, sendo que em 28% das escolas é possível encontrar um laboratório de ciências e, em 90%, laboratório de informática. Um dado que nos chamou a atenção é que a Internet é muito mais comum nas escolas estaduais do Estado de São Paulo que a biblioteca, como podemos observar na Tabela 2.

Tabela 2 - Infraestrutura das escolas estaduais.

Infraestrutura	Brasil	São Paulo	Guaratinguetá
Laboratório de ciências	30%	28%	29%
Laboratório de Informática	82%	90%	88%
Biblioteca	62%	13%	18%
Internet	87%	92%	100%
Banda Larga	74%	79%	94%
Escolas pesquisadas	30891	5616	17

Fonte: dados retirados de (CENSO ESCOLAR, 2013).

A cidade de Guaratinguetá, situada na região do Vale do Paraíba, interior do Estado de São Paulo, conta com 17 escolas da rede estadual, nas quais os índices analisados de infraestrutura e tecnologia se equiparam aos demais destacados, sendo que 29% dessas escolas possuem laboratório de ciências em comparação a 88% que possuem laboratório de informática, e ainda, 100% dessas escolas possuem Internet.

Assim, fica evidente a falta da estrutura ideal para o desenvolvimento de atividades experimentais, sem contar outros fatores como: a alta carga horária dos professores, o número excessivo de alunos por sala de aula, a quantidade reduzida de aulas de física, a falta de materiais e equipamentos para a pronta utilização, entre outros motivos como já destacados.

Dessa forma, a atividade experimental que é tão amplamente defendida por suas

várias vantagens, acaba sendo apenas parte de um discurso sem aplicação. Uma alternativa oferecida para superar as limitações quanto à falta de laboratório e equipamento experimental é a utilização de laboratórios controlados remotamente (MONTEIRO *et al*, 2013).

Essa tecnologia parece vir ao encontro das necessidades do professor, pois com ela não é necessário que o professor construa o aparato experimental, gastando tempo e dinheiro, pois o experimento já está pronto, bastando, apenas acessá-lo pela internet. Como vimos, o acesso à internet não é um problema das escolas brasileiras, muito menos para as escolas do Estado de São Paulo.

Tal tecnologia ainda é nova no Brasil, mas se mostra pertinente visto o quadro da situação do ensino no país, onde laboratórios de ciência são raros em contraposição aos de informática e o acesso à internet.

No próximo capítulo, apresentaremos mais detalhes sobre os laboratórios controlados remotamente.

2 LABORATÓRIOS REMOTOS: UMA ALTERNATIVA VIÁVEL PARA A FALTA DE LABORATÓRIOS?

São várias as propostas que visam a implementação de atividades experimentais em sala de aula destacando a importância que elas trazem para a formação dos estudantes (GABEL, 1994; ARRUDA *et al*, 1998; GIORDAN, 1999).

Nesse aspecto, as atividades experimentais podem contribuir para: estimular a habilidade de observação e de registros; desenvolver habilidades manipulativas de instrumentos de medidas; contextualizar situações, facilitando a mediação semiótica; permitir um maior entendimento sobre a natureza da Ciência e do fazer científico; promover a motivação dos estudantes; e envolver alunos em busca de soluções para situações problemas,

Monteiro e Teixeira (2006) e Gonçalves (1997), destacam que a atividade experimental pode contribuir para desencadear situações nas quais se pode promover o desenvolvimento da capacidade dos estudantes em construir argumentos, possibilitando um Ensino de Ciências menos descritivo e mais explicativo.

Araújo e Abib (2003) chamam atenção para o fato de existirem, entre professores de Física e pesquisadores em Ensino de Física, diferentes enfoques e finalidades para as atividades experimentais em sala de aula.

Os autores classificam esses enfoques e finalidades em cinco categorias:

- a) Ênfase Matemática – Nessa categoria os autores explicam que há experimentos com diferentes níveis de matematização: desde daqueles sem matematização alguma, caracterizados como qualitativos, até os que envolvem equações, gráficos e tabelas, denominados como quantitativos.
- b) Grau de direcionamento – Com relação a este aspecto, os autores identificam experimentos com função de demonstração, verificação e investigação. Nas

demonstrações, o professor busca mostrar para a os alunos alguns fenômenos que caracterizam princípios, leis e/ou alguma propriedade. As demonstrações podem ser fechadas ou abertas. No primeiro caso, elas são realizadas sem a participação ativa dos alunos, só o professor executa a demonstração destacando os aspectos mais importantes do fenômeno, princípio, lei, ou propriedade que deseja ilustrar. No segundo caso os alunos são convidados a participarem mais ativamente da atividade: levantando hipóteses, discutindo ideias, enquanto a demonstração é realizada. O direcionamento pode estar voltado para a verificação de algum conceito científico. Comumente, envolve a obtenção de resultados que confirma a previsão de uma teoria científica, ou também, para a investigação. Nesse caso, um problema é proposto e os alunos são estimulados a se debruçarem sobre ele em busca de repostas.

- c) Uso de Novas Tecnologias – Nessa categoria, os autores destacam a importância do uso de novas tecnologias, a partir do emprego de computadores e softwares específicos para atividades práticas de simulação de fenômenos. Medeiros (2002), destaca que, as simulações têm a vantagem de propiciar visualizações próprias do modelo científico (vetores, por exemplo) que o experimento real não oferece. Contudo, aponta a desvantagem de sempre os resultados refletirem não a realidade natural do fenômeno, mas sua descrição prevista cientificamente.
- d) Cotidiano - Nesta categoria, os autores enfatizam a importância dada em se propor atividades experimentais que possibilitam o estudo de fenômenos que fazem parte do cotidiano dos estudantes.
- e) Montagem de Equipamentos – Enfim, nesta categoria, os autores destacam o enfoque dado as atividades experimentais que buscam envolver os estudantes em montagens do aparato experimental, no qual se a oportunidade de abordar detalhes

envolvidos em sua confecção.

Muitos desses enfoques e tendências se materializam em propostas de atividades de baixo custo ou mesmo em construção de softwares para que possam ser utilizados em sala de aula, visando minimizar a falta de infraestrutura comum na maioria de nossas escolas (CENSO ESCOLAR, 2013).

Uma alternativa que vem sendo proposta na direção de contribuir para a implementação de atividades experimentais em sala de aula é a utilização dos laboratórios disponibilizados na *web*. Eles podem ser divididos em duas classes: os laboratórios de acesso remoto e os laboratórios virtuais. Apesar de muitas vezes encontrarmos esses dois termos como sinônimos, eles, de fato, não são.

Os laboratórios virtuais se utilizam de *softwares* para simularem um experimento ou instrumento, ou seja, são simulações animadas, enquanto no laboratório remoto a experimentação é real, o usuário comanda remotamente o experimento, executando tarefas, observando resultados e dados, bem como imagens que são disponibilizadas em tempo real (CASINI *et al*, 2003; GARCIA-ZUBÍA, 2004; LOPES, 2007).

Assim, tanto o laboratório virtual quanto o remoto podem ser acessados pela internet, mas na simulação os conhecimentos que os alunos podem adquirir dependem da qualidade do *software* utilizado, já no laboratório remoto podem existir erros inerentes da experimentação, como o erro de medição, por exemplo, e é minimizado o elemento de ficção (NEDIC *et al*, 2003; LOPES, 2007; CARDOSO & TAKAHASHI, 2011; MONTEIRO *et al*, 2013).

Bencomo (2004) destaca que o laboratório virtual consiste em um banco de simulações computacionais, também chamados de objetos de aprendizagem, disponíveis em uma página da internet, nas quais os estudantes podem acessá-las, podendo variar parâmetros e observar as alterações provocadas no fenômeno que é animado na tela do

computador. Isso é especialmente interessante já que permite o estabelecimento da relação de causa e efeito. Como destaca Arantes *et al* (2010) uma bem-sucedida iniciativa desse tipo de laboratório é o *PhET* (sigla em inglês para Tecnologia Educacional em Física), idealizado por *Carl Wieman*, vencedor do prêmio Nobel de Física de 2001. Outro tipo muito comum de laboratório virtual são os que consistem em programas computacionais que simulam equipamentos e experiências. Os mais comuns são o Matlab (simulink) ou LabVIEW (LELEVE, 2003).

Para Alhalabi *et al* (2000); Harms (2000) e Bischoof e Rohring (2001) os laboratórios virtuais têm a vantagem de propiciarem a realização dos experimentos em qualquer lugar e local, bastando para isso, um computador com acesso à internet. Além disso, apesar do alto custo individual, esse tipo de laboratório torna-se economicamente viável quando se leva em conta a quantidade de alunos que podem utilizar esse recurso em comparação com aqueles que utilizam os laboratórios tradicionais. Considera-se também, como vantagem dos laboratórios virtuais, o fato de serem amplamente seguros e não oferecerem qualquer tipo de risco aos usuários.

Esses autores, porém, enfatizam as limitações desse tipo de laboratório:

- Os experimentos virtuais só permitem ações pré-programadas, não oportunizando qualquer outro tipo de interação não prevista na programação;
- O experimento virtual não falha nunca, não permitindo que o aluno cometa erros na tomada de medidas, não contribuindo, portanto, com o desenvolvimento de habilidades procedimentais;
- Como o aluno limita-se a interagir somente a partir dos elementos pré-programados, sua liberdade de ação é limitada e pode limitar, também, a imaginação e a criatividade do estudante, trazendo rápida desmotivação.

Por isso, Bhone *et al* (2002) afirmam que o uso dos laboratórios virtuais não deve

ser visto como substitutos dos laboratórios reais tradicionais, já que sua função tem mais significação quando se considera o aspecto de complementar desse tipo de atividade no processo de ensino e de aprendizagem.

A tecnologia de laboratórios virtuais é relativamente recente, pois temos notícias de seu desenvolvimento no início da década de 90.

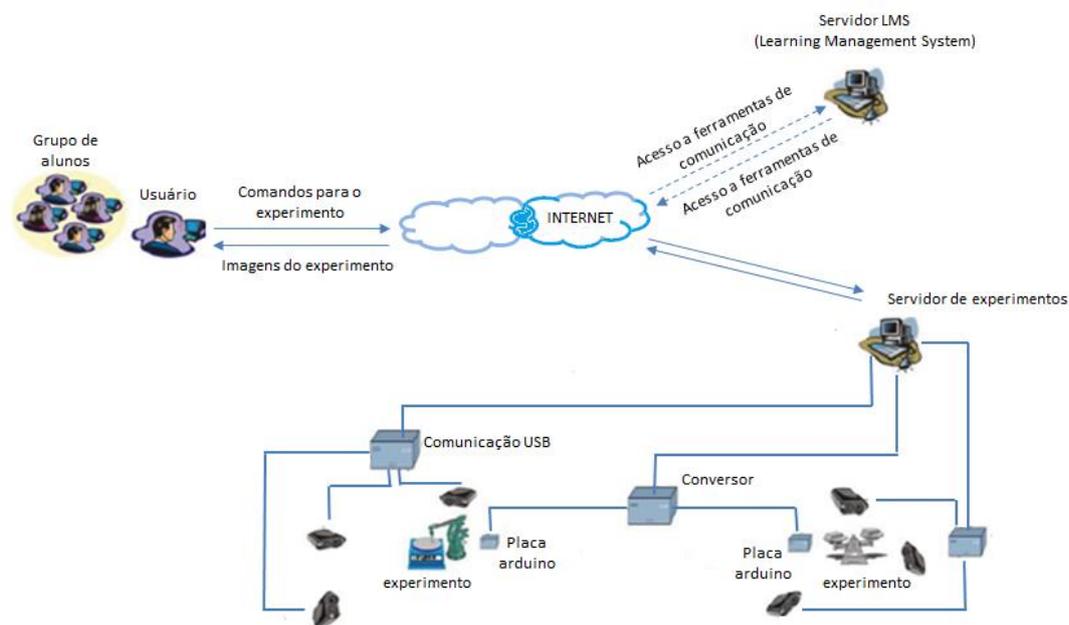
No ano de 1992 apareceu pela primeira vez o termo “laboratório virtual” descrevendo a programação orientada ao desenvolvimento de simulações, e nos anos decorrentes começaram a aparecer laboratórios virtuais como apoio à prática docente, esses laboratórios otimizavam o tempo de estudo, tanto dos alunos como dos profissionais dos laboratórios (GOMEZ, 2004 apud SILVA, 2006).

Em 1995, uma experiência no campo da robótica deu o primeiro grande passo na área de controle remoto via *Web*, um braço robótico com três graus de liberdade era passível de ser controlado através da Internet (AKTAN, 1996). Porém, apenas no ano de 1997 é que foi aparecer o primeiro laboratório completo à disposição via *web*, o laboratório foi desenvolvido por pesquisadores da Universidade de *Illinois* e era de instrumentação eletrônica com acesso ao controle remoto de alguns instrumentos eletrônicos em funcionamento (SILVA, 2006).

Bencomo (2004) afirma que os laboratórios controlados remotamente são experimentos reais que existem de fato num determinado local distante da escola ou do lugar onde o aluno acessa por meio do computador ligado à internet. As imagens do experimento, bem como todo o controle e ajustes de seus parâmetros, são obtidos por meio de câmeras e de circuitos eletroeletrônicos, respectivamente, que automatizam o funcionamento do equipamento permitindo a coleta de dados.

Monteiro *et al* (2013) nos oferecem um esquema de como funciona um laboratório controlado remotamente.

Figura 1 – Esquema de funcionamento de um laboratório controlado remotamente



Fonte: Adaptado de (Monteiro et al, 2013, p.197).

É possível perceber pelo esquema da figura 1 que o usuário, ao acessar o laboratório controlado remotamente por meio de um computador ligado à internet, tem a opção de escolher qual, de um rol de experiências, aquela que deseja realizar. Optando por uma delas, tem acesso ao painel de configuração do experimento escolhido e, dessa forma, é possível, mediante *clicks* com o mouse, definir as condições iniciais para a realização do experimento, configurando-o, segundo seus objetivos. Em seguida, portanto, pode iniciar o processo de aquisição de dados, visualizando não somente o fenômeno que se realiza bem como as grandezas que se alteram e que se mantêm constantes, mediante gráficos, tabelas e medidores.

A interface de um laboratório remoto pode, ainda, possibilitar a interação do usuário com outros usuários interessados no mesmo experimento a partir de salas de bate-papo ou mídias eletrônicas. Além disso, é possível fazer uso de ferramentas do LMS (*Learning Management System*), ou seja, Sistema de Gerenciamento do Aprendizado disponível, como por exemplo, textos de apoio, vídeo-aulas, simulações, animações, bem

como outros que dão suporte à utilização do recurso.

De acordo com Johnston e Agarwal (1995) um laboratório de experimentação remota deve apresentar os seguintes quesitos:

- Controle remoto e monitoramento dos experimentos.
- Comunicações multimídia entre os usuários.
- Caderno de notas digital com todas as facilidades para introdução de dados, arquivos, figuras, etc.
- Gestão de recursos, para decidir e gerenciar o acesso do usuário aos experimentos disponíveis.
- Segurança tanto no aspecto de permitir e negar acesso como nos recursos para gerir possíveis falhas do sistema.
- Diversos tipos de comunicação: voz, imagem, dados, resultado e estado dos experimentos.
- Largura de banda adequada para permitir a comunicação de dados, assim como de imagens e vídeos.

Já Garcia-Zubía (2004, p 2 – 3), lembra de outros recursos mais técnicos, como:

- Um conjunto de *hardware* que controla e acessa os motores e a automação do experimento.
- Uma página *web* que permite o acesso ao *hardware*.
- Aplicação cliente-servidor responsável pela comunicação entre o usuário e o conjunto de *hardware* através da rede.
- Um servidor que armazene as páginas *web* e a aplicação cliente-servidor.
- Webcam para poder mostrar na página *web* os movimentos controlados pelo usuário.

- Um programa de gestão administrativa para lidar com senhas, tempo de conexão, segurança de acesso e afins.

Bencomo (2004) destaca ainda que programas, como *LabVIEW*, que são utilizados em laboratórios virtuais, também podem ser utilizados como interfaces gráficas para laboratórios de acesso remoto.

Um dos primeiros laboratórios totalmente remotos com fins educacionais foi o ACT (*Automatic Control Telelab*) desenvolvido em 1999 e em funcionamento até os dias atuais, ele destina-se ao ensino de Sistemas de Controle, voltado para cursos de engenharia. O projeto do laboratório teve como um de seus objetivos principais o de dar acesso aos estudantes a um laboratório sem restrição de tempo, ficando acessível o dia todo, em qualquer horário, flexibilizando sua utilização (CASINI *et al*, 2003).

As vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de laboratório são realizadas por diferentes trabalhos que identificam a questão econômica, a necessidade de muitos equipamentos e instalações, a possibilidade real de controle, a acessibilidade, a possibilidade do trabalho em equipe, a segurança do sistema, a necessidade de manutenção bem como os benefícios educacionais.

Cardoso e Takahashi (2011) fazem um levantamento dessas vantagens e desvantagens, criando um quadro que resume a opinião dos pesquisadores quando comparam a utilização do laboratório presencial convencional, o laboratório controlado remotamente e o laboratório virtual.

Nesse quadro, os autores não apresentam muitos detalhes dos reais potenciais educacionais de cada modelo de laboratório, contudo, permite-nos identificar aspectos interessantes das especificidades de cada um deles.

A seguir apresentamos uma adaptação do quadro elaborado por Cardoso e Takahashi (*opus cit*):

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens quanto ao uso dos diferentes tipos de laboratórios

Parâmetro	Laboratório Presencial convencional	Laboratório de Acesso Remoto	Laboratório Virtual
Custo	Alto	Alto	Baixo
Equipamentos e instalações	Necessidade de equipamentos e espaço físico	Necessidade de equipamentos e pequena demanda de espaço físico	Não demanda equipamentos e espaço físico
Habilidades manuais	Melhor uso	Próximo ao do laboratório real	Totalmente virtual
Realidade e controle real	Muito alto	Razoavelmente alto, dependendo da interface audiovisual	Baixa para 2D e realística para 3D
Acessibilidade	Limitada	Quase ilimitada	Ilimitada
Supervisão do instrutor	Necessidade da presença física do instrutor durante sessões	Por meio de comunicação síncrona ou assíncrona	Por meio de comunicação síncrona ou assíncrona
Apoio e trabalho em equipe	Apoio de assistente de laboratório e membros da equipe	Independente	Independente
Benefícios educacionais	Experiências reais e habilidades práticas	Interação com equipamento real via Internet	Boa exposição à aprendizagem conceitual
Segurança	Exige procedimentos de segurança	Não requer procedimentos de segurança	Não requer procedimentos de segurança
Manutenção	Equipamentos	Equipamentos e atualização de softwares	Atualização de softwares

Fonte: adaptado de (CARDOSO E TAKAHASHI, 2011).

Outros trabalhos também buscam estabelecer suas comparações entre as diferentes modalidades de laboratório disponíveis atualmente.

Em comparação ao laboratório convencional presencial, o laboratório remoto apresenta as vantagens de não limitar o número de alunos que podem acessá-lo e não restringe o horário de utilização do laboratório ao que possui um técnico ou professor disponível para acompanhar o desenvolvimento da experimentação (GARCIA-ZUBÍA, 2004; LOPES, 2007; CARDOSO & TAKAHASHI, 2011). Não exigindo assim, um

horário rígido e diminuindo a necessidade de pessoal e organização do espaço físico.

Por ser acessado via internet, os laboratórios remotos desenvolvidos podem ser compartilhados por diferentes instituições de ensino, dando acesso à diferentes professores e alunos, podendo assim, ser um integrador social (GARCIA-ZUBÍA, 2004). Tal flexibilidade ajuda a reduzir os custos de gestão e manutenção dos laboratórios (BISCHHOOF & ROHRING, 2001; LOPES, 2007; MONTEIRO *et al*, 2013).

A utilização do laboratório passa a ser maior, já que sua concepção o torna disponível 24 horas por dia e sete dias na semana. Contudo, apesar de possibilitar a ampliação de acessos, num experimento remoto apenas um usuário por vez pode comandar um equipamento experimental, daí a necessidade de prévio agendamento.

Dessa forma, diferentes autores (GARCIA-ZUBÍA, 2004; MONTEIRO *et al*, 2013; CARDOSO & TAKAHASHI, 2011; BISCHOFF & RÖHRIG, 2001) afirmam as muitas contribuições que esse tipo de recurso pode oferecer, já que o ambiente, apesar de remoto, é real e pode envolver os alunos como aprendizes ativos na experiência e não apenas como meros observadores:

- a) Podem ser compartilhados por diferentes instituições de ensino e, conseqüentemente, por diferentes alunos e professores em diferentes pontos geográficos. Essa flexibilidade permite uma redução de custos, tanto em relação à instalação quanto à manutenção.
- b) São acessíveis de qualquer local, inclusive da própria residência do estudante, em qualquer horário, pois podem ser acessados e controlados por *smartphones*, *notebooks* e *tablets*. Nesse sentido, as atividades experimentais podem ser acessadas em sala de aula, juntamente com o professor, ou na residência do estudante, em bibliotecas, salas de estudos, enfim, também como uma atividade extra- sala de aula, nas chamadas atividades de campo.

- c) São mais facilmente adaptáveis aos alunos com necessidades especiais. Essa característica democratiza o ensino e possibilita a inclusão.

Assim, o laboratório remoto pode ser utilizado por alunos ou pelo público em geral para práticas laboratoriais a distância, ou pode ainda, ser utilizado pelo professor em sala de aula, como uma ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem. Sendo mais uma ferramenta para auxiliar a boa prática do professor.

Lopes (2007), porém, comenta sobre as desvantagens de um laboratório remoto e coloca que uma delas é a falta de um professor para acompanhar o desenvolvimento do experimento, já que no decorrer dele, podem existir dúvidas conceituais e operacionais. Essa desvantagem pode ser contornada com a implementação de materiais de apoio como vídeo aulas, explicações de como controlar o experimento e até mesmo *chats*, com existência de um professor ou um tutor *on-line*.

Um ponto interessante mencionado por Imbrie e Raghavan (2005) é que os experimentos remotos são geralmente limitados aos controles guiados de equipamentos, possuindo apenas movimentos pré-estabelecidos e contendo apenas roteiros fechados de instruções, sendo necessário o empenho para montagens e abordagens mais complexas que incentivem o aumento da interação, criatividade, e autonomia para manipular e aplicar conceitos. Dessa forma, o fato de um laboratório remoto permitir ao usuário executar apenas movimentos preestabelecidos, pode ser visto como um problema, pois não permite que o aluno explore totalmente as ferramentas e mecanismos existentes.

Nesse sentido, entendemos que um laboratório controlado remotamente não pode ser concebido como um experimento comum que é automatizado por especialista em robótica ou engenharia elétrica. É fundamental a existência de um especialista em ensino que não apenas conceba a ideia do experimento a partir de uma concepção didática, mas que produza o material de apoio que torne a exploração do experimento menos

reducionista, não o limitando a oferecer formas de interação a partir de um passo-a-passo mecanizado e roteirizado.

Outro ponto mencionado por Lopes (2007) é o de que nem todos os assuntos podem ser tratados e explorados com essa tecnologia, já que em laboratórios de algumas matérias é necessária a constante troca de materiais, dificultando sua conversão em um laboratório de acesso remoto. Isso, ao nosso ver, pode ser solucionado com a previsão de acesso e o estabelecimento de um sistema de provimento automático de materiais necessários.

Comparando os laboratórios controlados remotamente com os virtuais, Lee *et al* (2002) afirmam que eles não se constituem em uma simulação idealizada e, por isso, permitem o erro e propicia oportunidades de desenvolvimento de competências procedimentais. Além disso, não são tão limitados como as pré-programações dos laboratórios virtuais, dando maior liberdade de ação sobre os experimentos, não impondo obstáculos nem à liberdade e nem à criatividade dos estudantes.

Hua e Ganz (2003) também destacam a vantagem dos laboratórios remotos no sentido de serem mais facilmente adaptados a estudantes com necessidades especiais e lembram a questão da segurança, pois a manipulação de determinados instrumentos e substâncias são secundadas pelo computador e a interface eletroeletrônica. Um exemplo significativo dessa questão é o estudo de amostras radioativas, ou de qualquer outra substância com toxicidade alta, impossíveis de serem realizadas presencialmente. Nesse caso, os laboratórios remotos não oferecem riscos algum, pois os alunos não têm contato direto com tais substâncias.

Com relação à motivação, os autores não são consensuais na comparação do laboratório controlado remotamente com o laboratório presencial convencional.

Alhalabi *et al* (2000) e Bischoof e Rohring (2001) enfatizam que os laboratórios

remotos são bem motivadores, exatamente por serem inovadores, ou seja, por disponibilizarem meios para controlarem instrumentos e equipamentos a distância, em qualquer horário e lugar, apenas utilizando um computador para isso. Para esses autores, o fato de o laboratório controlado remotamente propiciar a interação de resultados com alunos de diferentes escolas e de diferentes localidades, a partir das discussões coletivas mediante o uso das redes sociais, permitem uma grande motivação, além de uma riqueza de pontos de vistas que podem contribuir para o processo de aprendizagem dos estudantes. Contudo, Hua e Ganz (2003) afirmam que nem sempre os estudantes creem que o experimento que realizam, de fato são remotos, gerando desconfiança e uma motivação não tão significativa quanto à gerada por laboratórios presenciais convencionais. Já autores como Bhone *et al* (2002) enfatizam que a questão da motivação dos estudantes depende muito da interface e da concepção do experimento.

No trabalho de De Lima *et al* (2013), foram implementadas atividades experimentais utilizando recursos das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação (NTICs) em uma disciplina de Física do segundo ano do Ensino Médio. A proposta da metodologia de integrar dispositivos móveis a aula, disponibilizando o acesso a experimentos remotos, simuladores e outros objetos de aprendizagem, cuja intenção era superar a carência de Laboratório de Ciências nas escolas.

Segundo os autores, no decorrer da aplicação, foi perceptível o interesse e a participação dos alunos durante as experimentações, o que os levou a concluir que as atividades práticas são motivadoras, e que apesar da prática em laboratórios presenciais ainda serem fortes atrativos para os estudantes, outros meios, como os disponibilizados pelas Novas Tecnologias da Informação e Comunicação, podem ser importantes aliados quando não se tem à disposição a infraestrutura necessária para a realização de atividades presenciais.

O principal ponto destacado entre as dificuldades e limitações foi o acesso à internet de baixa qualidade, realidade ainda encontrada em nosso país. Mas esse fator não impediu que os autores concluíssem que a experimentação remota integrada à sala de aula é uma combinação positiva para os processos de ensino e de aprendizagem, já que possibilita a ampliação e a diversidade das atividades, contribuindo para uma maior interação entre aluno-professor, aluno-aluno e aluno-objeto de conhecimento.

Na tese de Lopes (2007), em seu segundo capítulo, é feito um levantamento referente aos laboratórios remotos existentes atualmente e disponíveis na *web*. A autora constata que embora a tecnologia envolvida nesse tipo de laboratório seja relativamente recente, existe um número considerável deles disponibilizados por universidades de renome mundial. O levantamento acaba não apresentando todos os laboratórios encontrados, devido a grande quantidade, mas é comentado que, em sua grande maioria, esses laboratórios são voltados ao nível universitário, cujo acesso só é permitido aos alunos dessas instituições.

Assim, esses laboratórios controlados remotamente exigem uma inscrição prévia do usuário para que o gestor do sistema possa, posteriormente, fazer a verificação de que o usuário é de fato aluno da instituição, enviar um *username* e uma senha, para que, somente assim, o acesso às experiências seja possível. Outro ponto destacado é a lentidão extrema da conexão, inviabilizando a execução da experiência, a qualidade e fluidez da imagem da câmera.

Na opinião de Bischoof e Rohring (2001) a grande desvantagem dos laboratórios remotos quando comparados aos laboratórios presenciais convencionais está na mentalidade dos professores e dos educadores. Para esses autores, todos os demais problemas como instabilidades na rede de conexão e de velocidade de transmissão de dados, podem ser minimizados se os usuários superarem seus preconceitos quanto ao uso

das novas tecnologias educacionais disponíveis. É evidente que, para fazerem essa comparação, os autores partem do pressuposto que o laboratório remoto requer um professor *on-line* que acompanhe e interaja com os estudantes durante suas ações para poderem sanarem possíveis dúvidas, indicarem possíveis erros procedimentais, chamarem atenção para dados importantes, bem como auxiliarem em suas discussões e construção de explicações, justificativas e argumentos dos dados obtidos.

Os laboratórios remotos apresentados no trabalho de Lopes (*opus cit*) são todos exteriores ao Brasil, e alguns deles estão em países como Rússia e Alemanha, sem versão em inglês, possuindo apenas instruções e comentários na língua do país de origem, o que dificulta o acesso de pessoas exteriores a esses países, ou que não dominem a língua.

Outra crítica feita por Lopes (2007) é que a grande maioria dos laboratórios remotos são muito específicos, sendo em sua grande maioria voltada para alunos dos cursos de engenharia, portanto, privilegiando os cursos de nível universitário, não abrangendo a comunidade em geral, sendo raros àqueles que oferecem facilidades de serem acessados e compreendidos por pessoas de níveis mais básicos da educação ou leigas em busca de informações ou apenas curiosas.

Muito provavelmente, tal constatação se deve ao fato de que a idealização e a construção de laboratórios remotos voltados para níveis mais básicos da educação ou mesmo para a alfabetização científica de pessoas leigas, exigem todo um planejamento e estrutura de apoio a partir de indicações didático-pedagógicas que, um experimento voltado para um público mais especializado não necessita. Daí, ao nosso ver, a necessidade de pesquisas de caráter didático-pedagógico, não apenas na avaliação, mas também na concepção de tais experimentos.

A seguir, apresentamos uma tabela que resume os principais aspectos que definem e caracterizam os laboratórios virtuais e os laboratórios remotos.

Tabela 3 – Principais aspectos dos laboratórios virtuais e laboratórios remotos.

ASPECTOS	DEFINIÇÃO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
LAB VIRTUAL	Consiste em um banco de simulações computacionais, também chamados de objetos de aprendizagem, disponíveis em uma página da internet, nas quais os estudantes podem acessá-las, podendo variar parâmetros e observar as alterações provocadas no fenômeno que é animado na tela do computador. Isso é especialmente interessante já que permite o estabelecimento da relação de causa e efeito.	Propiciam a realização dos experimentos em qualquer lugar e local, bastando para isso, um computador com acesso à internet. Pode ser considerado de baixo custo se comparado aos laboratórios tradicionais e aos remotos. São amplamente seguros e não oferecerem qualquer tipo de risco aos usuários.	Só permitem ações pré-programadas, não oportunizando qualquer outro tipo de interação não prevista na programação; não falha nunca, ou seja, não há diferença entre os dados esperados, teoricamente, e os coletados, tendo em vista que simulam a situação ideal. Não contribui para o desenvolvimento de habilidades procedimentais; a liberdade de ação é limitada, oportuniza pouca oportunidade para a imaginação e a criatividade.
LAB REMOTO	São experimentos reais que existem de fato num determinado local distante da escola ou do lugar onde o aluno acessa por meio do computador ligado à internet.	São amplamente seguros para o usuário; oferecem diferentes interfaces que possibilitam apoio ao aprendizado do estudante: vídeo aulas, simulações	São caros, em relação aos laboratórios virtuais, porém mais baratos que os tradicionais.

<p>LAB REMOTO</p>	<p>As imagens do experimento, bem como todo o controle e ajustes de seus parâmetros, são obtidos por meio de câmeras e de circuitos eletroeletrônicos, respectivamente, que automatizam o funcionamento do equipamento permitindo a coleta de dados.</p>	<p>computacionais, hipertextos, blocos de notas e softwares para geração de tabelas e gráficos; contribuem para a motivação dos estudantes; Contribuem para o desenvolvimento de habilidades procedimentais, pois exigem ajustes para coleta de dados; Podem ser realizados em qualquer tempo e lugar, bastando para isso, um computador com acesso à internet.</p>	
--------------------------	--	---	--

Fonte: elaboração do autor.

Cardoso e Takahashi (2011) realizaram um levantamento bibliográfico para fazer um mapeamento do estado da arte sobre a experimentação remota. No trabalho foram levantados e analisados artigos com esse tema em periódicos nacionais e internacionais de Ensino e Educação com *Qualis A* entre os anos de 2000 a 2009. Os resultados corroboram com os encontrados por Lopes (2007), de que a maioria dos laboratórios remotos é originária de áreas específicas, sendo que, dos artigos destacados no trabalho, os mais citados são relacionados às áreas das engenharias, em seguida das ciências (ciências naturais ou articulação dos componentes de Física, Química e Biologia), sendo que não foi encontrado nenhum artigo relacionado com a área da Física em específico.

A distribuição dos artigos analisados por área de ensino é muito desigual, sendo que

a maior parte se preocupou com o Ensino Superior (87,10% dos artigos), e em quantidade significativamente menor (6,45%) com o Ensino Médio, e ainda houve uma parte dos trabalhos (3,23%) que não definiram em que nível de ensino trabalhavam ou se era acessível ao público em geral.

Dessa forma, os trabalhos de Lopes (2007) e Cardoso e Takahashi (2011) nos mostram que os laboratórios remotos têm sido utilizados principalmente no Ensino Superior e em áreas específicas, deixando de lado as ciências básicas, e nos mostram também que essa tecnologia ainda é pouco conhecida e explorada no Brasil.

Em termos de produção nacional, encontramos escassamente projetos de protótipos e tentativas isoladas de desenvolver e utilizar experimentos controlados remotamente (CRUZ *et al*, 2009; MONTEIRO *et al*, 2013; DE LIMA *et al*, 2013; CARDOSO; TAKAHASHI & OLIVEIRA, 2015), mas essas primeiras tentativas já apontam a viabilidade de construção e utilização do recurso.

Outro aspecto importante a ser considerado quando nos referimos à experimentação no Ensino de Física diz respeito à formação dos professores.

Um dado importante do censo educacional de 2013 (BRASIL, 2014), é que apenas 17,7 % dos professores de física do país apresentam formação específica em Licenciatura.

É por esse motivo que tem crescido, significativamente, os cursos de Licenciatura em Física ministrados a distância.

A Universidade Aberta do Brasil (UAB), criada em 2005 pelo Ministério da Educação (MEC), para apoiar políticas públicas de estímulos à formação docente em áreas do conhecimento com maior *déficit* de professores, oferece cursos de Licenciatura a distância em parceria com as universidades públicas federais, municipais e estaduais (SILVA *et al*, 2010).

Independentemente de julgamentos relativos à qualidade desses cursos em

comparação com aqueles oferecidos presencialmente, a realidade é que temos um *déficit* de professores de física e somente os cursos presenciais não tem tido condições de suprir a demanda por docentes devidamente habilitados com curso de Licenciatura (ANGOTTI, 2006). Dessa forma, ao nosso ver, entendemos que além das críticas que se podem e se devem fazer a qualidade dos cursos ministrados a distância, é preciso oferecer alternativas para a melhoria de sua qualidade, tendo em vista que sua existência é uma realidade com amparo legal, com tendência de aumentar.

Segundo Martins (2009), mesmo recebendo fortes críticas e tendo que enfrentar grandes resistências, o ensino a distância como política pública de formação e capacitação de professores, recebeu forte apoio de grandes organismos internacionais, dentre eles a UNESCO e, no país, destacou-se a partir de 1996 com a aprovação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB (BRASIL, 1996). No artigo 80, da referida Lei, também conhecida como Lei 9.394 de 1996, em seu *caput*, há afirmação de que “o Poder Público incentivará o desenvolvimento e a veiculação de programas de ensino a distância, em todos os níveis e modalidades de ensino, e de educação continuada”.

Angotti (2006) chama a atenção para as dificuldades que os cursos a distância têm de realização de atividades experimentais, pois são exigidas que sejam realizadas de forma presencial.

A utilização de experimentos controlados remotamente, sem, necessariamente, substituir as atividades presenciais, pode oferecer um repertório maior de atividades experimentais para alunos desses cursos, oferecendo atividades que não se limitem àquelas exigidas por lei.

Os trabalhos que apresentamos neste capítulo não trouxeram resultados conclusivos sobre os ganhos e perdas quando a prática experimental presencial convencional foi substituída pela experimentação controlada remotamente. Por isso, neste

trabalho, temos por meta avaliar uma atividade experimental controlada remotamente em comparação com a presencial convencional, buscando compreender que limitações ou contribuições esse recurso, de fato, oferece ao processo de ensino e de aprendizagem de conceitos científicos.

Portanto, no capítulo seguinte, vamos apresentar detalhadamente os objetivos gerais e específicos desse trabalho de pesquisa e descrever, minuciosamente, a metodologia de coleta e de análise de dados da investigação realizada.

3 A PESQUISA

3.1 Objetivo Geral

Nosso trabalho tem por objetivo principal avaliar o impacto da utilização de um experimento remoto no processo de ensino e de aprendizagem em aulas de Física do Ensino Médio.

3.2 Objetivos específicos

Especificamente, neste trabalho, temos o intuito de

- a) Comparar as contribuições para o processo de ensino e aprendizagem de conceitos de Física que uma mesma atividade experimental pode trazer para o processo de ensino quando aplicada de formas diferentes: uma de maneira convencional, mediante a utilização de um experimento presencial e outra de forma remota, a partir de um experimento que pode ser controlado remotamente;
- b) Avaliar as opiniões de professores sobre a utilização de experimento controlado remotamente e sobre como eles encaram o desafio de incorporar em suas práticas pedagógicas esse recurso; e
- c) Avaliar as opiniões dos alunos sobre a utilização de experimentos controlados remotamente em suas aulas de física.

3.3 Metodologia de coleta de dados

Neste trabalho estudamos o impacto de um experimento controlado remotamente em comparação com o mesmo experimento realizado presencialmente de forma convencional. A ideia foi a de compreender em quais aspectos o experimento remoto pode contribuir com o ensino de conceitos científicos, mais especificamente de Física, quando não se tem acesso à possibilidade de se realizar experimentos presenciais convencionais.

O estudo comparativo não tem por meta propor a substituição de um modelo de atividade por outro, mas de compreender que perdas e que ganhos a utilização do experimento remoto pode trazer para alunos e professores do Ensino Médio que não dispõem de recursos e infraestrutura necessária para a implementação de experimentos presenciais convencionais.

Para tanto, selecionamos cinco escolas públicas da cidade de Guaratinguetá, município da região do Vale do Paraíba, interior do Estado de São Paulo. Essas escolas foram escolhidas por se colocarem a disposição em participar do nosso trabalho investigativo.

Essas escolas estão localizadas na zona urbana da cidade e oferecem vagas para o Ensino Fundamental II e Ensino Médio. Apenas uma delas dispõe de laboratório didático de ciências, que não é utilizado por falta de experimentos e de carga horária disponível. Todas as escolas possuem laboratórios de informática com acesso à *internet* banda larga.

A tabela a seguir apresenta algumas outras características das escolas nas quais a pesquisa foi realizada.

Tabela 4 – Características das escolas pesquisadas

ESCOLAS	A	B	C	D	E
Nº de alunos	719	980	685	730	820
Nº de salas de aula	11	13	08	10	10
Nº de computadores	17	25	11	11	18

Fonte: elaboração do autor.

Em cada uma das cinco escolas aplicou-se os experimentos em duas turmas de terceiro ano, abordando a temática relacionada aos conceitos ligados à 1ª Lei de Ohm e de circuitos elétricos em série, em paralelo e mistos.

A escolha desse tema deveu-se a grande dificuldade de aprendizagem

apresentadas pelos alunos em relação aos conceitos envolvendo os fenômenos elétricos.

Barbosa *et al* (1999) chamam a atenção para o fato de os alunos apresentarem muitas dificuldades com a aprendizagem de conceitos de Física de forma em geral, contudo, enfatizam aqueles relacionados à eletricidade. Os autores destacam ainda que, principalmente em relação ao tema circuitos elétricos, os alunos do Ensino Médio tendem a desconsiderar o papel da configuração do circuito elétrico na intensidade luminosa de uma lâmpada, atribuindo a esse caráter apenas a sua potência nominal.

Gravina e Buchweitz (1994) e Rinaldi e Ure (1994), fazendo um levantamento de concepções espontâneas apresentadas por alunos do Ensino Médio sobre conceitos relativos à eletricidade e os circuitos elétricos, enfatizam que os estudantes apresentam a ideia que lhes permitem conceber que

- a) a corrente elétrica movimenta-se num único sentido partindo da bateria, tomada como reservatório de corrente elétrica, passando pelos diversos elementos do circuito elétrico que a “consome”. Dessa forma, não há necessidade de se fechar o circuito, bastando apenas um fio (modelo sequencial unipolar).
- b) em um nó, a corrente elétrica se divide igualmente pelos ramos do circuito, independentemente dos elementos que o compõem. Além disso, esse modelo de pensamento permite conceber que mesmo em um fio rompido haja “escoamento” de corrente elétrica;
- c) a corrente elétrica não se conserva, ou seja, ela se perde ao passar pelos diferentes elementos do circuito elétrico;
- d) existem duas correntes: uma que sai do polo positivo da bateria e outra que sai de seu polo negativo. Quando as duas se encontram, o choque entre elas gera

luz e calor (modelo sequencial bipolar); e

- e) a corrente elétrica é considerada causa da diferença de potencial e inversamente proporcional à resistência elétrica. Assim, a corrente elétrica independe da diferença de potencial.

Nesse sentido, visando investigar se as atividades experimentais poderiam contribuir para a superação dessas dificuldades e, se as atividades realizadas no laboratório remoto poderiam contribuir na mesma medida que o laboratório presencial convencional, em cada escola uma turma de terceiro ano, (3^a R), realizava a atividade experimental controlada remotamente, enquanto, a outra turma (3^o P), realizava a atividade experimental presencial convencional. Como está indicado na tabela a seguir:

Tabela 5 - Separação de aplicação do experimento controlado remotamente do presencial em relação aos terceiros anos e amostragem de alunos

ESCOLAS	3 ^o ANO R	3 ^o ANO P
1	Experimento controlado remotamente	Experimento presencial convencional
	Numero de alunos = 31	Numero de alunos = 34
2	Experimento controlado remotamente	Experimento presencial convencional
	Numero de alunos = 36	Numero de alunos = 38
3	Experimento controlado remotamente	Experimento presencial convencional
	Numero de alunos = 33	Numero de alunos = 32
4	Experimento controlado remotamente	Experimento presencial convencional
	Numero de alunos = 30	Numero de alunos = 34
5	Experimento controlado remotamente	Experimento presencial convencional
	Numero de alunos = 33	Numero de alunos = 34

Fonte: elaboração do autor.

Trabalhamos com cinco professores diferentes, um em cada escola. A seguir, apresentamos a tabela que caracteriza informações sobre os professores investigados.

Tabela 6 - Perfil dos professores participantes da pesquisa

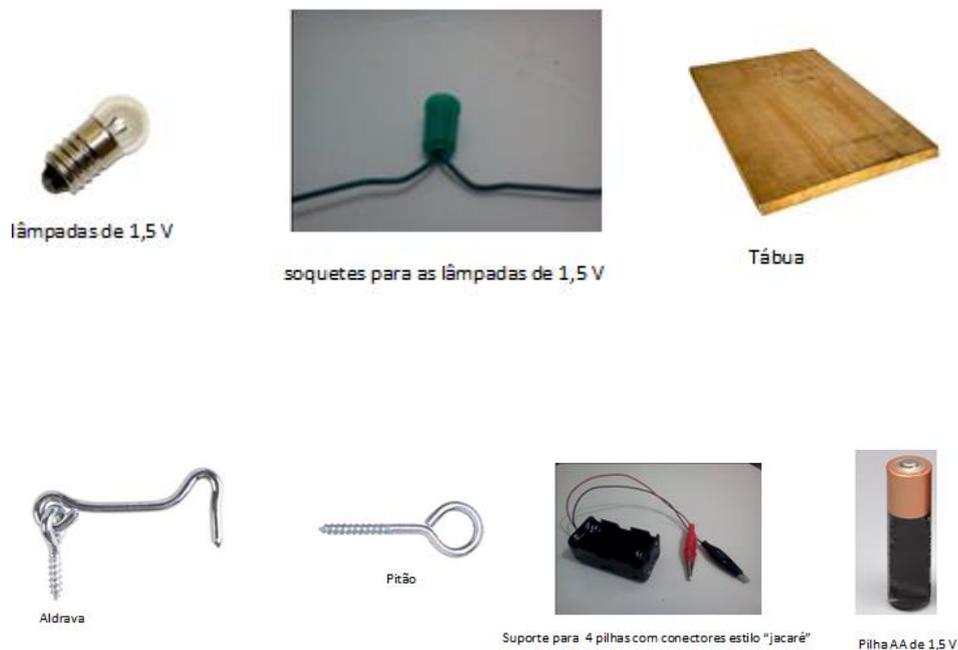
PROFESSOR	FORMAÇÃO	TEMPO DE SERVIÇO	IDADE
1	Licenciado em Física com mestrado profissional finalizado	12 anos	38 anos
2	Licenciado em Física com mestrado profissional em andamento	6 anos	35 anos
3	Licenciado em Física	5 anos	33 anos
4	Licenciado em Ciências e Matemática	23 anos	54 anos
5	Licenciado em Física	4 anos	31 anos

Fonte: elaboração do autor.

3.3.1 Descrição da atividade presencial convencional aplicada

O experimento presencial convencional foi elaborado e idealizado pelo orientador deste trabalho com a perspectiva de ser de baixo custo e de fácil construção. Constituiu-se dos seguintes materiais: de uma placa de madeira na qual se adapta três lâmpadas com soquete e um suporte de 4 pilhas de 1,5 V. Como indicado na figura.

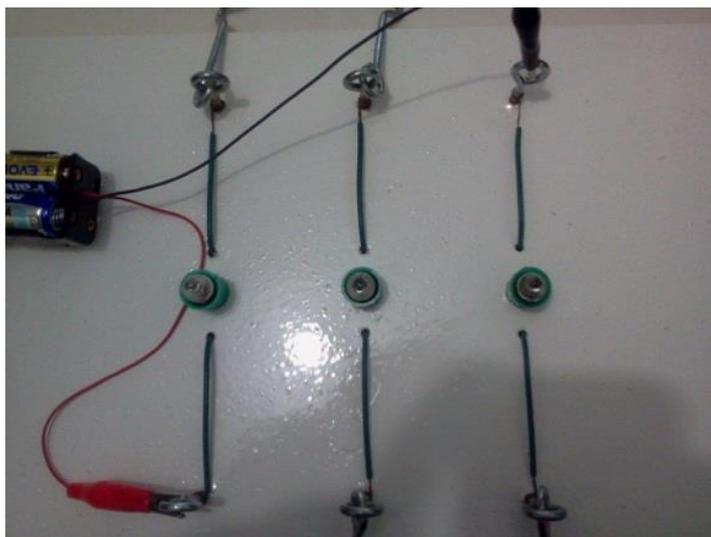
Figura 2 – Materiais utilizados para elaboração do experimento presencial.



Fonte: elaboração do autor.

As conexões entre as lâmpadas foram feitas por 6 ganchos (pitões) parafusados na madeira e por 4 trincos de portão (aldravas) como indicado na figura a seguir.

Figura 3 – Visualização da montagem do experimento presencial

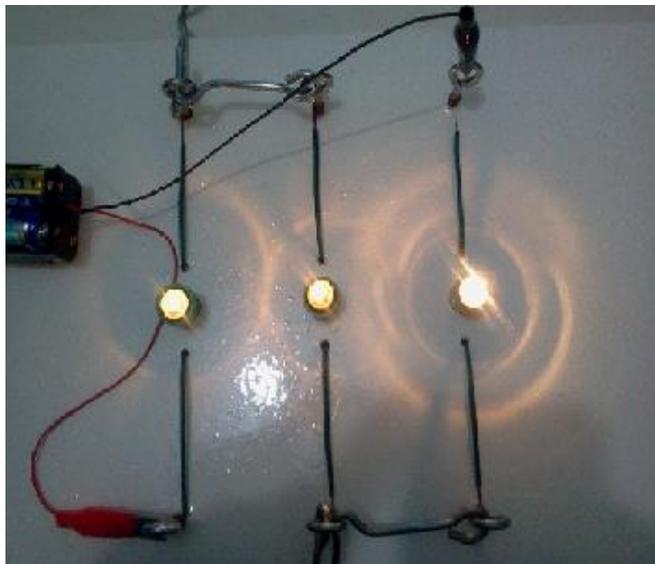


Fonte: elaboração do autor.

O experimento presencial convencional permitia a possibilidade de montagem de três

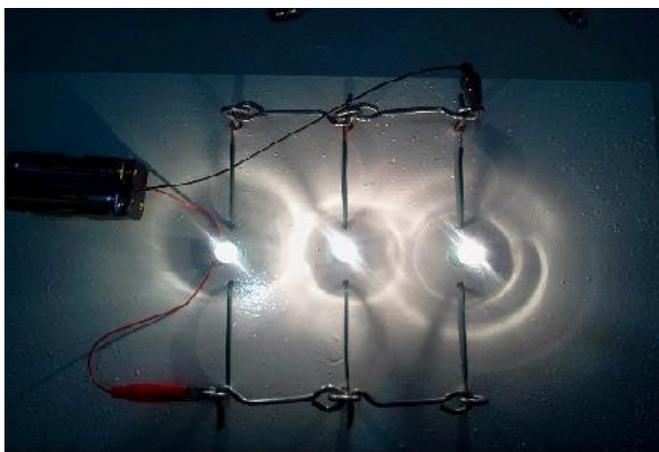
configurações diferentes de circuito elétrico: circuito em série, em paralelo e misto, como se pode ver nas figuras a seguir:

Figura 4 – Experimento presencial montado em série



Fonte: elaboração do autor.

Figura 5 – Experimento presencial montado em paralelo.



Fonte: elaboração do autor.

Figura 6 – Experimento presencial com circuito misto.



Fonte: elaboração do autor.

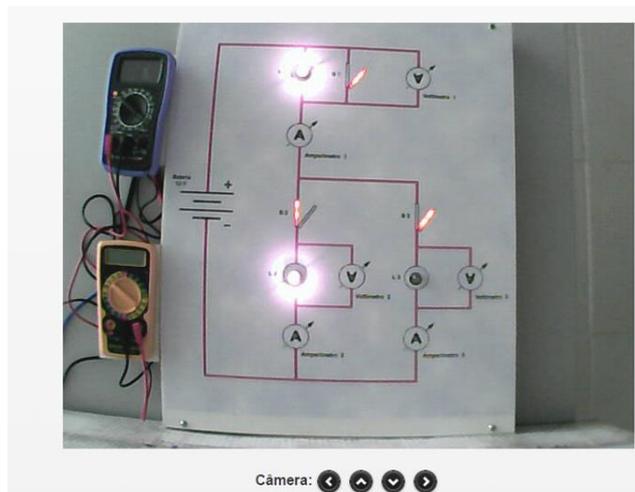
Foi utilizado, também, um multímetro no qual foi possível medir a intensidade de corrente elétrica, bem como a diferença de potencial em cada lâmpada, para cada uma das configurações montadas.

3.3.2 Descrição da atividade experimental controlada remotamente

A construção do experimento controlado remotamente contou com diversos materiais e equipamentos: uma placa de madeira como base do experimento que é similar à um painel sinótico, *leds* de alto brilho, dois multímetros, relés, lâmpadas incandescentes, uma placa arduino (plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre), bem como outros elementos eletroeletrônicos: chaves, circuitos integrados, resistores, fios, etc. Na Figura a seguir, mostramos a parte frontal da montagem visualizada por um usuário no momento da realização da atividade experimental remota. As chaves (S1, S2 e S3) são representadas pelo acionamento de *leds* vermelhos que, de forma lúdica, caracterizam o estado dos contatos elétricos presentes no circuito misto (série e paralelo) das lâmpadas de 12V (L1, L2 e L3). Uma placa a relés confere o acionamento real dos contatos das lâmpadas e os contatos de comutação dos multímetros presentes na montagem. Os dois instrumentos têm a função de voltímetro e de amperímetro. O circuito de comando é

estabelecido a partir de uma placa arduino uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre. A leitura e a coleta de todos os dados são realizadas, em tempo real, pelo usuário através de uma câmera.

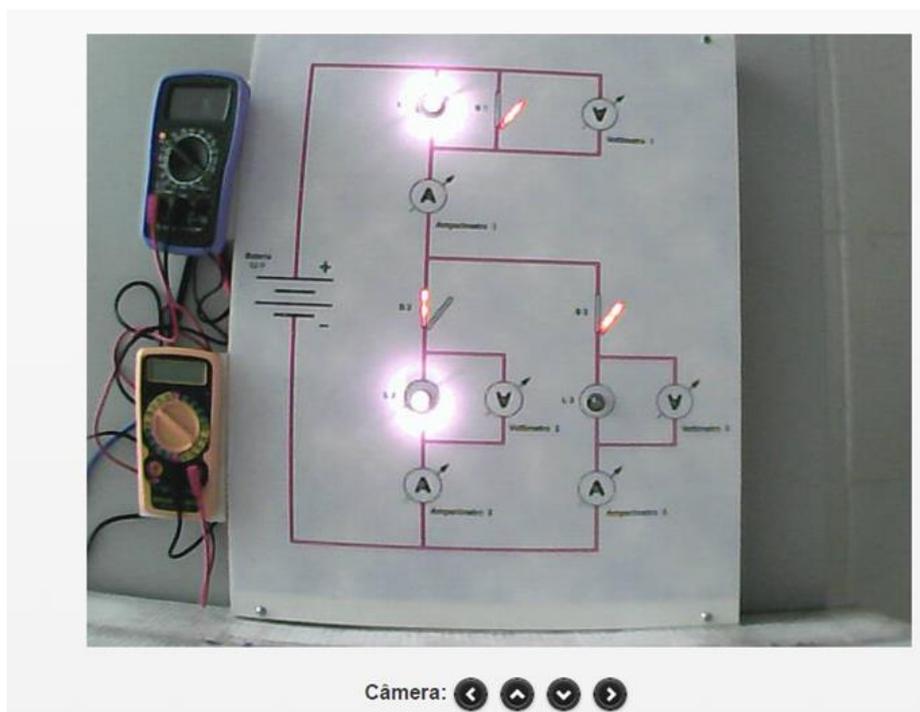
Figura 7 – Visualização da montagem do experimento remoto



Fonte: elaboração do autor.

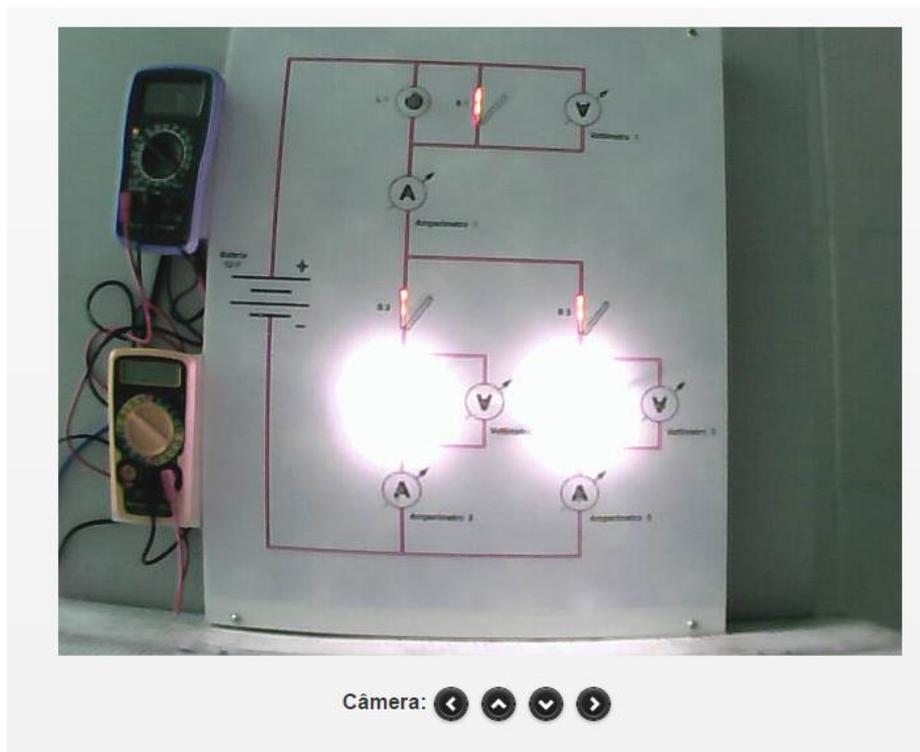
Da mesma forma que o experimento presencial convencional, dependendo do acionamento das chaves os estudantes podem ter diferentes configurações do circuito

Figura 8 - Experimento remoto montado em série.



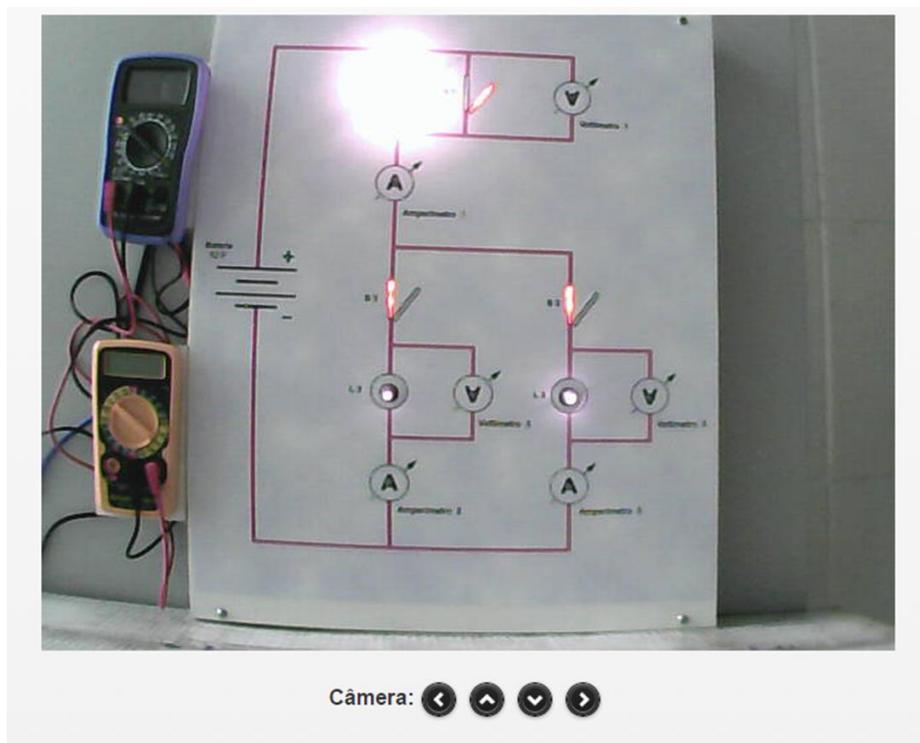
Fonte: elaboração do autor.

Figura 9 - Experimento remoto montado em paralelo.



Fonte: elaboração do autor.

Figura 10 - Experimento remoto com circuito misto



Fonte: elaboração do autor.

Tanto no experimento presencial convencional, quanto no experimento controlado remotamente, os conceitos científicos abordados são: corrente elétrica, diferença de potencial, resistência elétrica, potência elétrica dissipada e circuitos elétricos em série, em paralelo e mistos. Pela intensidade do brilho das lâmpadas, nas diferentes configurações de circuito, espera-se que os alunos possam fazer uma análise qualitativa da potência elétrica dissipada. Porém, o uso de um multímetro, que pode funcionar como voltímetro e amperímetro, pode permitir a leitura de corrente elétrica e de tensão nos diferentes pontos dos circuitos montados.

No experimento remoto há uma possibilidade que o experimento presencial desenvolvido não oferece. Permite o estudo da primeira Lei de Ohm. O circuito permite que se faça a variação da tensão e, dessa forma, pode-se medir, diferentes correntes para diferentes tensões.

3.3.3 Estratégia de aplicação dos experimentos em sala de aula

Tanto a atividade experimental presencial convencional quanto a atividade experimental controlada remotamente tiveram por objetivo desafiar os estudantes a pensarem sobre um modelo de funcionamento de um circuito elétrico, bem como explicar a diferença de potência elétrica dissipada nas três diferentes configurações de circuitos: em série, em paralelo e misto.

Os professores das turmas foram consultados sobre a forma como gostariam de aplicar as atividades. Em consenso eles optaram por, primeiramente, apresentar o conteúdo conceitual em aulas expositivas dialogadas e, em seguida, aplicarem os experimentos, em aulas específicas nas quais eles orientariam os alunos quanto aos procedimentos a serem adotados.

Respeitando a autonomia dos professores que cediam suas turmas para a realização de nossa pesquisa, seguimos a sugestão que eles nos apresentaram. Contudo, solicitamos

a realização de uma plenária, ou seja, uma atividade de discussão entre os alunos sobre os resultados obtidos. Assim, poderíamos coletar dados preciosos sobre como os alunos estavam atribuindo significado as atividades realizadas.

Pella (1969), em um artigo que trata do processo de ensino e de aprendizagem no contexto do laboratório didático, propôs um procedimento de análise dos graus de liberdade da relação professor-aluno durante a atividade experimental.

Para o autor os graus de liberdade indicam o nível de responsabilidade relativa que cabe ao professor ou ao aluno dependendo da maneira como a atividade é realizada.

A seguir apresentamos uma tabela proposta por Pella (*opus cit*) que relaciona etapas de procedimentos próprios da execução da atividade experimental em sala de aula e os graus de liberdade que variam de I à V.

Quadro 2 – Tabela apresentada por Pella (1969) para analisar graus de liberdade da relação aluno–professor em aulas de laboratório

Etapas do Procedimento Experimental	Graus de Liberdade				
	I	II	III	IV	V
1 – Elaboração do Problema	P	P	P	P	A
2 – Hipóteses	P	P	P	P	A
3 – Plano de Trabalho	P	P	P	P	A
4 – Montagem dos Instrumentos	A	A	A	A	A
5 – Obtenção dos Dados	A	A	A	A	A
6 – Conclusões	P	A	A	A	A

P = Professor; A = Aluno

Fonte: (PELLA, 1969).

É evidente que o ideal é termos um aluno com cada vez maior liberdade intelectual para assumir suas responsabilidades na construção do conhecimento. Contudo os professores preferiram se responsabilizar por muitas etapas do procedimento tendo em vista o fato de tais atividades não serem uma prática comum no cotidiano dos alunos.

Considerando que o problema foi proposto pelo professor e que um plano de trabalho

foi proposto aos alunos, aos estudantes era exigido que propusessem hipóteses, montassem os experimentos em termos das configurações (série, paralelo e misto), a obtivessem os dados e que chegassem a uma conclusão.

Assim sendo, seguindo a tabela proposta por Pella (1969), nas atividades propostas o grau de liberdade dos alunos foi IV.

Antes da aplicação da atividade experimental, todos os alunos dos terceiros anos, das cinco escolas envolvidas na pesquisa, assistiram a três aulas teóricas, de caráter expositiva, que os respectivos professores ministraram. Essas aulas expositivas, bem como aquelas de caráter experimental, foram preparadas em conjunto pelos cinco professores e discutidas com orientador desse trabalho. Basicamente, os conteúdos abordados nessas três aulas teóricas foram os seguintes: corrente elétrica, diferença de potencial elétrico, resistência elétrica e resistor elétrico, circuitos elétricos em série, em paralelo e mistos e potência elétrica dissipada.

Após a aula teórica, todos os alunos dos terceiros anos das cinco escolas participantes da pesquisa responderam a um pré-teste sobre os conteúdos discutidos em aula. A intenção era identificar o nível de compreensão dos estudantes sobre o tema exposto nas aulas teóricas, bem como caracterizar possíveis diferenças de domínio conceitual nas turmas estudadas antes da realização da atividade experimental.

O resumo das aulas teóricas expositivas que trata dos conceitos abordados é apresentado no apêndice I. O modelo pré-teste aplicado nos alunos após a aula expositiva e antes da realização da atividade experimental é apresentada no apêndice II.

a) Aplicação da atividade experimental presencial convencional

A estratégia de aplicação da atividade presencial se constituiu das seguintes etapas:

- Dividir os alunos em grupo de 5 alunos para que realizassem a experiência

conjuntamente;

- distribuir os *kits* experimentais, um para cada grupo, entregando junto um guia de estudo, contendo as principais orientações procedimentais quanto ao trabalho experimental a ser realizado. Um modelo do guia de estudo que foi distribuído aos grupos é apresentado no apêndice III;
- leitura coletiva e breve explicação do professor sobre o guia de estudo, propondo o problema a ser resolvido e propondo as ações procedimentais que deveriam ser realizadas;
- observação das turmas pelo professor, enquanto estes trabalham em suas atividades. Em alguns momentos o professor era chamado para dirimir dúvidas e orientar ações;
- realização de uma reunião plenária para que os alunos discutissem o experimento realizado.

Ao todo foram duas aulas para a coleta de dados e preenchimento das tabelas indicadas no guia de estudo entregue para cada grupo. Nesse caso utilizamos as aulas casadas. Nas duas aulas seguintes realizamos a plenária. Para tanto, solicitamos aos professores de outras disciplinas que, nesse dia, cedessem suas aulas para que pudéssemos realizar nossa investigação. Esse acordo foi feito com dois meses de antecedência entre professores, os pesquisadores, a direção e a coordenação das escolas envolvidas.

Durante a plenária, cada grupo era convidado a explicar o que fizeram para obter seus resultados e explicarem as diferenças de brilho nas lâmpadas para cada configuração de circuito montada. As falas e discussões da plenária foram videogravadas e depois devidamente transcritas.

A videogravação da plenária e sua respectiva transcrição se justificam tendo em vista o caráter de nossa pesquisa: a observação controlada do processo de ensino e de

aprendizagem dos estudantes. Segundo Lüdke (1986), a observação controlada e sistemática constitui-se num instrumento fidedigno de pesquisa científica. Para a autora, uma observação controlada e sistemática só é possível quando planejada previamente e estabelecida a partir de um sistema de registro confiável a partir do qual comparações possam ser feitas.

Para Kenski (2003), a utilização da videogravação permite uma coleta de dados mais precisa e exata diante dos questionamentos da subjetividade da pesquisa qualitativa. Belei *et al* (2008), na mesma direção de Kenski (*opus cit*), destacam o fato de que, na observação videogravada, há a possibilidade de se examinar os dados repetidamente, detalhando aspectos que, muitas vezes, passam despercebidos numa única observação, própria de coleta de dados ao vivo sem os recursos do registro de imagens e de áudios.

Para os autores, a videogravação revolucionou as práticas diárias de pesquisa, com ela os detalhamentos dos processos filmados podem ser mais minuciosamente realizados possibilitando, em nosso caso, perceber na fala, no gesto, nas expressões faciais, aspectos próprios do processo de ensino e de aprendizagem que desejávamos estudar.

Ao fim da atividade solicitamos que os alunos respondessem a um questionário que buscava avaliar a impressão que tiveram das atividades realizadas. Ao professor pedimos que explicitasse sua impressão sobre o aproveitamento da atividade por parte dos alunos. O modelo do questionário aplicado aos alunos é apresentado no apêndice IV.

Acreditamos que diferentes ideias serão apresentadas, diferentes concepções podem ser destacadas e, por isso, filmamos essas ações.

Os dados dos diálogos e discussões estabelecidas foram transcritos e alunos não foram identificados ou expostos na pesquisa. Nossa intenção é avaliar as interações promovidas pela atividade. Realizamos entrevistas individualmente com cada grupo de alunos formado na atividade para verificarmos como eles avaliam a importância da atividade.

b) Aplicação da atividade experimental controlada remotamente

Como tínhamos apenas um protótipo do experimento remoto adotamos a seguinte estratégia planejada em comum com os professores das respectivas turmas:

- Os alunos foram divididos em grupos de cinco alunos para que realizassem a experiência conjuntamente;
- Cada grupo de alunos, por meio de um *netbook* que foi distribuído para cada um deles, acessou o experimento remotamente. O professor também realizou o acesso e, com auxílio de um projetor multimídia, expôs, para todos, o dispositivo experimental;
- Cada grupo recebeu uma tarefa a ser realizada, indicado no guia de estudo (apêndice III);
- Como o professor projetou o experimento, enquanto um grupo realizava suas ações, os demais as acompanhava pela projeção, ou mesmo pelo próprio *netbook* à disposição. Assim foi possível anotar todos os resultados obtidos. Durante as ações dos grupos, o professor ajudava a dirimir dúvidas e nas ações a serem realizadas.
- Logo após o término da coleta de dados, realizou-se a plenária. Da mesma forma, que na atividade experimental presencial convencional, as falas e as discussões em torno da diferença dos brilhos das lâmpadas para as diferentes configurações do circuito montado, foram videogravadas e devidamente transcritas.

Após a plenária, solicitamos aos alunos que respondessem a um questionário sobre a atividade realizada (apêndice IV). Em relação ao professor, também pedimos para que se posicionasse quanto ao mérito das atividades realizadas. As falas dos professores quanto ao mérito das atividades foram videogravadas e devidamente transcritas.

Os alunos responderam a um pós-teste uma semana após a realização da atividade experimental. O modelo desse pós-teste é apresentado no apêndice V.

O esquema geral evidenciando o processo de aplicação dos experimentos pode ser visto a seguir:

Figura 11 – Diagrama do processo de aplicação dos experimentos.



Fonte: elaboração do autor.

3.4 Metodologia de análise dos dados

Partindo da premissa que a atividade experimental deve, além de facilitar o processo de interação social entre professor e aluno, permitir que essa interação possa ser mais rica e, portanto, mais expressiva para a aprendizagem, Praia *et al* (2002), evidenciam que a experimentação sem a reflexão dos atos e dos dados e resultados obtidos não se constitui em instrumento que contribui para a aprendizagem. Essa atividade de ensino, para ser relevante para os alunos, deve ser estruturada de modo a contribuir como a envolvê-los em discussões em torno de conteúdos científicos, possibilitar o aprendizado em relação aos métodos da ciência, de modo a promover uma reflexão sobre seus impactos sobre a sociedade e, enfim, propiciar o desenvolvimento de conhecimentos relativos à técnica, à investigação científica e à resolução de problemas.

Portanto, a análise dos dados de nossa investigação se deu a partir da ocorrência ou não de situações que facilitassem e/ou propiciassem a ocorrências de interações sociais úteis ao processo de ensino e de aprendizagem.

Dessa forma, além dos questionários aplicados aos alunos e aos professores, a partir dos quais buscamos identificar as opiniões destes sobre as dificuldades e/ou facilidades que encontraram ao realizarem as atividades experimentais controladas remotamente, buscaremos caracterizar as interações sociais desencadeadas nas aulas durante as plenárias nas quais alunos e professores discutiram os conceitos e os resultados relativos à experiência que realizaram.

A análise das interações discursivas será feita mediante ao processo de construção de argumentos construídos pelos alunos. A intenção foi observar como o experimento e suas características facilitaram ou não a construção de argumentos, levantamento e teste de hipóteses nas discussões estabelecidas no contexto da plenária em sala de aula.

Para Maingueneau (2008), durante o processo de interação social, no qual os

interlocutores produzem suas enunciações, é possível observar um conjunto de elementos próprios da comunicação que descreve uma cena, evidenciando o gênero do discurso. Isso porque essas cenas são uma atualização de um já dito, que acessa as memórias coletivas das pessoas, com o objetivo de legitimar a atualização que é feita. A intenção de todo discurso é produzir convencimento, assim, essas cenas são uma estratégia de se impor pelo reconhecimento daquilo que se fala.

Essa cena, denominada enunciativa ou de enunciação, constitui-se num quadro sociológico da situação pintado durante a enunciação feita pelo interlocutor.

Segundo Maingueneau (*opus cit*), a cena enunciativa, ao projetar o gênero do discurso, ou seja, ao caracterizar o lugar social dos interlocutores no processo interativo, pode ser estabelecida em três níveis:

- cena globalizante: diz respeito ao tipo de discurso que pode ser caracterizado a partir da identificação das funções sociais relacionadas aos diferentes setores da sociedade por onde circulam determinadas formas de falar. Dessa forma pode-se falar em discurso político, discurso publicitário, discurso médico, discurso científico, discurso pedagógico, etc.;
- cena genérica: diz respeito aos papéis sociais que os interlocutores têm que assumir relativo a determinado tipo de discurso. Assim, no contexto de sala de aula, o tipo de discurso é o pedagógico, o científico e, nesse caso, um interlocutor assume o papel de professor e outro o de aluno; e
- cenografia: refere-se à maneira como a enunciação interpela os sujeitos a partir da composição da estrutura do gênero do discurso ou mesmo pela escolha lexical própria do discurso.

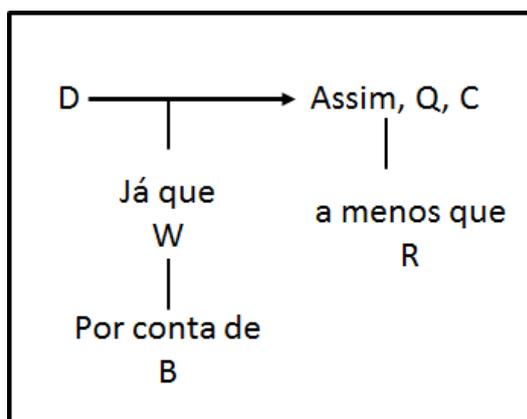
Em nosso estudo, observaremos as dinâmicas em sala de aula, buscando

caracterizar essas cenas: a globalizante terá relações com o discurso científico. A genérica envolverá tanto o papel de professor quanto o de aluno. A cenografia estará relacionada com estrutura da argumentação do discurso científico.

Para qualificarmos as estruturas das argumentações construídas pelos alunos nos baseamos nos elementos argumentativos do modelo ou estrutura proposto por Toulmin (2006).

Para o autor a argumentação deve conter alguns elementos principais e deve ser organizada de uma determinada forma. No quadro a seguir apresentamos a superestrutura da argumentação proposta por esse autor.

Quadro 3 – Superestrutura da argumentação segundo Toulmin (2006).



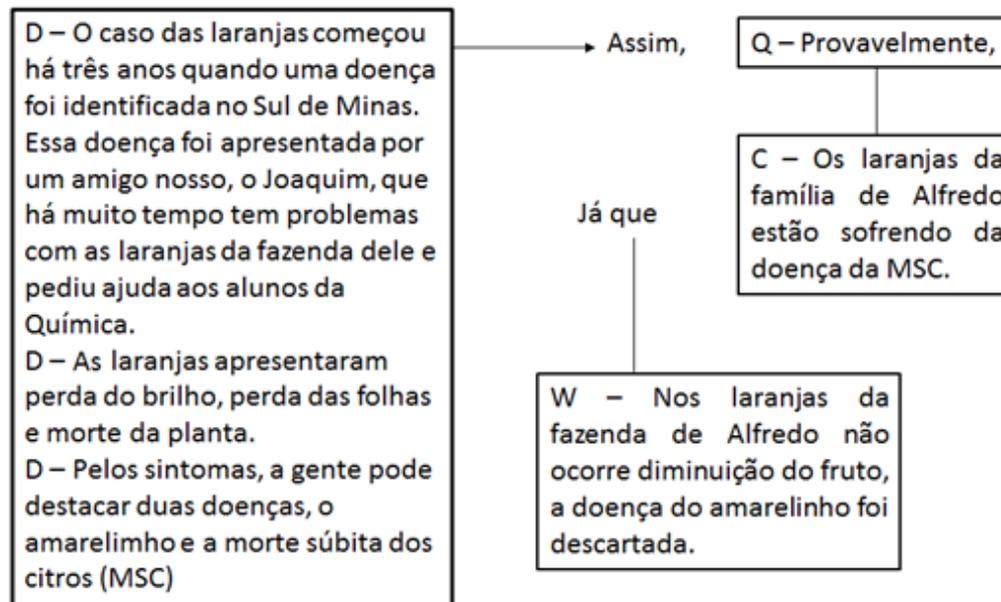
Fonte: Toulmin (2006, p. 150).

Neste modelo Tolumin (2006) propõe que, numa argumentação, os dados D ou fatos observados, sejam utilizados como suportes importantes para o estabelecimento de uma conclusão C que, por sua vez, se constitui em afirmação válida que se pode fazer sobre algo ou um dado fenômeno. Os qualificadores modais Q podem ser entendidos como elementos que conferem força à conclusão estabelecida por meio de definições de situações para as quais a conclusão é possível. Outro elemento da argumentação, definido pelo autor, são as garantias W. As garantias nada mais são do que as justificativas que ligam os dados às conclusões, por isso, são fundamentais, já que tornam explícitas as ligações encontradas pelo construtor do argumento para relacionar dados e conclusão. É

a partir das garantias que se torna evidente como foi estabelecida a relação entre Causa e Efeito. O elemento R representa a refutação, ou seja, situações limites nas quais as garantias oferecidas não se aplicam e, portanto, a conclusão não é válida. O elemento B, indicado por Toulmin em seu modelo, é chamado de apoio ou conhecimento básico que se ancora numa afirmação de autoridade (regra, princípio, lei, etc) e diz respeito ao recurso que o construtor do argumento pode se utilizar, de forma explícita ou implícita, para dar sustentação às garantias utilizadas.

Para exemplificar o modelo de argumentação, trouxemos dois exemplos de um mesmo estudo onde alunos de graduação do curso de bacharel em Química foram convidados a solucionar um caso investigativo sobre uma doença misteriosa capaz de aniquilar um pé de laranja em algumas semanas (SÁ; KASSEBOEHMER; QUEIROZ, 2014).

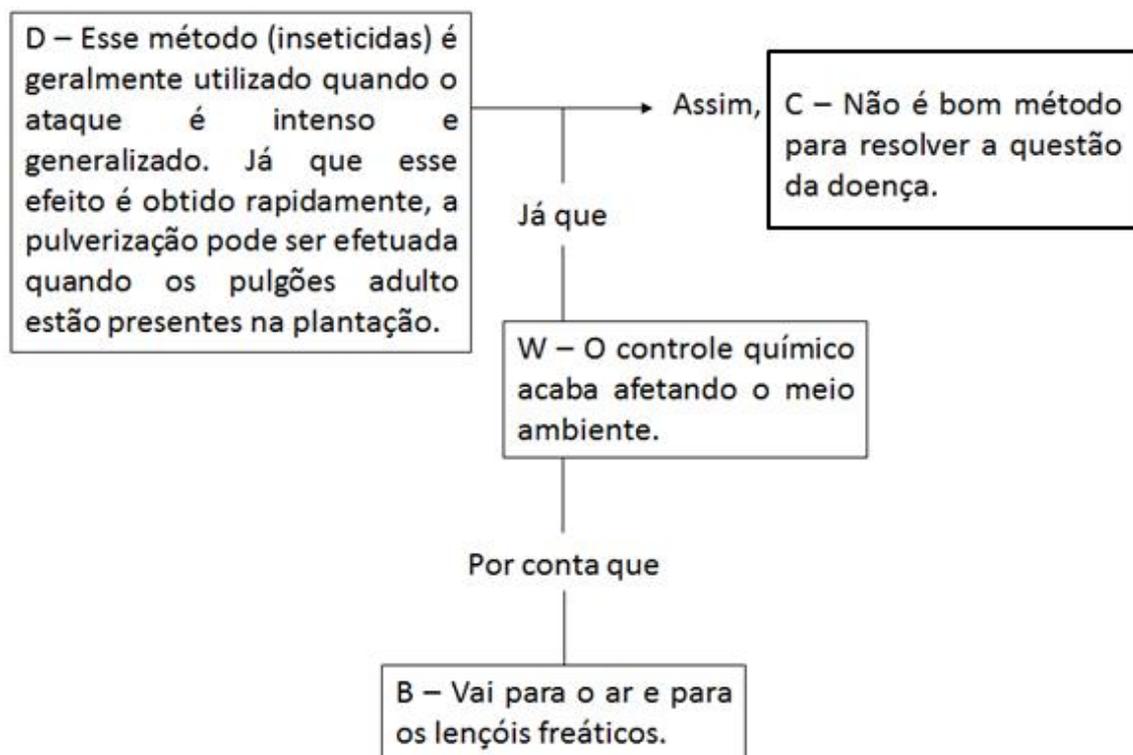
Quadro 4 – Exemplo 1 sobre a estrutura da argumentação de Toulmin.



Fonte: (SÁ; KASSEBOEHMER; QUEIROZ, 2014, p. 156).

Nesse primeiro exemplo vemos que a argumentação se inicia com os dados, a justificativa é utilizada para ligar esses dados à conclusão, que utiliza de um qualificador modal.

Quadro 5 - Exemplo 2 sobre a estrutura da argumentação de Toulmin.



Fonte: (SÁ; KASSEBOEHMER; QUEIROZ, 2014, p. 159).

Nesse segundo exemplo, podemos perceber que a argumentação conta com um conhecimento básico que sustenta a garantia utilizada, e diferente do anterior, não utiliza um qualificador modal para conferir força à conclusão.

Assim, a partir do modelo de Toulmin avaliamos a argumentação construída pelos estudantes que realizaram a atividade experimental presencial convencional e a controlada remotamente.

No capítulo seguinte apresentamos os resultados de nosso trabalho, evidenciando não somente os resultados do pré e do pós-teste, mas também as respostas dos estudantes e dos professores ao questionário sobre as atividades relativas à experimentação remota bem como as interações dialógicas estabelecidas entre professor e alunos no contexto de sala de aula em torno dos dados experimentais obtidos.

4 RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo apresentamos e discutimos os resultados obtidos em nossa pesquisa sobre o impacto de uma atividade experimental controlada remotamente sobre aprendizagem de conceitos de Física relacionados ao tema Eletrodinâmica.

Iniciamos a apresentação e discussão dos dados referentes aos pré-testes e pós-testes aplicados nos estudantes, antes e depois da realização das atividades experimentais. Em seguida, mostramos a dinâmica discursiva entre os estudantes e o professor na plenária realizada após os experimentos, das turmas de terceiro ano com melhor desempenho nos testes. Neste ponto, buscamos ressaltar como se estabeleceu as trajetórias da construção argumentativa dos alunos estabelecidas no diálogo entre professor e alunos e qual foi a contribuição do experimento para a sua efetividade. Enfim, finalizando, destacamos os resultados obtidos nas respostas dadas pelos estudantes no questionário, bem como a avaliação dos professores sobre as atividades realizadas.

4.1 Resultados do pré-teste e do pós-teste

Iniciamos a apresentação dos resultados de nosso trabalho chamando a atenção para o desempenho dos alunos em relação ao pré-teste aplicado após as aulas teórico-expositivas, sobre os conceitos de eletrodinâmica, e antes da realização das atividades experimentais previstas em nosso estudo.

Esse pré-teste teve por objetivo caracterizar o grau de conhecimento dos alunos antes da realização da atividade experimental.

Além disso, escolhemos analisar os dados das interações sociais apenas de uma das turmas de terceiro ano com o melhor rendimento no pré-teste, tendo em vista que a análise de dez interações envolveria um trabalho adicional que, ao nosso ver, não traria maiores contribuições para nossas análises, uma vez que as demais interações não

apresentaram grandes diferenças em relação às que apresentamos neste trabalho.

Na tabela a seguir apresentamos a porcentagem de acertos, em média, que os alunos de cada uma das escolas tiveram no pré-teste aplicado.

Tabela 7 – Porcentagem de acertos no pré-teste.

ESCOLAS	ESCOLA 1		ESCOLA 2		ESCOLA 3		ESCOLA 4		ESCOLA 5	
TURMAS	3°R ₁	3°P ₁	3°R ₂	3°P ₂	3°R ₃	3°P ₃	3°R ₄	3°P ₄	3°R ₅	3°P ₅
NÚMERO DE ALUNOS	31	34	36	38	33	32	30	34	33	34
PORCENTAGEM MÉDIA DE ACERTOS DA PROVA	35%	36%	37%	36%	47%	51%	42%	39%	48%	49%

Fonte: elaboração do autor.

Mesmo após a realização das três aulas teóricas os alunos não tiveram um bom desempenho no pré-teste. Com exceção dos alunos do 3° P da escola 3 que acertou um pouco mais da metade da prova, todos os demais alunos tiveram desempenho menor do que 50%.

Esse resultado já era esperado tendo em vista a dificuldade do conteúdo abordado. O tema eletricidade envolve conceitos muito abstratos. A observação do fenômeno não é direta, pois não se é possível ver o movimento dos elétrons ou as dificuldades que alguns condutores oferecem à passagem da corrente elétrica (resistência elétrica), por exemplo. Além disso, há, ainda os conceitos que exigem maior abstração dos estudantes relacionados à diferença de potencial elétrico, potência elétrica dissipada, bem como a configuração dos circuitos que nem sempre é fácil dos alunos transporem para situações reais.

A seguir, apresentamos na tabela a porcentagem de acertos, em média, que os alunos de cada uma das escolas tiveram no pós-teste.

Tabela 8 – Porcentagem de acertos no pós-teste.

ESCOLAS	ESCOLA 1		ESCOLA 2		ESCOLA 3		ESCOLA 4		ESCOLA 5	
TURMAS	3°R ₁	3°P ₁	3°R ₂	3°P ₂	3°R ₃	3°P ₃	3°R ₄	3°P ₄	3°R ₅	3°P ₅
NÚMERO DE ALUNOS	31	34	36	38	33	32	30	34	33	34
PORCENTAGEM MÉDIA DE ACERTOS DA PROVA	55%	53%	57%	54%	74%	68%	59%	62%	71%	68%

Fonte: elaboração do autor.

É importante destacar que ambas as atividades experimentais contribuíram para a aprendizagem dos alunos, pois o desempenho dos estudantes no pós-teste, ou seja, após a realização das atividades experimentais foi bem melhor do que no pré-teste.

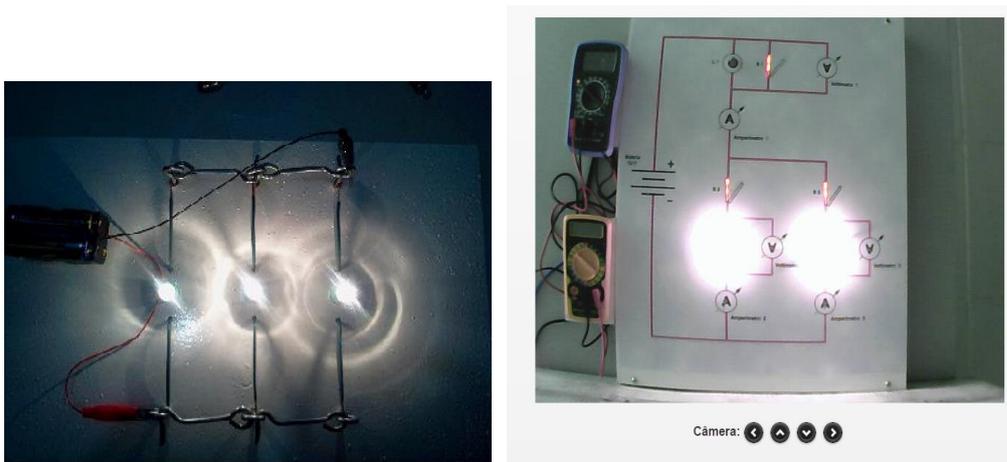
Podemos observar que todas as turmas R, no pós-teste, tiveram desempenho ligeiramente superior aos das turmas P, diferentemente do que se observou no pré-teste. Este resultado indica que, pelo menos do ponto de vista, conceitual e cognitivo, os estudantes que foram submetidos aos laboratórios remotos foram tão beneficiados quanto àqueles que utilizaram o experimento presencial convencional.

Acreditamos que a atividade experimental, como destacam Delizoicov *et al* (2002); Carvalho & Gil-Perez (2003); Sére *et al* (2003) Monteiro e Teixeira (2006); Oliveira (2012); Monteiro *et al* (2013), possibilitou uma maior contextualização daquilo que foi dito nas aulas teóricas expositivas, estimulando o estudante a levantar hipóteses, estabelecer relação de causa-efeito, propor modelos, explicações que, de alguma forma, justificassem os dados obtidos. Destaca-se também, a maior interação desencadeada entre professor e alunos durante a realização das atividades e, também durante a plenária, permitindo reformulações na maneira de pensar e, conseqüentemente de interpretar o fenômeno observado.

O desempenho ligeiramente superior dos alunos que utilizaram a atividade controlada remotamente pode ser explicado pela própria metodologia adotada. O

processo interativo do professor com os alunos foi maior já que, em cada um dos grupos, a atividade era acompanhada com uma atenção mais personalizada do professor, bem como de todos os demais grupos de alunos. Além disso, há que se considerar que a atividade controlada remotamente apresentava uma configuração dos circuitos mais próxima de sua representação didática, diferente da situação experimental presencial. É possível notar que no quadro sinótico do experimento remoto os símbolos utilizados na representação didática são praticamente os mesmos. Já, com relação ao experimento presencial, os alunos deveriam estabelecer a relação de forma direta, sem a representação, haja vista que deveria ser manipulada a partir da interação direta com os elementos elétricos: fios, fonte, chaves, etc.

Figura 12 – Diferença do quadro sinótico do experimento presencial e do experimento remoto



Fonte: elaboração do autor.

Assim sendo, apelando para teoria vigostkiana de que os símbolos, bem como toda ou qualquer representação semiótica, constituem-se em ferramentas culturais que contribuem para o desenvolvimento da compreensão humana, a configuração do experimento controlado remotamente propiciou uma maior facilitação na mediação entre os conceitos científicos (cultura científica) e o universo cultural dos alunos.

Nesse aspecto, com relação ao resultado do desempenho nos testes de conhecimento, fica evidente que a realização da atividade experimental controlada

remotamente pode contribuir para a compreensão dos estudantes. É claro que reconhecemos que o manuseio direto do equipamento propiciado pela experimentação presencial convencional traz um desafio a mais para o estudante, oferecendo o desenvolvimento de habilidades únicas. Contudo, levando em conta que as habilidades relativas ao uso de novas tecnologias também são necessárias ao cidadão moderno que convive com a informação disponibilizada pelas novas tecnologias de informação e comunicação, acreditamos que o laboratório remoto também oferece recursos importantes para a formação dos alunos, não no sentido de substituição, mas de complementação às atividades presenciais convencionais.

Neste aspecto, vale a pena ressaltar que a partir dos resultados obtidos nos testes, aplicados antes e depois da atividade experimental realizada, na falta de recursos e infraestrutura para a implementação de laboratórios presenciais, os laboratórios remotos se mostram muito eficazes para apoiar o processo de ensino e de aprendizagem em sala de aula.

4.2 Resultados das interações discursivas

Como já destacado, os dados relativos à interação social desencadeada na plenária após a realização experimental, tanto presencial, quanto controlada remotamente, diz respeito aos alunos do 3º R e do 3º P da escola 3. Escolhemos analisar as interações desses alunos, tendo em vista o melhor desempenho destes nos testes aplicados (pré e pós-teste) e, porque, as interações das demais turmas não trouxeram nenhuma grande variação que pudesse acrescentar alguma outra conclusão importante para os objetivos deste trabalho.

4.2.1 – Análise das interações discursivas dos alunos que realizaram a atividade experimental presencial

Iniciaremos nossa análise pela interação discursiva desencadeada na plenária da

turma do 3º P, cujos alunos realizaram a atividade experimental presencial convencional.

A interação dialógica na aula com experimento presencial convencional contou com a participação dos alunos e trouxe evidências de construção de argumentação.

Do ponto de vista dos elementos propostos por Toulmin (2006) os estudantes foram capazes de estabelecer conclusões a partir dos dados experimentais obtidos.

1 – Professor: Vamos começar a nossa conversa sobre a experiência que fizemos. Vamos começar por esse grupo aqui. Qual dos circuitos elétricos dissipou mais potência?

2 – Aluno 1 – A gente aqui achou que foi o circuito paralelo porque foi nele que as lâmpadas acederam mais.

6 – Aluno 4 – O nosso grupo aqui concordou que era o paralelo mesmo porque as lâmpadas ficam acesas muito fortes. Não dá para ter nenhuma dúvida.

Houve conclusões construídas a partir da indução e da relação com a experiência diária, cotidiana do estudante, extrapolando os dados experimentais obtidos no experimento. Isso pode ser observado pelos excertos a seguir:

9 – Professor: Certo. Mas o que é que tem acender mais forte e dissipar mais potência?

Aluno 6 – Vai gastar mais energia elétrica porque vai esquentar mais também.

Professor: Você falou uma coisa diferente agora. Disse que vai esquentar mais como você sabe?

10 – Aluno 6 – põe a mão lá só para você ver. Só se esfriou agora?

11 – Professor: por que você acha que fica assim?

12 – Aluno 6 – Por que essas lâmpadas ficam quentes mesmo. Já troquei algumas em casa. Tem que desligar primeiro porque elas esquentam bem.

13 – Aluno 8 – Não são lâmpadas frias, elas esquentam sim

Assim sendo, o experimento não funcionou apenas para contextualizar situações de definição e compreensão de conceitos teóricos, mas também, para invocar relações de generalização, a partir das quais os estudantes puderam pensar os conceitos discutidos com seu cotidiano.

Do ponto de vista do uso de qualificadores modais os estudantes também fizeram uso desses elementos:

48 – Professor: *E aí gente? Quem tem menor resistência?*

49 – Aluno 9 – *É o paralelo. E o que tem menor é o em série. Por isso o paralelo gasta mais potência e o em série menos.*

50 – Professor: *então a potência é maior quando?*

51 – Aluno 9 – *quando a corrente é maior e a resistência é menor.*

Os qualificadores modais (Q), utilizados pelos estudantes na interação descrita, são relacionados aos advérbios de intensidade: maior, menor, gasta mais, gasta menos. É possível notar a relação estabelecida pelos estudantes não apenas entre a intensidade luminosa das lâmpadas com a intensidade da corrente e a potência dissipada, como também entre esses elementos e as diferentes configurações dos circuitos elétricos.

O uso de garantias (W) e de conhecimentos básicos (B) também aparece na argumentação construída pelos estudantes:

89 – Professor: *Então? O que você conclui?*

90 – Aluno 2 – *Aquilo que eu já tinha dito antes, o paralelo gasta mais energia.*

91 – Professor: *Como você conclui isso? Explica melhor com os resultados dos cálculos e a fórmula da potência.*

92 – Aluno 2 – *Então, a potência dissipada, é... Vou pegar essa fórmula aqui: $P = Vi$. A voltagem total é igual para todos os casos e a corrente total para o paralelo é maior, então a potência vai ser maior.*

No excerto acima é possível notar que o aluno 2 conclui que o circuito paralelo dissipa mais potência elétrica a partir dos dados relacionados ao brilho das lâmpadas. Utiliza como garantia o fato de a corrente ser maior nesse tipo de circuito, como conhecimento de base recorre à equação que calcula a potência dissipada a partir da tensão e corrente elétrica.

Durante o processo de interação o aluno 11 utiliza o conhecimento de base para questionar a conclusão estabelecida. Nesse caso, os dados obtidos (o brilho das lâmpadas) pareciam, ao aluno, não concordar com a teoria. Isso foi utilizado pelo professor para dirimir a dúvida.

- 95 – Aluno 11 – Professor e se a gente usar a outra fórmula?
- 96 – Professor: E daí? O que é que tem?
- 97 – A potência depende da resistência também aí não é menor no paralelo?
- 98 – Professor: Certo. Veja o cálculo da corrente total nos três circuitos.
- 99 – Aluno 11 – Eu já entendi.
- 100 – Professor: Certo, então ajuda a gente entender. Explica o que você entendeu.
- 101 – Aluno 11 – A corrente é maior.
- 102 – Professor: E daí? Mas a resistência é menor.
- 103 – Aluno 11: Mas a conta da potência dá que ela é maior.
- 104 – Professor: Como assim?
- 105 – Aluno 11 – É que quando você joga na fórmula da potência ela vai dar maior.
- 106 – E por que?
- 107 – Aluno 11 – Porque a corrente vai estar ao quadrado, aí depende mais da corrente.
- 108 – É isso mesmo. Todos entenderam?

Mais uma vez o experimento teve um papel importante. A dúvida conceitual do aluno sobre a equação só lhe saltou os olhos não apenas porque estava em desacordo com o dado experimental observado (o brilho das lâmpadas), mas fundamentalmente pela discussão estabelecida entre o professor e o aluno 2.

Como bem destaca Gonçalves (1997); Praia *et al* (2002) e Monteiro e Teixeira (2006), a atividade experimental deve ser tal que permita o levantamento e testes de hipóteses, construção de argumentos que justifiquem os dados obtidos, enfim interações sociais ricas que não somente permita a compreensão conceitual como também da natureza da Ciência e do fazer científico.

O único elemento da argumentação do modelo de Toumin (2006) que não foi contemplado na trajetória dialógica dos alunos é a refutação. Ele poderia ter ocorrido se uma discussão mais ampla em torno da 1ª Lei de Ohm fosse mais amplamente debatida. Como o resistor esquentou, houve variação da resistência de cada resistor e isso poderia ter sido levantando como um limitador da validade da teoria.

4.2.2 – Análise das interações discursivas dos alunos que realizaram a atividade experimental controlada remotamente

Agora, vamos analisar as interações dialógicas desencadeadas entre alunos do 3º R, que utilizaram a atividade experimental controlada remotamente.

Podemos notar que, nessa turma, ocorreram diversos turnos de falas em que os alunos explicitaram suas conclusões a partir dos dados obtidos, reforçando-os por meio do uso de qualificadores modais:

6 – Aluno 1 – Quanto mais brilhante a lâmpada mais potência dissipada. Quanto mais fraca ele estiver menos potência ela dissipa.

10 – Aluno 2 – A gente aqui concorda sim, mas a gente também queria falar da corrente elétrica: quanto mais corrente mais acesa a lâmpada vai ficar.

23 – Aluno 4 – A gente acha que é a potência mesmo. A lâmpada mais brilhante vai ser a que vai gastar mais potência.

41 – Aluno 5 – É... depende... Eu acho que depende do brilho. Aquela mais brilhante é a que está passando mais corrente.

Os qualificadores modais ficam bem caracterizados pelo uso de advérbios. Os mais utilizados são os de intensidade, por exemplo: “mais fraca, menos potência, mais forte, mais potência, mais corrente, menos corrente”.

Os alunos então foram capazes de perceber, pela intensidade do brilho das lâmpadas, que a potência dissipada estava relacionada com a corrente elétrica.

Foi interessante notar as falas do aluno 10 que, em diferentes turnos, faz uma contraposição à linha de raciocínio estabelecida até então:

67 – Aluno 10 – Professor, eu tenho uma pergunta. Mas como pode o paralelo gastar mais se uma das lâmpadas está apagada?

69 – Aluno 10 – Eu acho que não pode. Em casa, quando a gente quer economizar energia, a gente apaga a luz. Não faz sentido ter luz apagada e gastar mais.

O aluno 10 faz um questionamento interessante e se utiliza de um argumento fundamentado em dados e corroborado com qualificador modal para dar força ao seu ponto de vista. É interessante que ele não só põe em xeque a linha argumentativa até então estabelecida, mas como propõe uma conclusão diferente: levantando a hipótese que o

circuito em paralelo dissipasse potência tanto quanto o circuito elétrico misto.

O qualificador modal utilizado pelo aluno 10 foi “como pode?”. Esse termo poderia ter sido substituído por outro advérbio de dúvida, como por exemplo, “acaso é possível?”; “tal situação é provável?”; “quicá isso pode ocorrer?”

Em outro momento o aluno 10 levanta outra hipótese e chega a uma conclusão relacionando-a com os dados obtidos, estabelecendo uma garantia:

72 – Aluno 10 – Isso eu sei. Mas não faz sentido. Entendeu? Não poderia ser que o circuito misto gaste mais?

74 – Aluno 10 – Porque é tipo. Assim, olha, o circuito em paralelo não acende uma lâmpada e no misto todas acendem.

76 – Eu sei, mas então não pode ser igual? Por que as duas fraquinhas não dá uma forte e aí com a outra forte dá o mesmo que o paralelo.

Assim, diferentemente dos argumentos anteriores que relacionavam dados para confirmar uma conclusão a partir dos dados, o aluno 10 se utiliza de um qualificador modal para chegar na conclusão. Essa fala auxiliou a possibilidade de outra conclusão mais elaborada (construída pelo aluno 3 e pelo aluno 4), ou seja, pode-se ter um circuito elétrico dissipando mais potência mesmo que uma lâmpada esteja apagada, desde que as demais, que estejam acesas, gastem mais proporcionalmente do que outros nos quais as lâmpadas estejam menos brilhantes. Assim sendo, assim como destacado por Popper (2013), em sua teoria do holofote, não foram, exatamente os dados experimentais que levaram à percepção de uma possível incoerência teórica, mas a compreensão do próprio conceito que exigiu um refinamento na explicação do modelo explicativo da teoria.

116 – Aluno 3 – É que a corrente é mais importante porque está ao quadrado.

117 – Professor: Isso você não esquece hein? Rsrrsrsrs

117 – Alunos: rrsrsrsrsrs

118 – Professor: Tudo certo, então? Alguém tem alguma coisa diferente para falar?

119 – Silêncio.

120 – Aluno 3 – Não, professor, não é isso é que como a corrente é muito alta nesse caso, compensa a

lâmpada que não acende. Os outros circuitos as lâmpadas ficam tão fraquinhas que não gasta tanto menos com uma lâmpada a mais.

121 – Professor: E aí, 10? Concorda?

122 – Aluno 10 – Mais ou menos.

123 – Aluno 2 – Eu acho que se a gente juntar as duas correntes vai ficar mesmo igual mesmo, como ele falou (refere-se ao aluno 10). Mas aí não é mais misto.

124 – Professor: Como assim?

125 – Aluno 2 – Para corrente ser a mesma numa lâmpada só aí a vai virar um circuito diferente. Não vai ser mais misto.

126 – Professor: concorda com ele 10?

127 – Aluno 10 – Eu não entendi o que ele disse.

128 – Professor: ele está dizendo que você deve pensar na resistência equivalente e não na individual senão vai virar outro circuito. Entendeu?

129 – Aluno 10 – Mais ou menos.

130 – Aluno 6 – Você disse que se passar a corrente só numa lâmpada ele vai acender forte como o paralelo, mas aí vai ser paralelo, não vai ser mais misto.

No caso o turno 132, nota-se que o aluno 4 extrapola os dados obtidos em sala de aula, assim o como fez o aluno 10. Ele cita o exemplo do aparelho de ar-condicionado e o aluno 10 fala das lâmpadas de sua casa. Isso evidencia a função exercida pelo experimento no sentido contextualizar o problema abordado e proposto pelo professor.

Em outros turnos o professor chama a atenção para a questão do conceito de resistência equivalente e, mais uma vez, pode-se observar a importância do experimento para a compreensão dos alunos:

132– Aluno 4 – A gente pode apagar todas as luzes de casa, mas se ligar um aparelho de ar condicionado, que puxa mais corrente, vai gastar mais.

Em função da compreensão desse conceito, os estudantes conseguem estabelecer uma nova conclusão em função dos dados obtidos pelo experimento.

97 – Aluno 5 – Cada tipo de circuito vai ter uma resistência total diferente.

98 – Aluno 4 – É! A resistência equivalente.

99 – Professor: Isso mesmo. Muito bom. Todos entenderam?

100 – Silêncio.

101 – Professor: *Gente, vamos calcular a resistência equivalente para todos? Vamos calcular aqui na lousa. Vamos fazer juntos. Como é que fica aqui, me ajudem.*

102 – O Professor faz o cálculo da resistência equivalente para todos os circuitos.

103 – Aluno 5 – *A resistência do paralelo é a menor de todas.*

104 – Professor: *E o que isso quer dizer?*

105 – Aluno 5 – *Que a corrente é maior.*

106 – Professor: *Mas por quê?*

107 – Aluno 5 – *Porque ele vai ter menor resistência para o movimento dos elétrons.*

108 – Professor: *Isso. Mas tem essa fórmula de potência Ri^2 . Como é que fica se R no paralelo, é menor?*

109 – Aluno 3 – *Porque a corrente está ao quadrado e aí tipo o valor da corrente alto meio que compensa o valor da resistência menor.*

110 – Aluno 6 – *E tem a outra fórmula $P = Vi$. Se a corrente é grande a potência é maior.*

111 – Professor: *Certo. É isso mesmo.*

112 – Aluno 2 – *E tem que a resistência no paralelo é menor porque tem uma lâmpada que não acende. Aí não entra na conta.*

Nesses turnos verifica-se a obtenção dos dados (a resistência do circuito em paralelo é a menor de todas), a relação com a conclusão (portanto a corrente é maior), o estabelecimento de um qualificador modal, a partir do uso de um advérbio de intensidade (resistência menor para o movimento dos elétrons) e o uso do conhecimento básico (a fórmula de potência Ri^2 , nesse caso, mesmo a resistência sendo menor, a corrente sendo maior compensa um valor menor de R). O uso da garantia vem a partir da citação de que a conclusão estabelecida para $P = Ri^2$, vale, também para o caso $P = Vi$.

Em outra sequência de turnos os alunos discutem, com o professor, o conceito de Efeito Joule, relacionando-o com a potência dissipada. Mais uma vez há a extrapolação dos dados obtidos na experiência para situações do cotidiano dos estudantes que foi utilizado para dar ênfase ao argumento obtido:

136 – Professor: *Pensem no significado de corrente elétrica e na ideia do efeito joule, ou seja, energia elétrica sendo transformada em calor. Lembra do atrito que eu falei?*

137 – Aluno 3 – *É que a corrente elétrica quando passa são os elétrons que estão passando ali e a resistência é como um atrito. Ai esquenta.*

138 – Professor: *Esquenta, é?*

139 – Aluno 6 – *Esquenta. Aposto que aquelas lâmpadas ali estão fervendo.*

140 – *O aluno aponta a lâmpada mais brilhante.*

141 – *Professor: Vai perder, hein? Como você sabe que está quente?*

142 – Aluno 6 – *Porque eu já troquei lâmpada acesa. Queima mão. Tem que esperar esfriar.*

Pode-se notar, assim, a presença de outros elementos da argumentação proposta por Toulmin (2006), na fala dos estudantes: destacam-se a garantia (W) e o conhecimento básico (B).

O conhecimento básico utilizado é o que se refere ao Efeito Joule já explicado pelo professor em outras aulas e novamente destacado por ele trazendo a ideia para a discussão experimental. Os alunos concluem que houve aumento da temperatura da lâmpada (do resistor no caso) tendo em vista a resistência oferecida à passagem dos portadores de carga elétrica. Apesar do experimento não apresentar a possibilidade de certificar-se do aumento da temperatura, o aluno conclui, por lógica indutiva que isso ocorre.

A ocorrência desse fato chama a atenção para a possibilidade de se instalar sensores de temperatura próximos às lâmpadas para que os estudantes possam certificar-se da variação dessa grandeza. Isso seria útil também na experimentação sobre a Lei de Ohm evidenciando que ela tem limitações para resistores ôhmicos (com resistores sem variação de temperatura). Assim, para o início do experimento, enquanto a lâmpada está com temperatura baixa a Lei de Ohm seria verificada. Porém, à medida que a temperatura aumenta, o gráfico de tensão por corrente não será mais linear.

Nesse aspecto, assim como na turma do 3º P, isso poderia ter sido utilizado como elemento de refutação na argumentação, contudo, nem os alunos, nem o professor levou em conta esse detalhe.

Entre os turnos 143 e 147, o professor avalia a compreensão dos estudantes solicitando que eles, mais uma vez, extrapolem os dados experimentais obtidos e

estabeleçam relações com seu cotidiano, propondo a reflexão sobre o uso de lâmpadas frias.

143 – Professor: Certo. Mas tem as lâmpadas frias.

144 – Silêncio.

145 – Aluno 10 – É porque essas lâmpadas incandescentes têm que esquentar e as lâmpadas frias não precisam.

146 – Professor: Aí a corrente vai ser baixa?

147 – Aluno 3 – Ai vai, não é? Por isso economiza, gasta menos

O aluno 10 corresponde à expectativa do professor e consegue estabelecer uma conclusão com auxílio do aluno 3 (lâmpadas incandescentes precisam aquecer, por isso gastam mais, enquanto que lâmpadas frias não aquecem, então gastam menos), a partir de dados utilizando-se de qualificador modal (a corrente é menor) e conhecimento de base (como a potência dissipada é proporcional à corrente, então é alta na Lâmpada incandescente e baixa na lâmpada fria).

Comparando ambos os experimentos em termos de oferecer situações que permitam interações sociais importantes para a compreensão do fenômeno por parte alunos e de estimular a construção de argumentos, pode-se verificar que tanto um como outro cumpriram seu papel.

Ambas as atividades não só permitiram a contextualização conceitual do que foi apresentado teoricamente pelo professor quanto ofereceram meios para o estabelecimento de relação causa-efeito, já que, pela manipulação direta no experimento podia-se observar, de imediato, um efeito em seu funcionamento. Assim sendo ambas cumpriram aquilo que é preconizado por Gonçalves (1997) e Monteiro e Teixeira (2006) quando enfatizam a necessidade da experimentação em contribuir para o ensino de Física seja mais explicativo do que descritivo.

É importante destacar que ambas as experiências permitiam diferentes direcionamentos que foram explorados pelo professor. Assim com destacam Araújo e

Abib (2003), tanto a experimentação presencial convencional, quanto à controlada remotamente, ofereceram diferentes possibilidades de abordagem no tocante à maior ou menor ênfase quantitativa ou qualitativa (grau de ênfase matemática).

Ainda segundo o referencial de Abib e Araújo (opus cit) as atividades tanto poderiam ter caráter demonstrativo aberto ou fechado ou mesmo assumindo o aspecto verificacionista da teoria estudada, como também o de caráter investigativo. Isso depende basicamente de como o professor vai resolver dirigir a atividade.

Os autores ainda chamam a atenção para uso das TICs (Tecnologias de Informação e Comunicação) que, no caso do laboratório controlado remotamente também pode ser contemplado. Contudo, o aspecto da montagem de experimentos é atendido somente pela atividade presencial

Assim, segundo esses aspectos, podemos afirmar que os laboratórios remotos, construídos e concebidos de maneira adequada, mostram-se bastante úteis como recurso de ensino de conceitos de Física.

Portanto, não basta simplesmente automatizar um experimento comumente utilizado presencialmente para considerar que este cumpra os objetivos de experimento didático. É importante que ele possa oferecer meios de interação mais ampla, menos automática, rica em estímulos e pensando para problematizar aspectos que não somente presencialmente possam ser considerados.

A seguir analisaremos os dados relativos ao questionário aplicado nos alunos após a realização da atividade experimental controlada remotamente.

4.3 Resultados dos questionários para avaliar a opinião dos alunos sobre o uso dos laboratórios controlados remotamente.

O questionário foi aplicado nos alunos que realizaram as atividades utilizando o experimento controlado remotamente, ou seja, um total de 163 alunos do terceiro ano do

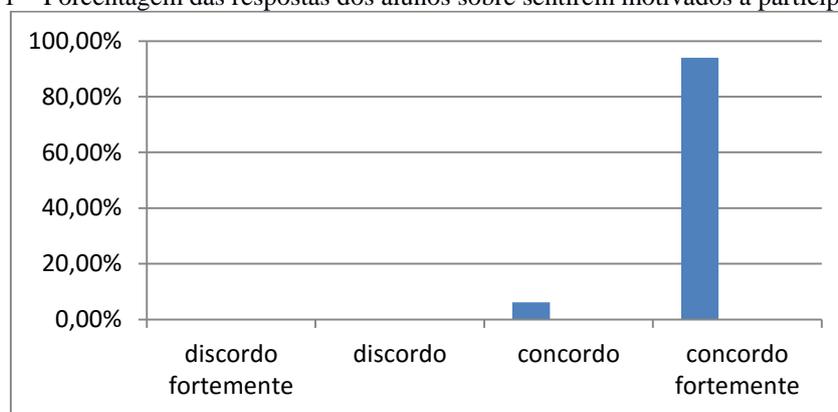
Ensino Médio de cinco escolas públicas diferentes da cidade de Guaratinguetá, município da região do vale do Paraíba, interior de São Paulo.

Compilamos as respostas dos alunos nos gráficos apresentados a seguir em relação às seguintes afirmações.

I – Quanto à motivação:

1 – Com relação à atividade experimental controlada remotamente, de minha parte, senti-me motivado a participar da aula desde seu início e, também, durante a toda a sua realização.

Gráfico 1 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre sentirem motivados a participar da aula.



Fonte: elaboração do autor.

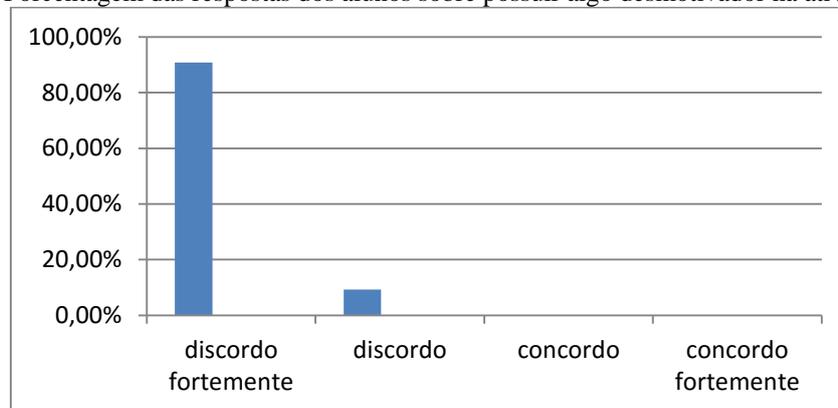
As respostas dos alunos indicam a grande motivação que sentiam quanto à realização da atividade experimental controlada remotamente. Mesmo antes de sua realização essa motivação já se mostrava grande. É evidente que é preciso relativizar esse dado, pois se tratou da realização de uma atividade diferente daquela tradicional na qual todos os alunos devem se posicionar passivamente ante a postura ativa do professor em sala de aula. Assim, qualquer alternativa que mudasse essa ordem já seria motivadora a priori. Além disso, tratava-se, também, da utilização da inovação em sala de aula, pois conseguiriam realizar um experimento, por meio do computador, que estava em outra localidade.

Contudo, esse resultado indica que esse tipo de atividade pode, mesmo que em

grau menor, ser mais motivadora do que as aulas limitadas aos extensos discursos docentes sobre temas muitas vezes descontextualizados da realidade dos estudantes.

2 – Teve algo de desmotivador na atividade.

Gráfico 2 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre possuir algo desmotivador na atividade remota.

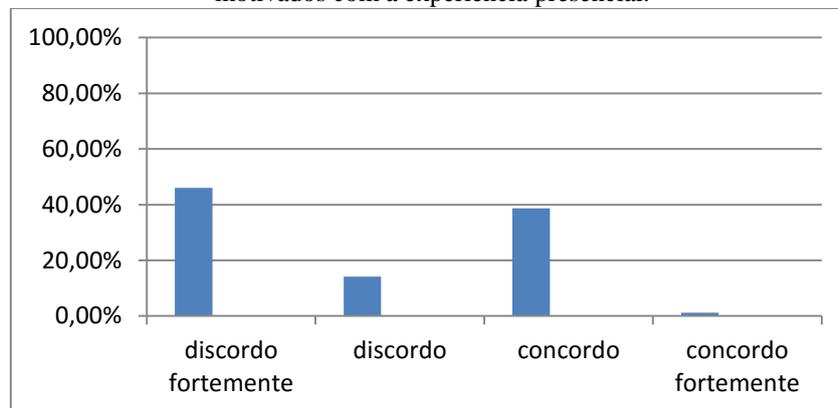


Fonte: elaboração do autor.

Esse resultado aponta para o fato de a motivação não diminuir com o tempo durante a atividade. Mesmo durante a discussão, quando acabou o processo de interação com o experimento, os alunos se mostraram motivado. Isso pode ser verificado na ampla participação dos estudantes nas discussões estabelecidas em sala de aula.

3 – Sinto-me mais motivado com a experiência real presencial do que a controlada remotamente.

Gráfico 3 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre se sentirem mais motivados com a experiência presencial.



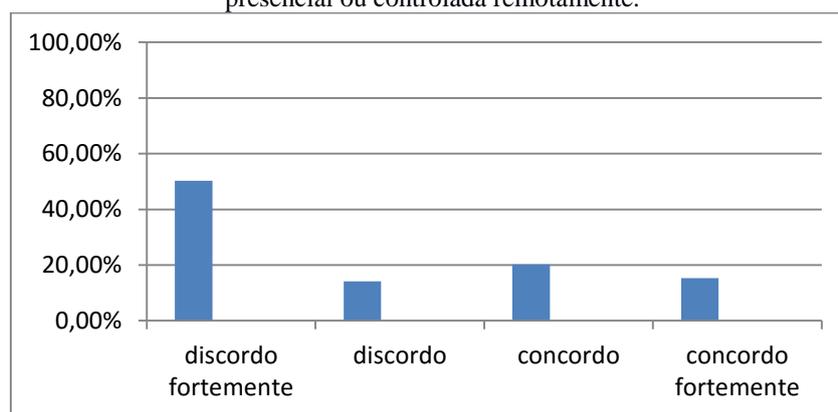
Fonte: elaboração do autor.

Essa divisão nas respostas, ao nosso ver, deve-se ao fato de os alunos, que

responderam a esse questionário, não terem realizado a experiência presencial. Neste caso é provável que alguns mantivessem a expectativa de que um experimento que não realizaram pudesse ser ainda mais motivador do que aqueles que realizaram.

4 – Para mim, o que mais motiva é a experimentação, não importa se presencial ou controlada remotamente.

Gráfico 4 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre a experiência ser motivadora, independente se presencial ou controlada remotamente.



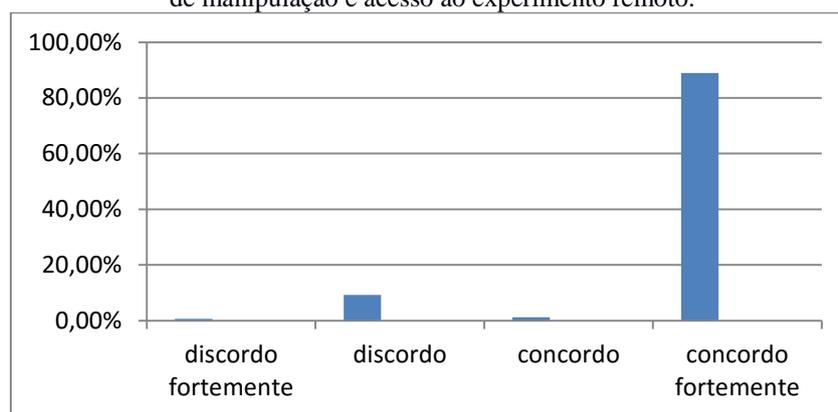
Fonte: elaboração do autor.

Essa resposta confirma nosso ponto de vista de que os alunos sentem-se mais motivados quando assumem maior protagonismo em sala de aula. Quando são desafiados a realizarem uma tarefa, a solucionarem um problema. Portanto, não há, necessariamente, uma relação direta entre motivação e atividade a ser realizada seja mediada remotamente. O importante é que eles possam assumir uma postura mais ativa no processo de ensino e de aprendizagem.

II – Quanto à utilização do recurso

5 – A manipulação da atividade via internet foi simples. Não tive nenhuma dificuldade em acessá-la na internet e realizar as tarefas propostas.

Gráfico 5 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre a facilidade de manipulação e acesso ao experimento remoto.

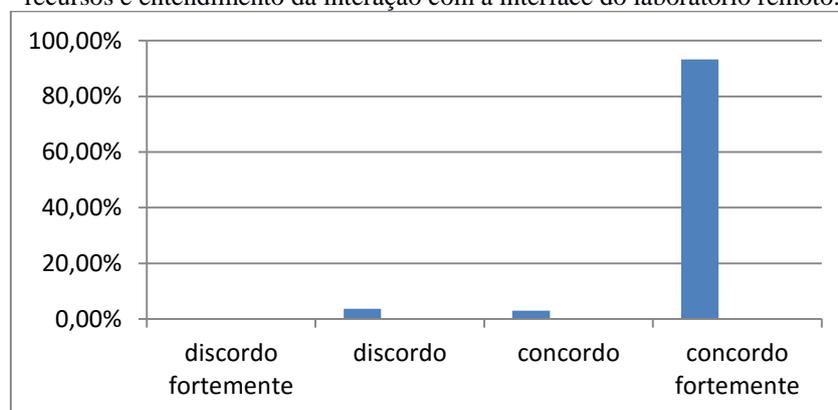


Fonte: elaboração do autor.

Os estudantes estão muito acostumados a acessarem a internet. Além disso, os comandos do experimento remoto são bastante simples e intuitivos, não necessitando de grandes conhecimentos prévios. Os dados evidenciam que, de fato, eles não encontraram dificuldades de acessarem o experimento e o manipularem. Durante todas as atividades realizadas não identificamos qualquer problema. Isso indica que a infraestrutura do ponto de vista da internet é adequada para o uso dos laboratórios, assim como indica o Censo escolar de 2013.

6 – As imagens do experimento estavam claras, a manipulação dos recursos disponibilizados foi simples e rápida. Não tive dificuldade de entender a forma de interagir com o experimento controlado remotamente.

Gráfico 6 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre a clareza das imagens, fácil manipulação dos recursos e entendimento da interação com a interface do laboratório remoto.



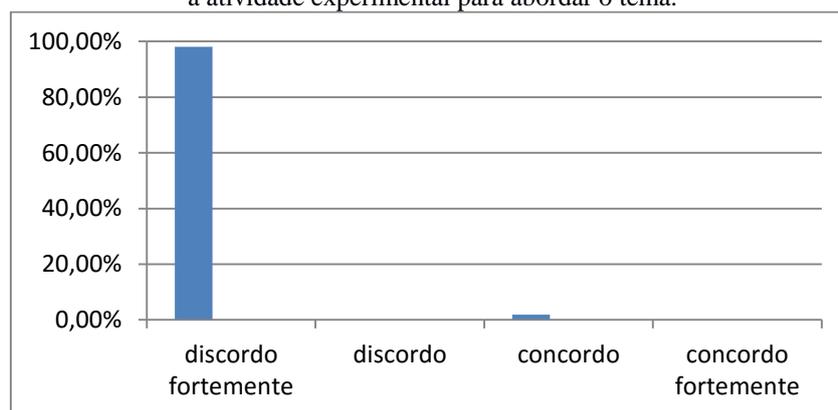
Fonte: elaboração do autor.

Está resposta confirma a resposta anterior. Neste aspecto destaca-se que o experimento foi concebido de maneira adequada para que, mesmo a distância, os estudantes pudessem acessá-los de maneira direta de forma a perceber quase que imediata os efeitos de qualquer manipulação. Isso facilita para os alunos o estabelecimento das relações entre causa e efeito, permitindo, mais facilmente, a construção de explicações causais.

III – Quanto à aprendizagem

7 – Os conceitos científicos abordados na experimentação eram simples, e, por isso não era necessária nenhuma atividade experimental. Bastava o professor explicar e passar os exercícios.

Gráfico 7 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre não acharem necessário a atividade experimental para abordar o tema.

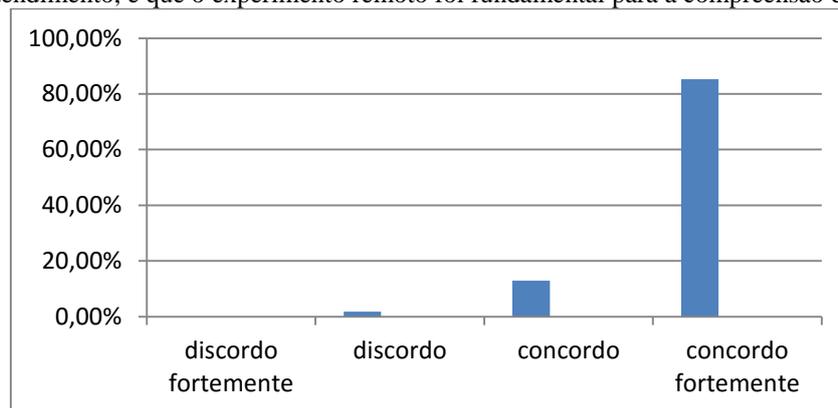


Fonte: elaboração do autor.

Os alunos reconhecem a dificuldade do assunto abordado e, de fato, a eletricidade exige um grau significativo de abstração. Mesmo após a explicação dos conceitos, de forma teórica pelo professor, os estudantes não conseguiram atingir bom entendimento dos conteúdos abordados. Isso pode ser verificado pelo próprio resultado do pré-teste.

8 – Os conceitos científicos abordados na experimentação eram complexos, de difícil entendimento, por isso, a atividade experimental controlada remotamente que realizamos foi fundamental para que eu compreendesse o que foi estudado.

Gráfico 8 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre acharem o conteúdo abordado de difícil entendimento, e que o experimento remoto foi fundamental para a compreensão desse.



Fonte: elaboração do autor.

Os alunos concordam que, de fato, a experimentação remota contribuiu para a aprendizagem dos conceitos envolvidos no tema tratado. Isso foi verificado nos resultados do pós-teste. Vimos que no processo de interação com o professor, o experimento possibilitou uma contextualização dos conceitos discutidos teoricamente, além disso, permitiu o estabelecimento de relação desses com o cotidiano dos alunos.

Para termos ideia da facilitação que os experimentos ofereceram ao processo interativo e dialógico, vamos destacar alguns dos problemas que Gravina e Buchweitz (1994) e Rinaldi e Ure (1994) enfatizam como mais importantes enfrentados pelos estudantes quando estudam o tema eletricidade e circuitos elétricos.

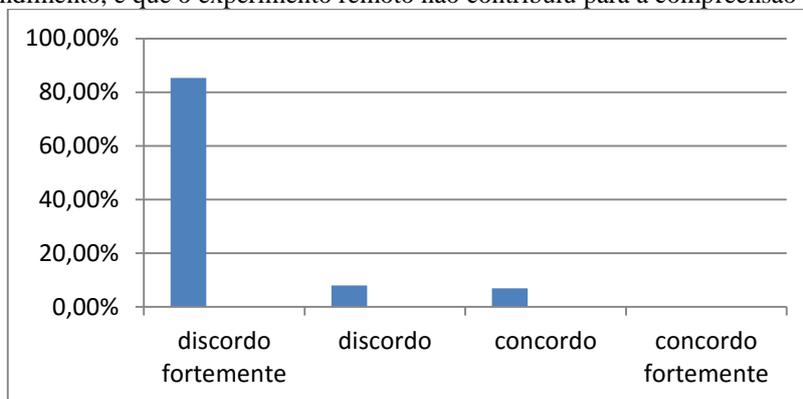
Quadro 6 – Problemas conceituais enfrentados pelos estudantes

Problemas conceituais comuns enfrentados por estudantes quando estudam eletricidade e circuitos elétricos (GRAVINA E BUCHWEITZ, 1994; RINALDI E URE, 1994)	Excertos das falas dos estudantes	Comentários
Acreditam que a corrente elétrica é consumida pelos diversos elementos do circuito elétrico.	128 R – Aluno 3 – É que a corrente elétrica quando passa são os elétrons que estão passando ali e a resistência é como um atrito. Ai esquentam.	Por esse excerto pode-se notar que há a superação da ideia de que os diversos elementos de um circuito elétrico consomem corrente. Há o entendimento que o consumo é de energia elétrica, pela transformação de energia elétrica em energia térmica por atrito.
Os estudantes tendem a conceber a ideia de que em um nó, a corrente elétrica se divide igualmente pelos ramos do circuito, independentemente dos elementos que o compõem. Ou seja, a trajetória da corrente não depende do tipo do circuito.	51R – Aluno 6 – Mas a primeira lâmpada do misto ficou tão brilhante quanto todas as lâmpadas do paralelo. Olha aqui (mostra o circuito a primeira lâmpada do circuito misto). 23P – Aluno 2 – É mesmo, professor, a corrente divide. Mas, nesse caso, se a gente meio que juntar a corrente que passa no paralelo como se fosse um só aí, não seria um em série? 26R – Aluno 2 – Porque, assim, não sei. O circuito em série todas as lâmpadas acederam, mas ficou todas bem fraquinhas. Então, se a gente juntar os paralelos, vai ficar em série. Certo?	É possível perceber que os alunos entendem que, dependendo do tipo de circuito elétrico, a corrente vai passar em maior ou menor intensidade um determinado componente do circuito.
Os alunos não são capazes de diferenciar tensão elétrica de corrente elétrica e acreditam que a corrente elétrica gera a tensão elétrica e não ao contrário.	51P – Aluno 2 – A corrente é maior, mas a voltagem é igual para todo mundo. 61P – Aluno 2 – Mas se a gente somar as voltagens vai dar igual a voltagem da pilha. 90 R – Aluno 4: Porque a tensão é a mesma para todos os circuitos e a corrente é diferente.	É possível notar que há diferenciação dos dois conceitos.

Fonte: elaborado pelo autor.

9 – Os conceitos científicos abordados na experimentação eram complexos, de difícil entendimento, por isso, independente da atividade experimental controlada remotamente que realizamos, eu ainda não consegui compreender bem o que foi ensinado.

Gráfico 9 – Porcentagem das respostas dos alunos sobre acharem o conteúdo abordado de difícil entendimento, e que o experimento remoto não contribuiu para a compreensão desse.

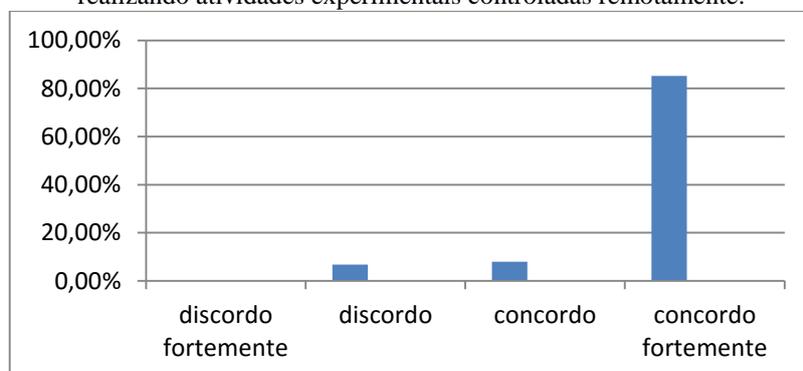


Fonte: elaboração do autor.

Aqui os alunos discordam de que o conteúdo é difícil e que ainda não sabem bem o tema. Muito provavelmente, essa confiança se deve ao fato deles terem se sentido bem durante as atividades de experimentação e de discussão realizadas. A percepção de ter compreendido mais amplamente o que tinham ouvido na aula teórica exposta pelo professor, levou-os a acreditarem que dominavam o assunto e, por isso, a temática já não lhes parecia mais tão complexa.

10 – Eu gostaria de aprender Física sempre realizando atividades experimentais controladas remotamente.

Gráfico 10 – Porcentagem das respostas dos alunos de que gostariam de aprender Física sempre realizando atividades experimentais controladas remotamente.



Fonte: elaboração do autor.

Esse resultado indica que, na visão dos alunos, a atividade experimental controlada remotamente foi agradável, motivadora e lhes pareceu útil do ponto de vista da aprendizagem. Nesse aspecto, acreditamos que podemos afirmar que, por parte da percepção dos alunos podemos avaliar o experimento remoto como um importante recurso de ensino que pode, quando não se tem infraestrutura adequada, servir de alternativa ao laboratório presencial convencional.

A seguir vamos, finalmente, apresentar os resultados relativos ao ponto de vista dos professores que aplicaram as atividades experimentais controladas remotamente em sala de aula.

4.4 Ponto de vista dos professores sobre o uso de atividades experimentais controladas remotamente.

Para os professores foi solicitado que dessem sua opinião, refletindo sobre as seguintes questões:

- 1 – O que você achou das atividades realizadas?
- 2 – Você acha que ambas contribuíram da mesma maneira para o aprendizado dos alunos ou não? Por quê?
- 3 – Você gostaria de pontuar algo que não perguntamos neste questionário?

A seguir apresentamos, na íntegra a opinião de cada um dos cinco professores que participaram de nossa pesquisa.

Opinião do professor 1

Eu achei as atividades muito interessantes, mas principalmente a controlada remotamente. Para essa galera de hoje que está acostumada com a internet, com o computador, isso é mão na roda.

Nas aulas é difícil conseguir a atenção dos alunos. Eles não se motivam para aprender. Então, as aulas em que tem atividade, que deixam eles mais ativos, ficam mais fáceis.

Essa ideia de vocês eu gostei muito. Tomara que vocês consigam apoio para continuar esse trabalho. A Física com experimentação é mais fácil, mais divertida, menos maçante. O problema é que atividade experimental é impossível na escola: não tem laboratório, não tem equipamento, não tem tempo, temos só duas aulas por semana.

Vocês viram como eles participaram? Acho que essa ideia de vocês é a solução para o

laboratório porque não tem laboratório e pronto. Desde que eu era aluno já ouvia sobre a importância dos laboratórios e até hoje não tem. Entra ano sai ano e nada. Entra governo e sai governo e nada. É sempre assim, já estou acostumado.

As vezes vem uma coisa ou outra, uma caixa com termômetros. Outro tempo aí veio umas rolhas. E daí? O que eu faço com isso? Outro dia veio umas caixas aí para fazer robô. Imagina! Um dia vem rolha, no outro, peças para robô: é oito ou oitenta. A gente nem sabe como fazer direito. Por isso, essa sua opção, essa que você está dando, para mim é a solução.

Acho que esse tipo de laboratório controlado por computador é melhor que o presencial, porque a gente chega, faz e depois que termina acabou. Amanhã a gente começa de novo. Num laboratório presencial tem que montar, desmontar, limpar. E se estragar? Quem conserta?

E os alunos gostaram, não vejo diferença. O outro experimento que você trouxe é fácil de fazer, mas assim mesmo dá trabalho fazer. Custa pouco, mas custa. Da onde tira o dinheiro? E de mais a mais a gente não tem nem lugar para guardar. É uma briga na escola por espaço, você nem queira saber.

Eu gostei e incorporaria esse tipo de atividade em minhas aulas.

Opinião do professor 4

Acho que as atividades experimentais são muito importantes. Aquele tempo de o professor falando e o aluno ouvindo é do passado. Os alunos daquela época aceitavam isso. Era outro tempo. Agora tem que utilizar isso mesmo, a inovação e a tecnologia. A escola tem que ter inovação na sua realidade. Não é possível só utilizar giz, lousa, saliva e livro didático. Tem que ter outras coisas para tornar a aula mais interessante.

Eu ainda acho que o laboratório presencial é melhor, porque, sei lá. É diferente você está lá ao vivo e estar distante. A emoção é outra. É como ver um jogo de futebol pela TV e no estádio. Lá, junto com a torcida é diferente, é mais vibrante, mais motivador, não é? Acho que tem um ar diferente e por isso eu ainda sou daqueles que defende o laboratório presencial. Sei que é caro, difícil. Tem a questão da manutenção, mas acho que o governo deveria investir em equipamentos experimentais: é a obrigação deles.

Mas acho que esse recurso do laboratório remoto deu super certo, funcionou muito bem, os alunos gostaram, acho que ajudou muito na aprendizagem deles. Não vi diferença na aprendizagem de uma sala para outra. Acho que eles aproveitaram igual. É claro que os meninos gostaram mais do controlado remotamente porque isso é muita novidade. Para mim, é só uma questão de preferência minha, mas eu vejo esse dispositivo de vocês como uma opção muito válida.

Opinião do professor 3

Eu achei boas as duas experiências. Na verdade elas são as mesmas. Iguais não é? Só que uma você mexe com as mãos e a outra meche pelo computador. Mas, para ser sincero, eu prefiro a presencial. Acho que as escolas deveriam ter laboratórios equipados para gente fazer experiência presencial. Sabe? Para mim o laboratório de Física tem cheiro, tem sabor que quando a gente está nele a gente sente. No experimento a distancia, por mais real que seja, esse cheiro e esse sabor se perdem. Mas eu achei válido tudo. Achei que as duas experiências contribuíram para o aluno aprende.

Opinião do professor 2

As atividades foram muito interessantes. Essa sacada do circuitinho com trinco de portão foi muito legal, genial. Mas eu gostei mesmo do laboratório remoto. Oferece muitas opções para você. O ensino preciso da inovação e da pesquisa. A gente utilizou como um

laboratório mesmo não é? Mas dava para a gente pedir como tarefa, assim eles viriam com os dados coletados de casa e a gente só discutia aqui. Isso economizaria aula que falta para Física, são só duas aulas por semana. Eu estava pensando que dava para utilizar como demonstração em aula teórica. Numa aula de explicação da teoria, eu poderia acessar e mostrar os elementos de um circuito, os diferentes tipos de circuitos, a divisão da corrente nos circuitos em paralelo. Isso tudo a um toque de dedo, pela internet. E o melhor é que não é simulação é real. Muito bom mesmo. Parabéns para vocês. Os alunos adoraram, aprenderam, foi muito útil.

Opinião do professor 5

Minha opinião é positiva para os dois experimentos. Achei que os alunos gostaram das atividades e foi muito útil para a aprendizagem deles. Mas em termos de escolha eu acho que a controlada remotamente é melhor. Não porque ensina mais, porque, para mim, as duas são iguais. Exatamente iguais! Mas eu acho que essa coisa de baixo custo, de reaproveitamento de material é coisa ultrapassada e não pode estar na educação. Por que isso é bom só para educação? Por que baixo custo só para a educação? A educação nesse país tem que ser prioridade. Nós estamos no século XXI, temos que inovar. A internet está aí, é a realidade deles. A gente sai às ruas e está todo mundo conectado. Temos que preparar esse povo para o uso desses recursos das novas tecnologias. Agora não tem até médico operando a distância pelo computador? As fábricas não usam robôs em suas linhas de produção? Pois é, isso é a modernidade e isso precisa chegar na educação. Então eu acho que esse experimento pela internet é melhor. Mas foi tudo muito interessante e muito bom sim.

Independentemente da preferência dos professores pelo laboratório presencial ou controlado remotamente, pode-se notar um consenso no fato de que ambos são capazes de contribuir para a aprendizagem dos alunos. Chama atenção a fala do professor 3 que afirma que o laboratório tem cheiro e gosto que se perdem quando a experimentação é realizada remotamente. Na filosofia da Ciência Popper (2013), Kuhn (2010) e Lakatos (1989), relativizaram o papel da experimentação na produção do conhecimento científico. Para esses autores, a experimentação tem sua importância para a Ciência, para o trabalho científico, mas não tem primazia sobre as discussões, os debates, o levantamento de hipóteses, a construção de explicações, bem como de argumentos que justificam os dados obtidos.

Autores de pesquisas em Ensino de Ciências como Hodson (1994) e Borges (2002) evidenciam que a experimentação também tem o papel de motivar para o estudo de temas científicos, de ensinar as técnicas de laboratório, de facilitar a compreensão de

conceitos e de desenvolver habilidades procedimentais e atitudinais nos estudantes. Contudo, sob essa perspectiva, é preciso destacar que, dependendo da maneira como o experimento remoto for concebido e construído, também pode exigir dos estudantes habilidades e competências próprias do rigor que o trabalho científico exige do processo de tomada de dados.

Não estamos aqui defendendo a substituição da experimentação presencial convencional pela controlada remotamente, porém, entendemos que, pelos resultados obtidos nesse trabalho, a experimentação remota pode trazer contribuições complementares àquelas oferecidas por aquelas realizadas presencialmente. Hoje em dia, não raro, muitos físicos coletam seus dados por meio de sensores ligados aos computadores, astrônomos, por exemplo, observam os céus através de telescópios controlados remotamente. Da mesma forma que não somos a favor da abolição do uso de algoritmos para o ensino das operações básicas de adição, subtração, multiplicação e divisão, também não somos contra o uso da calculadora como instrumento útil para a realização de cálculos. Pelo mesmo raciocínio o laboratório remoto não deve ser rechaçado por uma mera percepção empirista da Ciência.

Na opinião do professor 4 há reflexões importantes que justificam o uso da experimentação remota levando em conta a atual situação da maioria das escolas brasileiras como mostra o censo escolar realizado em 2013. Assim, diante da alta carga horária dos professores, da inexistência de técnicos para montar, desmontar e realizar a manutenção de experimentos em laboratórios, da falta de laboratórios e mesmo de equipamentos experimentais em boa parte das instituições de ensino do país, o experimento controlado remotamente pode constituir-se em uma opção viável até que se possa obter uma infraestrutura mínima para a realização de experimentos presenciais convencionais.

A seguir, no próximo capítulo, apresentamos nossas considerações sobre o trabalho de pesquisa que realizamos.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo avaliar o impacto educacional de um experimento controlado remotamente para a aprendizagem de conceitos de Física abordados no Ensino Médio.

Para tanto, aplicamos em dez turmas diferentes de terceiro ano do Ensino Médio de cinco escolas diferentes atividades experimentais relacionadas ao tema eletrodinâmica. Para cinco turmas utilizamos um experimento presencial convencional e para outras cinco turmas utilizamos um experimento, de mesmas características que o anterior, controlado remotamente.

Mediante os dados obtidos num pré-teste, aplicados após as aulas teóricas ministradas sobre o tema eletrodinâmica, mas antes da realização das atividades experimentais, o desempenho dos alunos foi abaixo da média. Isso evidencia a dificuldade de aulas expositivas conseguirem, isoladas de outras estratégias de ensino, contribuir para a aprendizagem efetiva dos estudantes. Porém, no pós-teste, atividade realizada após a realização das atividades experimentais, o desempenho dos estudantes melhorou significativamente.

O resultado dos testes não é novidade, pois muitas pesquisas apontam que aulas baseadas apenas no excessivo verbalismo do professor e na posição passiva dos estudantes não contribuem para a aprendizagem.

Contudo, é importante destacar que, comparativamente, o desempenho dos estudantes que realizaram a atividade experimental presencial convencional não foi superior aos que realizaram a atividade experimental controlada remotamente.

Além disso, outro resultado importante foi o fato de que nos dados relativos às interações dialógicas desencadeadas no contexto de sala de aula após a realização das atividades, mostram que tanto aqueles que realizaram a experimentação presencial

convencional quanto aqueles que coletaram dados a partir do experimento controlado remotamente foram capazes de construir argumentos que justificassem os dados obtidos. Estavam presentes nas interações a busca pela resolução de um problema, o levantamento e o teste de hipóteses, a verificação matemática de equações relacionadas aos conceitos científicos, a construção de justificativas e explicações, o estabelecimento de relações entre a experimentação realizada, os conceitos estudados e o cotidiano dos estudantes.

Nesse sentido, a experimentação remota também não deixou de trazer suas contribuições à aprendizagem dos alunos. Os alunos que participaram da experimentação remota foram capazes de construir argumentos contendo praticamente todos os elementos propostos por Toulmin (2006).

Do ponto de vista das diferentes concepções que se possa ter para o uso de laboratórios em sala de aula, o experimento remoto mostrou-se ser bastante flexível. No experimento que utilizamos, os alunos poderiam não apenas manipular o experimento, permitindo a imediata mudança de seus efeitos, facilitando aos estudantes o estabelecimento de uma relação de causa e efeito, que contribui para a construção de explicações causais, como também possibilitava a obtenção de medidas elétricas através de multímetros, oportunizando abordagens em diferentes níveis de matematização.

É importante destacar, portanto, que os experimentos remotos não podem ser uma mera automatização de experimentos que são concebidos para serem realizados presencialmente. Precisam ser projetados para atender as especificidades e necessidades de usuários que lhes acessam remotamente. Nesse caso, é preciso ter a exata noção dos objetivos educacionais que se quer atingir, bem como ser inspirado por uma metodologia de ensino, no intuito de atender as necessidades formativas dos estudantes.

Do ponto de vista da motivação, buscamos ouvir os estudantes a partir da

aplicação de um questionário de opinião. Os resultados evidenciam que todos eles se mostraram muito motivados com a atividade que realizaram e que essa percepção se estabeleceu constante durante todo o desenvolvimento da atividade.

Com relação a esse ponto destacamos a importância de uma infraestrutura relativa à rede de internet, bem como da concepção do experimento para que a velocidade na obtenção dos dados, a qualidade das imagens disponibilizadas, bem como os recursos de manipulação e de interação do usuário com o equipamento experimental pudesse ser adequado.

Na percepção dos estudantes o experimento remoto foi fundamental para a aprendizagem de conceitos e isso foi demonstrado também pelos resultados nos pós-teste e no desempenho dos alunos nas interações discursivas realizadas em sala de aula, levando-se em conta a qualidade da interação entre professor e alunos na busca pela solução da situação-problema proposta.

É importante destacar que o tema escolhido para ser estudado exigia dos estudantes uma grande capacidade de abstração e, mesmo assim, os estudantes, ao final da atividade apresentava uma percepção de que dominavam o assunto estudado. É claro que essa percepção deve ser relativizada, porém, esse sentimento demonstra uma motivação e uma autoestima elevada, muito desejável para que novos desafios pudessem ser propostos.

Com relação à opinião dos professores tivemos também um resultado bastante positivo. Todos eles demonstraram satisfação com a utilização do experimento remoto, mesmo aqueles que preferiam a utilização do experimento presencial convencional. Ressaltaram a importância de o experimento remoto ser mais disponível e mais adequado à atual situação que a maioria das escolas enfrenta que é a total inexistência de atividades experimentais.

Do nosso ponto de vista os resultados não nos autorizam a defender uma substituição dos laboratórios presenciais convencionais pelos laboratórios controlados remotamente, contudo, nos possibilita afirmar que experimentos dessa natureza apresentam uma potencialidade que merecem maior atenção das pesquisas em Ensino de Ciências.

Nossos resultados sugerem evidências que os experimentos controlados remotamente podem se constituir em atividades complementares às atividades experimentais presenciais convencionais e, até, se constituírem em alternativas aos professores que não dispõem de infraestrutura necessária nas escolas em que atuam para realizarem atividades de caráter investigativas em suas aulas.

É nossa intenção, em trabalhos futuros, ampliar os estudos sobre a utilização de experimentos remotos, estudando, especialmente, a relação do professor com esse tipo de recurso.

REFERÊNCIAS

- AKTAN, BurGin et al. Distance learning applied to control engineering laboratories. **Education, IEEE Transactions on**, v. 39, n. 3, p. 320-326, 1996.
- ALHALABI, B. Remote labs: an innovative leap in the world of distance education. Proc. 4th Multi Conf. on Systemic, Cybern and Informatics, and 6th Int. **Conference on Information System**, Anal. and Synthesis (Orlando, FL), p. 303-307, 2000.
- ANGOTTI, J. A. P. Desafios para formação presencial e a distância do físico educador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 143-150, 2006.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.
- AXT, R. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Moreira, M. A; AXT, R. Tópicos em Ensino de Ciências. Porto Alegre: Sagra**, p. 79-90, 1991.
- BELEI, R.A.; GIMENIZ-PASCOAL S.R.; NASCIMENTO, E.N; MATSUMOTO,P.H.V.R. O uso de entrevista, observação e videogravação em pesquisa qualitativa. **Cadernos de Educação | FaE/PPGE/UFPel | Pelotas [30]: 187 - 199**, janeiro/junho 2008
- BENCOMO, S. Dormido. Control learning: present and future. **Annual Reviews in control**, v. 28, n. 1, p. 115-136, 2004.
- BISCHOFF, A.; RÖHRIG, C. Remote experimentation in a collaborative virtual environment. In: **Proceedings of the 20th World Conference on Open Learning and Distance Education**. 2001.
- BORGES, A. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- BORGES, A. T.; GOMES, A. D. T. Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 71-94, 2005.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (Inep). Ministério da Educação. Resumo técnico: censo da educação superior 2013, Brasília, 2014. Disponível em: BRASIL. Lei no. 9.394, de 20 dez. 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio – física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília:

MEC/SEMTEC, 2002.

CARDOSO, D. C.; TAKAHASHI, E. K. Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 3, p. 185-208, 2011.

CARDOSO, D. C.; TAKAHASHI, E. K.; OLIVEIRA, T. M. Possibilidades e Limitações Relacionadas ao Uso de um Experimento Remoto em uma Abordagem Investigativa. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Águas de Lindóia, 2015 Disponível em: < http://www.xenpec.com.br/anais2015/lista_area_05.htm > acessado em dezembro de 2015.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências**. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2003.

CASINI, M.; PRATTICCHIZZO, D.; VICINO, A. e-Learning by Remote Laboratories: a new tool for control education. In: **Advances in Control Education 2003 (ACE 2003): A Proceedings Volume from the 6th IFAC Symposium**, Oulu, Finland, 2003. Elsevier, 2003.

CENSO ESCOLAR, "Resultados do Censo Escolar," in Portal QEDu, ed, 2013. Disponível em: <<http://www.qedu.org.br/brasil/censo-escolar?year=2013&dependence=0&localization=0&item>> acessado em 02 de julho de 2015.

CRUZ, M. K. et all. Controle de Kit de Robótica através de Laboratório Remoto pela Internet: uma Aplicação para a Formação Docente e para a Educação Básica. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. 2009.

DE LIMA, J. P. C.; ROCHADEL, W.; DA SILVA, J. B. Utilização da Experimentação Remota Móvel em Disciplina de Física do Ensino Médio. **International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning**. 2013.

DE PINHO A. F. J. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.

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

DOURADO, L. Trabalho prático, trabalho laboratorial, trabalho de campo e trabalho experimental no ensino das ciências—contributo para uma clarificação de termos. **Ensino experimental das ciências**. Lisboa, p. 13-18, 2001.

FERREIRA, D. B.; VILLANI, A. Uma Reflexão Sobre Prática E Ações Na Formação De Professores Para O Ensino De Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 63-76, 2002.

GARCIA-ZUBÍA, J. Laboratorio WebLab aplicado a la Lógica Programable: WebLab PLD. **VI Tecnologías Aplicadas aa Enseñanza de Electrónica**. 2004.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.

GRAVINA, M. H. & BUCHWEITZ, B. Mudanças nas Concepções Alternativas de Estudantes Relacionadas com Eletricidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 16, 110-119, 1994.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. In: **Enseñanza de las Ciencias**. 1994. p. 299-313.

HODSON, D. Experimentos na ciência e no ensino de ciências. **Educational philosophy and theory**, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988.

HUA, J.; GANZ, A. Web enabled remote laboratory (r-lab) framework. In: **FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE**. STIPES, 2003. p. T2C-8.

IMBRIE, P. K.; RAGHAVAN, S. Work In Progress-A Remote e-Laboratory for Student Investigation, Manipulation and Learning. In: **Frontiers in Education, 2005. FIE'05. Proceedings 35th Annual Conference**. IEEE, 2005. p. F3J-F3J.

INEP. Programa nacional de avaliação do estudante – PISA. 2012. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/pisa-programa-internacional-de-avaliacao-de-alunos>>. Acessado em agosto de 2015.

JOHNSTON, W.; AGARWAL, D. The virtual laboratory: Using networks to enable widely distributed collaborative science. In: **A NSF Workshop Virtual Laboratory whitepaper**. (<http://www-itg.lbl.gov/~johnston/Virtual.Labs.Html>). 1995.

KENSKI, V. M. Aprendizagem mediada pela tecnologia. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 4, n. 10, p. 47-56, 2003

KOSMINSKY, L; GIORDAN, M. Visões sobre Ciências e sobre o Cientista entre Estudantes do Ensino Médio. **Química nova na escola**, v. 15, p. 11-18, 2002.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo, Perspectiva, 1978.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 10 ed. São Paulo: Perspectiva, 2010.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Os programas de pesquisa de Lakatos: uma leitura para o entendimento da construção do conhecimento em sala de aula em situações de contradição e controvérsia. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 5, n. 2, p. 23-38, 1998.

LAKATOS, I. La metodología de los programas de investigación científica. Madrid: Alianza, 1989

LOPES, S. P. M. L.; **Laboratório de Acesso Remoto em Física**. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra, 2007.

- LÜDKE, M. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.
- MAINGUENEAU, Dominique. **Cenas da enunciação**. Parábola Ed., 2008.
- MEDEIROS, A. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2. São Paulo, jun. 2002.
- MONTEIRO, I. C. C. **Atividades experimentais de demonstração em sala de aula – uma análise segundo o referencial da teoria de Vigotski**. Bauru/SP, 2002.129p. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências), UNESP, Campus de Bauru.
- MONTEIRO, M. A.A.; MONTEIRO, I. C.; GERMANO; J. S. E. *et al.* Protótipo de uma atividade experimental para o estudo da cinemática realizada remotamente. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 566 – 578, 2013.
- NEDIC, Zoricu; MACHOTKA, Jan; NAFALSKI, Andrew. Remote laboratories versus virtual and real laboratories. In: **Frontiers in Education, 2003. FIE 2003 33rd Annual. IEEE**, 2003. p. T3E-1-T3E-6 Vol. 1.
- NEVES, S. M.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Repensando o Papel do Trabalho Experimental, na Aprendizagem da Física, em Sala de Aula – Um Estudo Exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 11, n. 3, p. 383-401, 2006.
- OLIVEIRA, J. R. A Escola e o Ensino de Ciências. São Leopoldo, Ed. UNISINOS, 2000.
- OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente/Contributions and approaches of the experimental activities in the science teaching: Gathering elements for the educational practice. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2012.
- OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno catarinense de ensino de física**. Florianópolis. Vol. 13, n. 3, p. 184-196, 1996.
- PELLA, M. O. The laboratory and science teaching. In: Andersen, H.O. **Reading in science education for the secondary school**. London: Macmillan Company, 1969.
- POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. 2 ed. Editora Cultrix, 2013.
- POSNER, G. J. et al. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.
- PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **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 Iniciais do Ensino Fundamental. **Investigação em Ensino de Ciências**, Rio Grande do

Sul, v. 13, n. 3, p. 299-331, 2008.

Remote laboratory-towards an integrated training system A Leleve, H Benmohamed, P Prevot, C Meyer - 4th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET 2003), Jun 2003, Marrakech, Morocco. pp.6, 2003.

RINALDI, C.; URE, M. Concepções de adultos não influenciados pelo ensino formal sobre eletricidade. **Rev. de Educ. Pública, Ed. da UFMT**, Cuiabá, v. 3, n. 3, p. 145-161, 1994.

SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Esquema de Argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 3, p. 147-170, 2014.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino em Física**, v.20, n.1: 30-42. 2003.

SILVA, J. et al. A Utilização da experimentação remota como suporte para ambientes colaborativos de aprendizagem. 2006.

SILVA, J. B. **A Utilização da experimentação remota como suporte para ambientes colaborativos de aprendizagem**. Florianópolis/SC. 2006. 196 p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Gestão do Conhecimento), Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA, T.; FLORES, C. R.; TANEJA, I. J. Expansão do ensino superior: panorama, análises e diagnósticos do curso de Licenciatura em Física a distância da Universidade Federal de Santa Catarina. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3: p. 528-548, dez., 2010.

SILVEIRA, F. L. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno catarinense de ensino de física**. Florianópolis. Vol. 13, n. 3 (dez. 1996), p. 219-230, 1996.

THORTON, S. Stanford Encyclopedia of Philosophy: Karl Popper. **Stephen. thorton@mic. ul. ie**, 2006.

TOULMIN, S. Os usos do argumento. Trad. Reinaldo Guarany. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006

TRINDADE, H. (Org.). *O positivismo: teoria e prática: sesquicentenário da morte de Augusto Comte. 3 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.*

VIGOTSKY, L.S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: 2 a ed. Martins Fontes ed., 1999.

WESENDONK, F. S. **O uso da experimentação como recurso didático no desenvolvimento do trabalho de professores de Física do Ensino Médio**. 2015. 298f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2015.

APÊNDICE I – CONTEÚDOS DA AULA TEÓRICA PLANEJADA E MINISTRADA AOS ALUNOS DOS 3º ANOS DO ENSINO MÉDIO

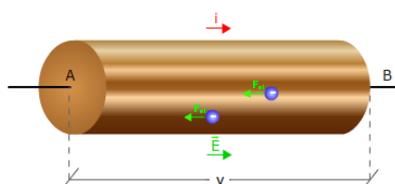
ELETRODINÂMICA

1 – INTRODUÇÃO:

A Eletrodinâmica é a parte da Física que estuda situações nas quais as cargas elétricas se encontram em movimento.

1.1 – TENSÃO ELÉTRICA

Considere um condutor metálico ligado a uma fonte de energia elétrica:



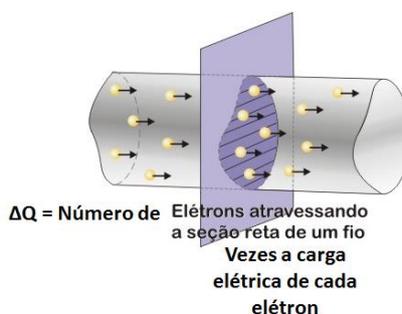
A tensão elétrica ou diferença de potencial (U) é a grandeza física responsável pela transferência de energia elétrica aos elétrons que estão sob influência do campo elétrico e em movimento ordenado. É a mesma grandeza escalar que foi definida para dois pontos distintos de um campo elétrico e, portanto, pode-se aplicar a relação:

$$V = V_B - V_A$$

onde V_A e V_B representam o potencial elétrico de cada extremidade do condutor. A unidade da tensão elétrica no SI é o volt (V).

1.2 – CORRENTE ELÉTRICA

A grandeza escalar corrente elétrica é definida para descrever a quantidade de carga elétrica que passa através de certa região de um condutor por unidade de tempo.



Se ΔQ for a quantidade de carga que passa através de uma determinada área de um condutor, no intervalo de tempo Δt a corrente elétrica (i) é dada por:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

A unidade no SI vale:

$$[i] = \frac{[\Delta Q]}{[\Delta t]} = \frac{\text{ampère}}{\text{segundo}} = \frac{A}{s}$$

Duas condições são necessárias para se estabelecer uma corrente elétrica através de um condutor:

- A existência de um caminho condutor fechado no qual a corrente elétrica possa circular. Se esse caminho é aberto, como por exemplo, através de um botão liga/desliga, a corrente deixa de circular.
- A manutenção de uma tensão elétrica entre dois pontos do condutor - o caminho. Se não houver uma fonte externa de energia elétrica que mantenha uma tensão elétrica, não haverá corrente elétrica através desse condutor.

1.3 – RESISTÊNCIA ELÉTRICA

A resistência elétrica (R) é a grandeza física que expressa a dificuldade que os materiais oferecem à passagem dos portadores de carga elétrica que constituem a corrente elétrica.

No SI, a unidade de resistência elétrica é o ohm (Ω).

No caso dos condutores sólidos, ela depende basicamente de dois fatores:

- da quantidade de portadores de carga elétrica disponíveis;
- da mobilidade que a estrutura cristalina oferece aos portadores de carga.

Quanto maior a densidade de portadores de carga existente, menor a resistência elétrica desse condutor. Do mesmo modo, quanto maior a mobilidade oferecida pela estrutura cristalina, menor a resistência elétrica também.

A resistência elétrica de um condutor não é constante, varia com a intensidade da corrente elétrica que atravessa o condutor. No entanto, para determinados valores da corrente elétrica, podemos assumir que a resistência elétrica independe do valor da corrente e, portanto, é constante.

1.4 – A PRIMEIRA LEI DE OHM

A partir da experimentação, Ohm verificou que se mantendo a temperatura constante, o quociente entre a tensão aplicada nos terminais do condutor e a corrente que o percorre é uma constante característica desse condutor.

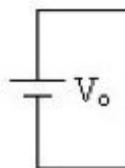
$$R = \frac{V}{i}$$

1.5 – CIRCUITO ELÉTRICO

Um circuito elétrico é constituído por uma associação de diversos componentes, que permitem a passagem da corrente elétrica através de um caminho condutor fechado. Todo circuito elétrico possui um elemento responsável por fornecer energia elétrica aos demais elementos do circuito, que é normalmente representado pelo gerador elétrico.

1.5.1 – ELEMENTOS DE UM CIRCUITO ELÉTRICO

a) **Gerador elétrico:** É o aparelho capaz de transformar qualquer tipo de energia em energia elétrica. Sua principal função é fornecer energia para as cargas que o atravessam, como, por exemplo, pilhas, baterias e usinas hidrelétricas. Sua representação é dada por:



b) **Resistor elétrico:** Elemento responsável por consumir energia elétrica, e convertê-la em calor, ou seja, energia térmica. Ex: chuveiro elétrico, lâmpadas comuns, fios condutores, ferro elétrico. Sua representação é dada por:



c) **Chave elétrica:** São os responsáveis por desligar ou acionar o funcionamento do circuito elétrico, como, por exemplo, os interruptores. Sua representação é dada por:



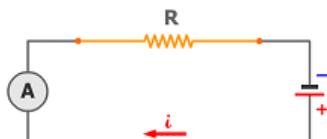
d) **Medidores elétricos:** Medem ou identificam a corrente elétrica ou a diferença de potencial entre dois pontos.

Exemplos

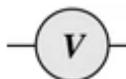
a) *Amperímetro:* Mede a intensidade da corrente elétrica.



O amperímetro deve ser sempre colocado em série no ramo do circuito onde se deseja medir a corrente elétrica, para que a corrente elétrica que passe pelo amperímetro e pelo ramo do circuito tenha a mesma intensidade.



b) *Voltímetro:* Mede a diferença de potencial, ddp, entre dois pontos do circuito elétrico.



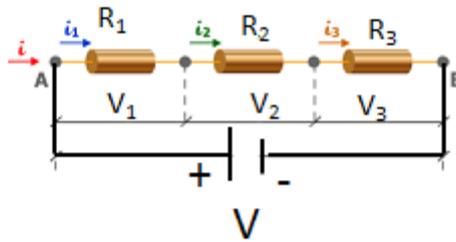
O voltmímetro deve ser sempre colocado em paralelo ao ramo do circuito onde se deseja medir a tensão elétrica, para que a tensão elétrica entre os terminais do voltmímetro e do ramo do circuito tenham o mesmo valor.



1.5.2 – TIPOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Circuitos elétricos em série:

Se dois ou mais resistores elétricos estão associados em série quando o terminal de saída de um estiver ligado ao terminal de entrada do outro, como é mostrado na figura.



A associação de resistores em série apresenta as seguintes características elétricas:

- Todos os resistores são percorridos pela mesma corrente elétrica. Isso acontece porque o terminal de saída de cada resistor está ligado a um único terminal e, portanto, existe um único caminho para os elétrons circularem.

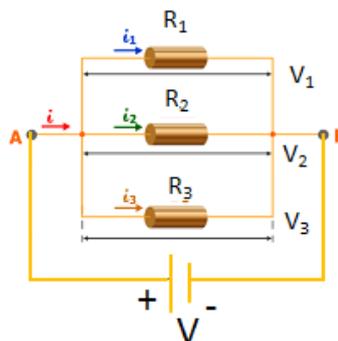
$$i = i_1 = i_2 = i_3$$

- A tensão elétrica entre os extremos da associação é a soma das tensões em cada resistor.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

Circuitos elétricos em paralelo:

Dois ou mais resistores elétricos estão associados em paralelo quando todos os terminais de entrada estão conectados ao mesmo ponto e todos os terminais de saída estão conectados a um outro ponto, ou seja, todos os resistores estão ligados aos mesmos pontos extremos A e B do gerador elétrico, como é mostrado na figura.



A associação de resistores em paralelo apresenta as seguintes características elétricas:

- A corrente elétrica que atravessa a associação é a soma da corrente elétrica que percorre cada resistor individualmente. Isso acontece porque cada resistor é um caminho para os elétrons circularem dentro da associação.

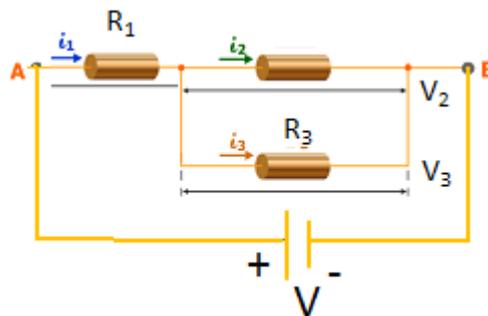
$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

- A tensão elétrica entre os extremos da associação é igual à tensão elétrica que atua em cada resistor individualmente, visto que todos os resistores estão conectados eletricamente aos mesmos pontos extremos A e B.

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

Circuitos elétricos mistos

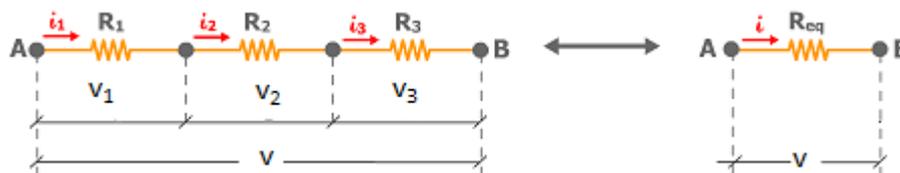
São circuitos que possuem resistores com associações em paralelo e em série.



1.5.3 – RESISTÊNCIA EQUIVALENTE

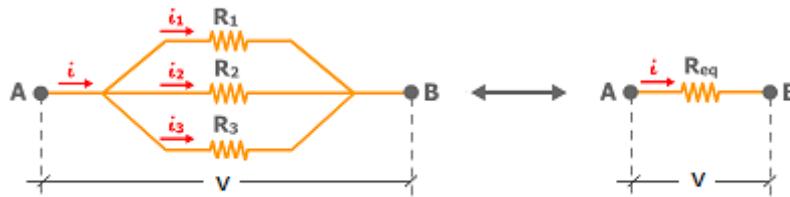
O resistor equivalente é aquele que substitui toda a resistência do circuito sem promover alterações no seu funcionamento.

a) RESISTÊNCIA EQUIVALENTE DE UM CIRCUITO EM SÉRIE



$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

b) RESISTÊNCIA EQUIVALENTE DE UM CIRCUITO EM PARALELO



$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

1.6 – POTÊNCIA ELÉTRICA DISSIPADA

Quando um sistema consome (ou fornece) uma energia E , num intervalo de tempo Δt , a potência média (P_m) consumida (ou fornecida) nesse intervalo de tempo é definida por:

$$Pot = \frac{E}{\Delta t}$$

No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de energia é o *joule* (J), a unidade de tempo é o segundo (s) e a unidade de potência é o *watt* (W).

$$1 \text{ watt} = \frac{\text{joule}}{\text{Segundo}} = 1W = \frac{J}{s}$$

Cada aparelho elétrico tem um valor de potência nominal. E, esse valor é encontrado no manual de funcionamento do eletrodoméstico e/ou em uma placa que vem fixada no exterior do aparelho. A potência nominal é a potência que o aparelho irá apresentar se for ligado dentro das especificações elétricas previstas pelo fabricante.

A Potência consumida (ou fornecida) por um aparelho, também pode ser calculada pelo produto da tensão pela corrente, ou pelo produto da resistência pela corrente elevada ao quadrado por:

$$Pot = V i$$

ou

$$Pot = Ri^2$$

Assim, uma lâmpada incandescente, por exemplo, pode brilhar mais ou menos dependendo da potência dissipada por ela. Nesse caso, o brilho da lâmpada vai depender da corrente elétrica que a atravessa e da tensão que lhe é aplicada.

APÊNDICE II – MODELO DO PRÉ-TESTE APLICADO NOS ALUNOS

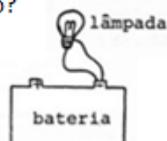
Caros alunos, este pré-teste diz respeito ao trabalho de pesquisa da mestradanda em Educação para a Ciência Amira Amaral do Sim, sobre o qual já conversamos em outra oportunidade. Solcitamos a gentileza de respondê-lo, destacando, mais uma vez, que nossa intenção é compreender suas ideias sobre eletricidade e o funcionamento de circuitos elétricos. Dessa forma, sitam-se a vontade e manifestem, sem preocupação com o erro ou acerto, suas ideias e pensamentos sobre as questões propostas. Não é necessário sua identificação.

Atenciosamente

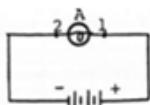
Prof^a. Amira Amaral do Sim

Aluna do Programa de Mestrado em Educação para a Ciência
Faculdade de Ciências da UNESP - BAURU

1. A lâmpada ligada a bateria, conforme a figura, irá acender ou não?

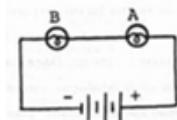


2. (a) Explique porque a lâmpada acende. (b) A corrente elétrica em (1) é maior, menor ou igual a corrente elétrica em (2)?



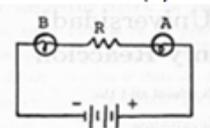
3. No circuito da figura (2) colocaram uma outra lâmpada B idêntica a A.

(a) As lâmpadas A e B brilham igualmente ou diferentemente?
(b) Compare o brilho da lâmpada A neste circuito, com o brilho de A no circuito da figura (2).

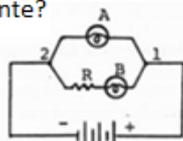


4. No circuito da figura (3), colocaram entre A e B um resistor com resistência R.

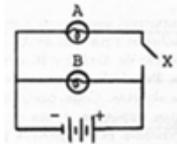
(a) As lâmpadas A e B brilham igual ou diferentemente?
(b) A lâmpada A neste circuito brilha mais, menos ou igual ao que brilhava em (3)?



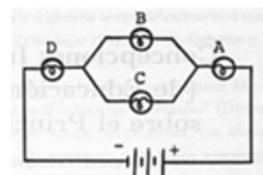
5. No seguinte circuito as lâmpadas A e B brilham com intensidade igual ou diferente?



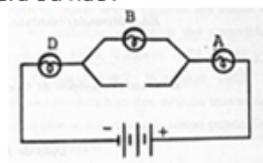
6. No seguinte circuito a chave X está inicialmente aberta.
- A lâmpada A brilha ou não?
- E a lâmpada B? Ao fecharmos a chave, o brilho da lâmpada B se altera ou não?



7. No seguinte circuito, compare o brilho das lâmpadas A, B, C e D



8. Se retirarmos a lâmpada C, sem nada colocarmos em seu lugar, o brilho da lâmpada A se altera ou não?

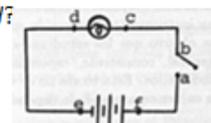


9. No seguinte circuito a chave interruptora está inicialmente aberta

- Existe diferença de potencial entre os pontos a e b ou não?
- E entre c e d?
- E entre c e f?

Se fecharmos a chave:

- Existe diferença de potencial entre a e b?
- E entre c e d?
- E entre c e f?



Estas questões foram retiradas do trabalho de GRAVINA, M.H.; BUCHWEITZ, B. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.16, n,1-4, 1994.

APÊNDICE III – GUIA DE ESTUDO MONTADO PARA OS ALUNOS

Escola Estadual “ _____ ”

Prof. _____

GUIA DE ESTUDOS EXPERIMENTO: CIRCUITOS ELÉTRICOS

Nome: _____	nº _____	3º _____	
Nome: _____	nº _____	3º _____	
Nome: _____	nº _____	3º _____	
Nome: _____	nº _____	3º _____	
Nome: _____	nº _____	3º _____	

1 – OBJETIVO:

Conhecer os elementos, as características e o comportamento de circuitos elétricos em série, paralelo e misto, para responder a seguinte pergunta: “Qual dos circuitos elétricos dissipa mais potência: em série, em paralelo ou um misto?”

2 – TEORIA:

Faça uma pesquisa e apresente as ideias principais que são discutidas no experimento que você vai realizar.

3 – PROCEDIMENTOS:

3.1 – Montagem de um circuito elétrico em série:

- a) Manipulando os elementos elétricos à sua disposição na montagem experimental, acenda apenas uma lâmpada no circuito elétrico. Faça um desenho, um esquema, da montagem que você fez para acender só uma lâmpada.
- b) Utilizando o amperímetro e o voltímetro meça a corrente e a tensão que passam pela lâmpada. Anote os dados na tabela I do item 4.
- c) com os dados da tabela I, utilize a equação I do item 4 para calcular a resistência elétrica da lâmpada.
- d) Com base no que você conhece sobre circuitos, procure montar um circuito em série. Para tanto, ligue as chaves de forma que as conexões com o gerador disponha todas as lâmpadas em série. Faça um desenho, um esquema, da montagem do circuito em série.
- e) Utilize o voltímetro e o amperímetro e determine a corrente e a tensão em diferentes pontos do circuito. Com os dados obtidos, preencha a tabela II, disponível no item 4.
- f) Com o resultado da resistência elétrica de cada lâmpada e utilizando a equação 2 do item 4, calcule a resistência equivalente do circuito em série montado.
- g) Com os dados da tabela II, determine o valor da corrente total que passa pelo circuito e, utilizando a equação 3, calcule a potência dissipada em cada lâmpada.

3.2 – Montagem de um circuito elétrico em paralelo:

- a) Com base no que você conhece sobre circuitos, procure montar um circuito em paralelo. Para tanto, ligue as chaves de forma que as conexões com o gerador disponha todas as lâmpadas em paralelo. Faça um desenho, um esquema, da montagem do circuito

em paralelo.

- b) Utilize o voltímetro e o amperímetro e determine a corrente e a tensão em diferentes pontos do circuito. Com os dados obtidos, preencha a tabela III, disponível no item 4.
- c) Com o resultado da resistência elétrica de cada lâmpada e utilizando a equação 4 do item 4, calcule a resistência equivalente do circuito em série montado.
- d) Com os dados da tabela III determine o valor da corrente total que passa pelo circuito e, a partir da equação 5, calcule a potência dissipada em cada lâmpada.

3.3 – Montagem de um circuito elétrico Misto:

- a) Com base no que você conhece sobre circuitos, procure montar um circuito em misto. Para tanto, ligue as chaves de forma que as conexões com o gerador disponha todas as lâmpadas em paralelo. Faça um desenho, um esquema, da montagem do circuito misto.
- b) Utilize o voltímetro e o amperímetro e determine a corrente e a tensão em diferentes pontos do circuito. Com os dados obtidos, preencha a tabela IV, disponível no item 4.
- c) Com o resultado da resistência elétrica de cada lâmpada e em função do esquema que você desenhou do circuito misto que você montou, proponha uma maneira de calcular a resistência equivalente do circuito misto montado.
- d) Com os dados da tabela IV determine o valor da corrente total que passa pelo circuito e, utilizando a equação 6, calcule a potência dissipada em cada lâmpada.

4 – RESULTADOS OBTIDOS E CÁLCULOS

Tabela I – Dados para de corrente e tensão para calcular a resistência elétrica de uma lâmpada.

Tensão V (volts)	Corrente elétrica i (A)

Equação 1 – cálculo da resistência elétrica da lâmpada:

$$R = \frac{V}{i}$$

$$R = \text{_____} \Omega$$

Tabela II – Dados de corrente e tensão para circuito em série

Tensão V (volts)	Corrente elétrica i (A)
V ₁ =	i ₁ =
V ₂ =	i ₂ =
V ₃ =	i ₃ =

Equação 2 – Cálculo da resistência equivalente do circuito em série:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{eq} = \text{_____} \Omega$$

Equação 3 – Cálculo da potência dissipada pelas lâmpadas do circuito em série:

$$Pot = V i$$

ou

$$Pot = Ri^2$$

$$Pot = \text{_____} W$$

Tabela III – Dados de corrente e tensão para circuito em paralelo

Tensão V (volts)	Corrente elétrica i (A)
V ₁ =	i ₁ =

$V_2 =$	$i_2 =$
$V_3 =$	$i_3 =$

Equação 4 – Cálculo da resistência equivalente do circuito em paralelo:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_{eq} = \text{_____} \Omega$$

Equação 5 – Cálculo da potência dissipada pelas lâmpadas do circuito em paralelo:

$$Pot = V i$$

ou

$$Pot = Ri^2$$

$$Pot = \text{_____} W$$

Tabela IV – Dados de corrente e tensão para circuito misto

Tensão V (volts)	Corrente elétrica i (A)
$V_1 =$	$i_1 =$
$V_2 =$	$i_2 =$
$V_3 =$	$i_3 =$

Proponha uma forma de calcular a Resistência equivalente do circuito misto

Tabela V – Dados de Potência dissipada pelas lâmpadas no circuito misto

Tensão V (volts)	Corrente elétrica i (A)	Potência dissipada P (W)
$V_1 =$	$i_1 =$	$Pot_1 =$
$V_2 =$	$i_2 =$	$Pot_2 =$
$V_3 =$	$i_3 =$	$Pot_3 =$

5 – CONCLUSÃO

5.1 – Com relação à montagem de um circuito elétrico em série:

- Existe somente uma maneira de deixar apenas uma lâmpada ligada? Justifique.
- Como você acha que a corrente elétrica percorreu o circuito? Ela é igual em todos os pontos dele? E a tensão elétrica. Justifique.
- Se no circuito em série, você desligar apenas uma lâmpada, o que acontece com as outras? Justifique.
- pelos cálculos que você realizou para determinar a potência dissipada em cada um das lâmpadas: são iguais? O brilho de cada um delas é igual ou diferente? Por quê?

5.2 – Com relação à montagem de um circuito elétrico em paralelo:

- Como você acha que a corrente elétrica percorreu o circuito? Ela é igual em todos os pontos dele? E a tensão elétrica? Justifique.
- pelos cálculos que você realizou para determinar a potência dissipada em cada um das lâmpadas: são iguais? O brilho de cada um delas é igual ou diferente? Por quê?
- Se no circuito em paralelo, você desligar apenas uma lâmpada, o que acontece com as outras? Justifique.
- em relação ao circuito em série, as lâmpadas do circuito paralelo ficaram mais ou menos brilhantes? Nesse caso, qual dos circuitos dissipou mais energia? Por quê?

5.3 – Com relação à montagem de um circuito elétrico misto:

- a) Só existe uma maneira de montar um circuito misto? Justifique.
- b) Como você acha que a corrente elétrica percorreu o circuito? Ela é igual em todos os pontos dele? E a tensão elétrica? Justifique.
- b) pelos cálculos que você realizou para determinar a potência dissipada em cada um das lâmpadas: são iguais? O brilho de cada um delas é igual ou diferente? Por quê?
- c) Se no circuito misto, você desligar apenas uma lâmpada, o que acontece com as outras? Justifique.
- d) em relação ao circuito em série e o circuito em paralelo, as lâmpadas do circuito misto ficaram mais ou menos brilhantes? Nesse caso, qual dos circuitos dissipou mais energia? Por quê?

6 – BIBLIOGRAFIA

GASPAR, A. **Física**, v. 3, 1ª Edição. Editora Ática, 2000.

**APÊNDICE IV – MODELO DO QUESTIONÁRIO APLICADO NOS
ALUNOS PARA AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE REMOTA**

Prezado aluno, ainda dentro da pesquisa sobre a utilização de atividades experimental em aulas de Física, solicitamos que você leia com atenção as afirmações feitas abaixo e assinale o seu nível de acordo ou desacordo com ela. Não é necessário que se identifique.

I – Quanto à motivação

1 – Com relação à atividade experimental controlada remotamente, de minha parte, senti-me motivado a participar da aula desde seu início e, também, durante a toda a sua realização.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

2 – Teve algo de desmotivador na atividade.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

3 – Sinto-me mais motivado com a experiência real presencial do que a controlada remotamente.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

4 – Para mim, o que mais motiva é a experimentação, não importa se presencial ou controlada remotamente.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

II – Quanto à utilização do recurso

5 – A manipulação da atividade via internet foi simples. Não tive nenhuma dificuldade em acessá-la na internet e realizar as tarefas propostas.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

6 – As imagens do experimento estavam claras, a manipulação dos recursos disponibilizados foi simples e rápida. Não tive dificuldade de entender a forma de interagir com o experimento controlado remotamente.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

III – Quanto à aprendizagem

7 – Os conceitos científicos abordados na experimentação eram simples, e, por isso não era necessária nenhuma atividade experimental. Bastava o professor explicar e passar os exercícios.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

8 – Os conceitos científicos abordados na experimentação eram complexos, de difícil entendimento, por isso, a atividade experimental controlada remotamente que realizamos foi fundamental para que eu compreendesse o que foi estudado.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

9 – Os conceitos científicos abordados na experimentação eram complexos, de difícil entendimento, por isso, independente da atividade experimental controlada remotamente que realizamos, eu ainda não consegui compreender bem o que foi ensinado.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

10 – Eu gostaria de aprender Física sempre realizando atividades experimentais controladas remotamente.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

APÊNDICE V – MODELO DO PÓS-TESTE APLICADO NOS ALUNOS**PÓS-TESTE**

Caros alunos, este pós-teste diz respeito ao trabalho de pesquisa da mestradanda em Educação para a Ciência Amira Amaral do Sim, sobre o qual já conversamos em outra oportunidade. Solcitamos a gentileza de respondê-lo, destacando, mais uma vez, que nossa intenção é compreender suas ideias sobre eletricidade e o funcionamento de circuitos elétricos. Dessa forma, sitam-se a vontade e manifestem, sem preocupação com o erro ou acerto, suas ideias e pensamentos sobre as questões propostas. Não é necessário sua identificação.

Atenciosamente

Prof^a. Amira Amaral do Sim
Aluna do Programa de Mestrado em Educação para a Ciência
Faculdade de Ciências da UNESP - BAURU

01 – Dos objetos relacionados abaixo, quais são os necessários para acender a lâmpada?

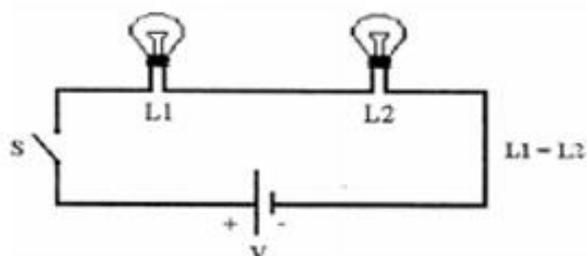
- Fio condutor
- Tomada ou pilha
- Resistência
- Interruptor
- Lâmpada
- Capacitor
- Diodo

02 – Para a questão anterior, faça um desenho de acordo com os objetos que você relacionou.

03 – Você poderia explicar:

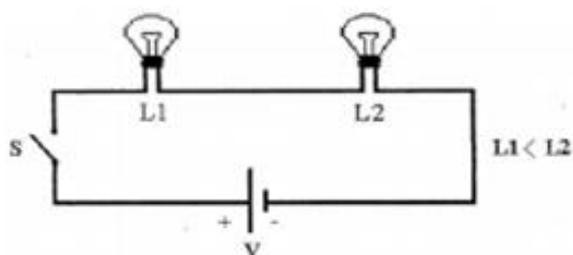
- a – Qual a função de cada um dos objetos do seu desenho?
- b – Como funciona o esquema que você fez?
- c – Represente através de setas, o sentido da circulação da corrente

04 – Observe, agora, a figura abaixo. Nela temos duas lâmpadas idênticas L_1 e L_2 .



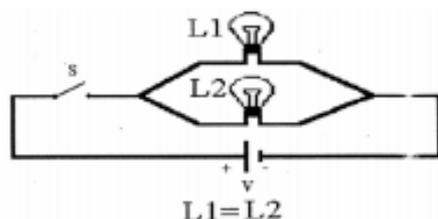
- a – Ao fecharmos o interruptor (S), qual lâmpada irá brilhar mais? Ou os brilhos das lâmpadas serão iguais?
- b – Por que?

05 – Na figura seguinte, temos um circuito onde a potência da lâmpada (L_1) é menor do a da lâmpada (L_2).



- a – Ao fecharmos o circuito (interruptor S), qual lâmpada brilhará mais? Ou o brilho das lâmpadas serão iguais?
- b – Por que?

06 – Vamos agora ligar as lâmpadas de outra maneira (veja a figura):



a – Se o interruptor (S) estiver aberto, alguma das lâmpadas estará acesa?

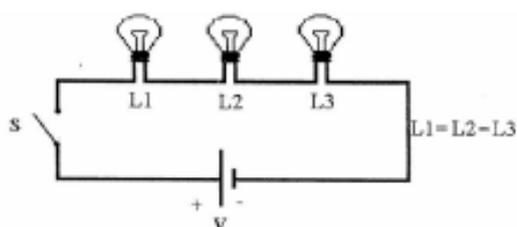
b – Por que?

c – Ao fecharmos o interruptor (S), como será o brilho das lâmpadas?

d – Por que?

07 – Responda à questão anterior se a lâmpada (L_1) for menor (em potência) que a lâmpada (L_2).

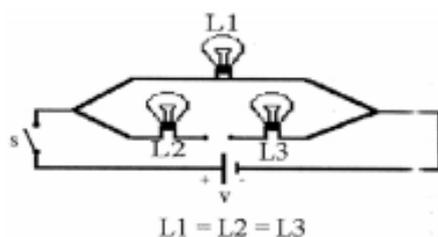
08 – Imagine agora o circuito abaixo:



a – Como irão brilhar as lâmpadas?

b – Por que?

09 – Veja agora este circuito:



a – Com o interruptor (S) aberto, alguma lâmpada está acesa?

b – Por que?

c – Ao fecharmos o interruptor (S), como será o brilho das lâmpadas?

d – Por que?

10 – Você saberia como fazer medidas (elétricas) nos circuitos mostrados? Se sim, como?

Questões retiradas do trabalho de Barbosa, J. O. *et al.* Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. **Cad. Cat. Ens.Fís.**, v. 16, n. 1: p. 105-122, abr. 1999

APÊNDICE VI – TRANSCRIÇÕES DAS INTERAÇÕES REALIZADAS NO 3º R, UTILIZANDO O EXPERIMENTO CONTROLADO REMOTAMENTE

1 – Professor: Agora que acabou a experiência, eu quero ver como vocês explicam os diferentes brilhos nas lâmpadas. Ou melhor, antes disso, o que significa as lâmpadas brilharem mais?

2 – Silêncio

3 – Professor: Vamos lá gente. Quem começa? Vamos começar por este pessoal aqui.

4 – Aluno 1 – É por causa da potência dissipada. Não é?

5 – Professor: Certo. Todo mundo concorda com ele? Tem a ver com a potência sim, mas e daí? Tem a ver com a potência maior, menor? Explica melhor.

6 – Aluno 1 – Quanto mais brilhante a lâmpada mais potência dissipada. Quanto mais fraca ele estiver menos potência ela dissipa.

7 – Professor: É isso mesmo. Quem fala mais?

8 – Silêncio.

9 – Professor: Vocês aqui. Vocês concordam com o que ele falou? Tem mais alguma coisa que ele não disse?

10 – Aluno 2 – A gente aqui concorda sim, mas a gente também queria falar da corrente elétrica: quanto mais corrente mais acesa a lâmpada vai ficar.

11 – Professor: Isso mesmo, tem a corrente. A corrente influência também. Lembram da fórmula de potência? Depende da corrente elétrica. E do que mais?

12 – Aluno 3 – Da tensão também.

13 – Aluno 2 – Da resistência também?

14 – Professor: Isso mesmo. Da tensão, da resistência. Mas que resistência?

15 – Aluno 2 – Da lâmpada.

16 – Professor: Da Lâmpada? De que lâmpada?

17 – Aluno 2 – Da mais acesa.

18 – Professor: Como assim?

19 – Aluno 2 – Ué! Depende da lâmpada que está acesa mais forte.

20 – Professor: Todo mundo concorda?

21 – Silêncio

22 – Professor: Vocês aqui. O que vocês acham?

23 – Aluno 4 – A gente acha que é a potência mesmo. A lâmpada mais brilhante vai ser a que vai gastar mais potência.

24 – Professor: Sim, mas e a resistência?

25 – Aluno 4 – Que resistência? Como assim?

26 – Professor: Prestem atenção todos aqui. Todos concordam que quanto mais brilhante a lâmpada, mais potencia ela dissipa? Certo?

27 – Os alunos acenam com a cabeça concordando.

28 – Professor: Certo. Mas olhem aqui, o aluno 2 não falou que quanto mais corrente mais potência é dissipada? Que quanto mais tensão e resistência também?

29 – Aluno 3 – Fui eu que falei da tensão.

30 – Professor: Certo. Isso. Quem discorda?

31 – Silêncio

32 – Professor: Então. Prestem atenção aqui. Olhem! Tem essas fórmulas para calcular a potência aqui. Certo? Olha (o professor escreve na lousa):

$$P = Ri^2$$

$$P = Vi$$

33 – Professor: Olha aqui. O que isso quer dizer? O que essas fórmulas nos dizem?

- 34 – Aluno 2: Que a potência depende da tensão e da corrente e também da resistência elétrica.
- 35 – Professor: Isso mesmo. E o que mais?
- 36 – Aluno 3 – Que depende mais da corrente porque está ao quadrado.
- 37 – Professor: Certo. Mas e a resistência? Que resistência é essa aqui da fórmula?
- 38 – Aluno 3 – Da lâmpada professor. Não tem outra resistência.
- 39 – Aluno 4 – Ah! Também acho que é da lâmpada. A lâmpada não está fazendo o papel da resistência aí?
- 40 – Professor: Tudo bem. Mas são três lâmpadas não são? Vocês aqui que não falaram. O que acham?
- 41 – Aluno 5 – É... depende... Eu acho que depende do brilho. Aquela mais brilhante é a que está passando mais corrente.
- 42 – Professor: Certo. Isso a gente já concordou. Mas e no caso quando elas estão com o mesmo brilho?
- 43 – Aluno 5 – Então é a resistência de todas.
- 44 – Professor: Todo mundo concorda com ele?
- 45 – Aluno 2 – Sim, eu concordo.
- 46 – Aluno 3 – Eu concordo também, mas é o caso dos dois primeiros circuitos o último tem a lâmpada mais forte. A primeira era mais forte que as duas de baixo.
- 47 – Aluno 6 – No circuito em série e em paralelo, as lâmpadas ficam acesas iguais. No misto, fica diferente uma.
- 48 – Professor: Isso mesmo. O que mais? Qual destes circuitos as lâmpadas ficaram mais brilhantes?
- 49 – Alunos: No paralelo.
- 50 – Professor: isso aí. Certo.
- 51 – Aluno 6 – Mas a primeira lâmpada do misto ficou tão brilhante quanto todas as lâmpadas do paralelo. Olha aqui (mostra o circuito a primeira lâmpada do circuito misto).
- 52 – Professor: Isso, concordo com você. Mas se eu te perguntasse qual o tipo de circuito montado que mais dissipou potência elétrica o que você responderia?
- 53 – Aluno 6 – Foi o paralelo.
- 54 – Professor: E por quê?
- 55 – Aluno 6 – Porque foi onde a luz das lâmpadas ficaram acesas mais forte.
- 56 – Professor: Exatamente. Isso mesmo. Mas porque será que ela ficou com a luz mais forte?
- 57 – Aluno 7 – Porque dissipou mais potência, não é?
- 58 – Professor: Sim. Isso mesmo. Mas o que será que o circuito paralelo tem de diferente que faz o circuito dissipar tanta potência ali?
- 59 – Aluno 3 – É porque passa mais corrente?
- 60 – Professor: Pode ser. Será? Alguém pensa diferente?
- 61 – Aluno 2 – Tem a resistência e a tensão também.
- 62 – Professor: Então, vocês estão pensando lá na fórmula de potência, não é? Olhem para as medidas que vocês obtiveram aí.
- 63 – Aluno 4 – Confirmado. A corrente é mesmo maior no paralelo.
- 64 – Aluno 3 – É isso mesmo. É maior no paralelo.
- 65 – Professor: Olhem aí todos. Confirmam os dados de vocês aí. A corrente é maior no paralelo? É isso mesmo?
- 66 – Todos concordam
- 67 – Aluno 10 – Professor, eu tenho uma pergunta. Mas como pode o paralelo gastar mais se uma das lâmpadas está apagada?

- 68 – Professor: Correto. Boa pergunta. Isso estava passando batido pela gente. O que você acha disso?
- 69 – Aluno 10 – Eu acho que não pode. Em casa, quando a gente quer economizar energia, a gente apaga a luz. Não faz sentido ter luz apagada e gastar mais.
- 70 – Professor: É, sua colocação faz sentido. Quem pode responder isso?
- 71 – Aluno 4 – Mas a corrente nele é maior. Uma lâmpada a menos, significa uma resistência a menos, então a corrente aumenta.
- 72 – Aluno 10 – Isso eu sei. Mas não faz sentido. Entendeu? Não poderia ser que o circuito misto gaste mais?
- 73 – Professor: Como assim? Por que você acha isso?
- 74 – Aluno 10 – Porque é tipo. Assim, olha, o circuito em paralelo não acende uma lâmpada e no misto todas acendem.
- 75 – Aluno 4 – Mas acende duas fraquinhas.
- 76 – Eu sei, mas então não pode ser igual? Por que as duas fraquinhas não dá uma forte e aí com a outra forte dá o mesmo que o paralelo.
- 77 – Silêncio
- 78 – Professor: E aí gente? Pode ser igual?
- 79 – Aluno 4 – É! Pensando do jeito dela pode ser sim.
- Professor: e como a gente pode saber isso?
- 80 – Aluno 10: a gente pode medir a corrente.
- 81 – Aluno 6 – A corrente é igual mesmo.
- 82 – Professor: Então é igual?
- 83 – Silêncio
- 78 – Professor: Bom, gente, temos aqui um impasse. Vamos tentar deixar isso para depois. Vamos continuar pensando em outras coisas. Como ficam os outros aspectos dos circuitos além, da corrente?
- 79 – Aluno 10 – Como assim?
- 75 – Professor: E a tensão? E a resistência?
- 76 – Aluno 8 – A resistência a gente não mediu.
- 77 – Aluno 9 – É verdade, a gente não fez nenhuma medida de resistência.
- 78 – Aluno 2 – A gente mediu sim. Quer dizer, a gente meio que mediu. Foi logo no começo. A gente, tipo, calculou a resistência de uma lâmpada.
- 79 – Aluno 3 – Foi. Quando a gente fez o gráfico.
- 80 – Aluno 8 – Ah, é!
- 81 – Aluno 9 – Mas foi só para uma lâmpada, não mediu para o circuito todo.
- 82 – Professor: É isso mesmo. A gente não mediu mesmo. Não tem o medidor de resistência nessa experiência.
- 83 – Aluno 9 – A resistência é igual em todos os circuitos porque as lâmpadas são todas iguais.
- 84 – Professor: É uma ideia interessante essa sua. Alguém discorda dessa ideia?
- 85 – Aluno 4 – O que ele falou?
- 86 – Aluno 9 – Eu falei que a resistência é igual em todos os circuitos porque as três lâmpadas são iguais.
- 87 – Professor: Mas é isso mesmo? A resistência é igual para todos os tipos de circuitos?
- 88 – Aluno 4 – Eu acho que não.
- 89 – Professor: Por quê?
- 90 – Aluno 4: Porque a tensão é a mesma para todos os circuitos e a corrente é diferente.
- 91 – Professor: Certo. Mas e daí?

- 92 – Aluno 4: Então resistência tem que ser diferente. Não dá para ser igual.
- 93 – Professor: Mas as lâmpadas não são iguais? Porque as resistências são diferentes?
- 94 – Alguns alunos concordam outros ficam em silêncio.
- 95 – Aluno 5 – Eu acho que cada resistência é igual a outra, mas a resistência do circuito montado é diferente.
- 96 – Professor: Como assim? Você está no caminho certo. Continue falando.
- 97 – Aluno 5 – Cada tipo de circuito vai ter uma resistência total diferente.
- 98 – Aluno 4 – É! A resistência equivalente.
- 99 – Professor: Isso mesmo. Muito bom. Todos entenderam?
- 100 – Silêncio.
- 101 – Professor: Gente, vamos calcular a resistência equivalente para todos? Vamos calcular aqui na lousa. Vamos fazer juntos. Como é que fica aqui, me ajudem.
- 102 – O Professor faz o cálculo da resistência equivalente para todos os circuitos.
- 103 – Aluno 5 – A resistência do paralelo é a menor de todas.
- 104 – Professor: E o que isso quer dizer?
- 105 – Aluno 5 – Que a corrente é maior.
- 106 – Professor: Mas por quê?
- 107 – Aluno 5 – Porque ele vai ter menor resistência para o movimento dos elétrons.
- 108 – Professor: Isso. Mas tem essa fórmula de potência Ri^2 . Como é que fica se R no paralelo é menor?
- 109 – Aluno 3 – Porque a corrente está ao quadrado e aí tipo o valor da corrente alto meio que compensa o valor da resistência menor.
- 110 – Aluno 6 – E tem a outra fórmula $P = Vi$. Se a corrente é grande a potência é maior.
- 111 – Professor: Certo. É isso mesmo.
- 112 – Aluno 2 – E tem que a resistência no paralelo é menor porque tem uma lâmpada que não acende. Aí não entra na conta.
- 113 – Professor: Tem isso também. Muito bem observado. Você quer falar alguma coisa?
- 114 – Aluno 10 – E o problema do circuito ter menos lâmpadas acesas é gastar mais?
- 115 – Professor: E então? Tem alguém que sabe responder?
- 116 – Aluno 3 – É que a corrente é mais importante porque está ao quadrado.
- 117 – Professor: Isso você não esquece hein? Rsrrsrs
- 117 – Alunos: rrsr rrsr
- 118 – Professor: Tudo certo, então? Alguém tem alguma coisa diferente para falar?
- 119 – Silêncio.
- 120 – Aluno 3 – Não, professor, não é isso é que como a corrente é muito alta nesse caso, compensa a lâmpada que não acende. Os outros circuitos as lâmpadas ficam tão fraquinhas que não gasta tanto menos com uma lâmpada a mais.
- 121 – Professor: E aí, 10? Concorda?
- 122 – Aluno 10 – Mais ou menos.
- 123 – Aluno 2 – Eu acho que se a gente juntar as duas correntes vai ficar mesmo igual mesmo, como ele falou (refere-se ao aluno 10). Mas aí não é mais misto.
- 124 – Professor: Como assim?
- 125 – Aluno 2 – Para corrente ser a mesma numa lâmpada só aí a vai virar um circuito diferente. Não vai ser mais misto.
- 126 – Professor: concorda com ele 10?
- 127 – Aluno 10 – Eu não entendi o que ele disse.
- 128 – Professor: ele está dizendo que você deve pensar na resistência equivalente e não na individual senão vai virar outro circuito. Entendeu?

- 129 – Aluno 10 – Mais ou menos.
- 130 – Aluno 6 – Você disse que se passar a corrente só numa lâmpada ele vai acender forte como o paralelo, mas aí vai ser paralelo, não vai ser mais misto.
- 131 – Aluno 10 – Ah, eu entendi.
- 132 – Aluno 4 – A gente pode apagar todas as luzes de casa, mas se ligar um aparelho de ar condicionado, que puxa mais corrente, vai gastar mais.
- 133 – Aluno 10 – Agora eu entendi.
- 134 – Professor: Bom, vocês mataram a charada, resolveram o problema. O circuito paralelo é o que mais dissipa potência. Mas agora, para terminar, pensem sem a fórmula. Pensem somente no fenômeno. Faz sentido a corrente ser maior no circuito que dissipa mais potência?
- 135 – Aluno 4 – Como assim, professor?
- 136 – Professor: Pensem no significado de corrente elétrica e na ideia do efeito joule, ou seja, energia elétrica sendo transformada em calor. Lembram do atrito que eu falei?
- 137 – Aluno 3 – É que a corrente elétrica quando passa são os elétrons que estão passando ali e a resistência é como um atrito. Ai esquenta.
- 138 – Professor: Esquenta, é?
- 139 – Aluno 6 – Esquenta. Aposto que aquelas lâmpadas ali estão fervendo.
- 140 – O aluno aponta a lâmpada mais brilhante.
- 141 – Professor: Vai perder, hein? Como você sabe que está quente?
- 142 – Aluno 6 – Porque eu já troquei lâmpada acesa. Queima mão. Tem que esperar esfriar.
- 143 – Professor: Certo. Mas tem as lâmpadas frias.
- 144 – Silêncio.
- 145 – Aluno 10 – É porque essas lâmpadas incandescentes têm que esquentar e as lâmpadas frias não precisam.
- 146 – Professor: Aí a corrente vai ser baixa?
- 147 – Aluno 3 – Ai vai, não é? Por isso economiza, gasta menos.
- 148 – Professor: então está bem. Anotem os últimos dados aí no relatório e me entreguem depois.

APÊNDICE VII – TRANSCRIÇÕES DAS INTERAÇÕES REALIZADAS NO 3º P, UTILIZANDO O EXPERIMENTO PRESENCIAL CONVENCIONAL

- 1 – Professor: Vamos começar a nossa conversa sobre a experiência que fizemos. Vamos começar por esse grupo aqui. Qual dos circuitos elétricos dissipou mais potência?
- 2 – Aluno 1 – A gente aqui achou que foi o circuito paralelo porque foi nele que as lâmpadas acederam mais.
- 3 – Professor: Bom, gente, eles acharam que foi o circuito paralelo que dissipou mais potência. Quem acha outra coisa?
- 4 – Aluno 3 – Nosso grupo pensou isso aqui também.
- 5 – Professor: Quem mais achou isso? Tem alguém que achou diferente?
- 6 – Aluno 4 – O nosso grupo aqui concordou que era o paralelo mesmo porque as lâmpadas ficam acesas muito fortes. Não dá para ter nenhuma dúvida.
- 7 – Professor: Certo. Então faz de conta que vocês vão explicar para alguém. Por que o paralelo dissipa mais potência?
- 8 – Aluno 5 – Porque fica as lâmpadas acedem mais forte.
- 9 – Professor: Certo. Mas o que é que tem acender mais forte e dissipar mais potência?
- Aluno 6 – Vai gastar mais energia elétrica porque vai esquentar mais também.
- Professor: Você falou uma coisa diferente agora. Disse que vai esquentar mais como você sabe?
- 10 – Aluno 6 – Põe a mão lá só para você ver? Só se esfriou agora.
- 11 – Professor: por que você acha que fica?
- 12 – Aluno 6 – Por que essas lâmpadas ficam quentes. Já troquei algumas em casa. Tem que desligar primeiro porque elas esquentam bem.
- 13 – Aluno 8 – Não são lâmpadas frias, elas esquentam sim.
- 14 – Professor: Por que vocês acham que as lâmpadas frias não esquentam e as incandescentes esquentam?
- 15 – Aluno 8 – Porque as incandescentes iluminam porque esquentam aí vai brilhar.
- 16 – E por que as lâmpadas frias brilham e não esquentam?
- 17 – Silêncio
- 18 – Professor: lembram do Efeito Joule que eu falei?
- 19 – Os alunos concordam.
- 20 – Professor: Então, vocês não pensam nada?
- 21 – Aluno 9 – Elas não ter mais resistência e aí esquentam?
- 22 – Professor: Quem vai ter mais resistência?
- 23 – Aluno 9 – A lâmpada que esquenta.
- 24 – Professor: Certo a incandescente. É isso mesmo, mas e a lâmpada fria?
- 25 – Aluno 5 – Tem resistência menor.
- 26 – E ter resistência menor significa o que?
- 27 – Silêncio.
- 28 – Professor: Pensa bem gente, se a resistência é menor o que vai acontecer com elétrons que estão passando?
- 29 – Aluno 8 – não vai esquentar.
- 30 – Professor: Certo, mas não vai esquentar por quê? O que acontece com os elétrons, a corrente?
- 31 – Aluno 9 - Se a resistência for menor os elétrons vão passar mais fácil.
- 32 – Professor: E aí esquenta?
- 33 – Aluno 4: Não, porque não tem atrito.

- 34 – Professor: É isso.
- 35 – Professor: Certo. Lembra que a gente estudou uma coisa sobre juntar os resistores dos circuitos e fazerem eles como se fossem um só? Lembram? Qual era o nome disso?
- 36 – Aluno 5 – É a resistência equivalente.
- 37 – Professor: Exatamente. E daí? Os cientistas não iriam criar isso por acaso, do nada. É uma ideia boa para pensar no que acontece com o circuito com um todo. Então tentem pensar com a resistência equivalente.
- 38 – Silêncio
- 39 – Aluno 2 – Se juntar as resistências vai ter os circuito em série, paralelo e misto.
- 40 – Professor: É isso mesmo. E porque será que as lâmpadas ficam mais brilhantes quando o circuito é paralelo?
- 41 – Silêncio
- 42 – Professor: Pensem bem gente. O que a gente acabou de falar de resistência e corrente elétrica?
- 43 – Aluno 9 – A resistência é maior no circuito paralelo?
- 44 – Professor: A resistência ou corrente?
- 45 – Aluno 5 – A corrente. A resistência é menor.
- 46 – Professor: Vamos calcular? Vamos fazer juntos aqui.
- 47 – O professor calcula na lousa as diferentes resistências dos circuitos.
- 48 – Professor: E aí gente? Quem tem menor resistência?
- 49 – Aluno 9 – É o paralelo. E o que tem menor é o em série. Por isso o paralelo gasta mais potência e o em série menos.
- 50 – Professor: então a potência é maior quando?
- 51 – Aluno 9 – quando a corrente é maior e a resistência é menor.
- 52 – Professor: Todo mundo concorda com isso?
- 53 – Os alunos concordam.
- 54 – Professor: Então, olhem aqui para as fórmulas de potência elétrica dissipada. Do que ele depende? Da corrente e do que mais?
- 55 – O professor escreve as fórmulas na lousa: $P = Vi$; $P = Ri^2$.
- 56 – Aluno 3 – Depende da corrente e da velocidade.
- 57 – Professor: Velocidade? Rsr
- 58 – Alunos: rrsrrsr
- 59 – Aluno 3 –É a voltagem, me confundi.
- 60 – Professor: Certo, a tensão, não é? Isso mesmo. E o que mais?
- 61 – Aluno 5 – Depende da resistência também.
- 62 – Professor: Certo. Isso. E como é que a corrente, a tensão e a resistência no circuito paralelo se comportam? Os valores mostram que a potência ali é maior?
- 49 – Silêncio
- 63 – Os alunos olham as anotações no guia de estudo
- 64 – Aluno 2 – A corrente é maior, mas a voltagem é igual para todo mundo.
- 65 – Professor: Todo mundo concorda com isso?
- 66 – Os alunos concordam.
- 67 – Professor: A tensão é igual para todo mundo? Tem certeza?
- 68 – Aluno 2: Tenho. A pilha é sempre igual. Não muda.
- 69 – Professor: Mas vocês não acharam valores de tensão diferente para as lâmpadas?
- 70 – Aluno 3 – Sim
- 71 – Professor: Então? Não é igual para todo mundo.
- 72 – Aluno 2 – Mas é diferente só nas lâmpadas em série.
- 73 – Professor: Então? O circuito em série não faz parte do mundo? Rsr
- 74 – Alunos: rrsrrsr

- 75 – Aluno 2 – Mas se a gente somar as voltagens vai dar igual a voltagem da pilha.
- 76 – Professor: Certo. É porque você está pensando no circuito com um todo. Pensando já depois que você calculou a resistência equivalente. Aí a tensão é igual nos três circuitos. E a corrente?
- 77 – Aluno 2 – A total?
- 78 – Professor: É. Depois que a gente calcula a resistência equivalente é como se só tivesse um resistor, não é? Aí é tudo total: resistência total, corrente total e tensão total. Aí dá para comparar.
- 79 – Aluno 2 – É.
- 80 – Professor: Sim, mas então? A corrente total, vai ser igual ou diferente?
- 81 – Aluno 2 – Tem que ser diferente.
- 82 – Professor: Por quê?
- 83 – Silêncio
- 84 – Professor: Você está certo. Vai ser diferente. Mas temos que descobrir o porquê disso. Vamos calcular a resistência equivalente para todos os circuitos? Venha aqui e calcula para gente.
- 85 – O professor chama o aluno 2 para a lousa.
- 86 – Aluno 2 – Tem que ir aí mesmo?
- 87 – Professor: Claro. Vem aqui na lousa. Mostra para gente como fazer.
- 88 – O aluno 2 vai até a lousa e calcula e, com ajuda do professor, realiza os cálculos da resistência equivalente e da corrente total para cada configuração de circuito elétrico montado.
- 89 – Professor: Então? O que você conclui?
- 90 – Aluno 2 – Aquilo que eu já tinha dito antes, o paralelo gasta mais energia.
- 91 – Professor: Como você conclui isso? Explica melhor com os resultados dos cálculos e a fórmula da potência.
- 92 – Aluno 2 – Então, a potência dissipada, é... Vou pegar essa fórmula aqui: $P = Vi$. A voltagem total é igual para todos os casos e a corrente total para o paralelo é maior, então a potência vai ser maior.
- 93 – Professor: Isso aí. Todos entenderam?
- 94 – Os alunos concordam.
- 95 – Aluno 11 – Professor e se a gente usar a outra fórmula?
- 96 – Professor: E daí? O que é que tem?
- 97 – A potência depende da resistência também aí não é menor no paralelo?
- 98 – Professor: Certo. Veja o cálculo da corrente total nos três circuitos.
- 99 – Aluno 11 – Eu já entendi.
- 100 – Professor: Certo, então ajuda a gente entender. Explica o que você entendeu.
- 101 – Aluno 11 – A corrente é maior.
- 102 – Professor: E daí? Mas a resistência é menor.
- 103 – Aluno 11: Mas a conta da potência dá que ela é maior.
- 104 – Professor: Como assim?
- 105 – Alun11: É que quando você joga na fórmula da potência ela vai dar maior.
- 106 – E por que?
- 107 – Aluno 11 – Porque a corrente vai estar ao quadrado, aí depende mais da corrente.
- 108 – É isso mesmo. Todos entenderam?
- 109 – Os alunos concordam.
- 110 – Ok, então! Agora completem os relatórios e depois me entreguem.