

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**DAYANE CARVALHO CARDOSO**

**DESAFIOS E POSSIBILIDADES DO USO DA EXPERIMENTAÇÃO REMOTA  
NO ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

**Uberlândia/MG**

**2020**

**DAYANE CARVALHO CARDOSO**

**DESAFIOS E POSSIBILIDADES DO USO DA EXPERIMENTAÇÃO REMOTA  
NO ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação em Ciências e Matemática

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Kojy Takahashi

**Uberlândia/MG**

**2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

C268d  
2020      Cardoso, Dayane Carvalho, 1984-  
Desafios e possibilidades do uso da experimentação remota no ensino de física na educação básica [recurso eletrônico] : / Dayane Carvalho Cardoso. - 2020.

Orientador: Eduardo Kojy Takahashi.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Educação.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.3911>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Educação. I. Takahashi, Eduardo Kojy, 1956-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Educação. III. Título.

---

CDU:37



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Educação

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1G, Sala 156 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4212 - www.ppged.faced.ufu.br - ppged@faced.ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Educação				
Defesa de:	Tese de Doutorado Acadêmico, 18/2020/261, PPGED				
Data:	Vinte e um de agosto de dois mil e vinte	Hora de início:	14:05	Hora de encerramento:	18:30
Matrícula do Discente:	11613EDU005				
Nome do Discente:	DAYANE CARVALHO CARDOSO				
Título do Trabalho:	"DESAFIOS E POSSIBILIDADES DO USO DA EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NO ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA"				
Área de concentração:	Educação				
Linha de pesquisa:	Educação em Ciências e Matemática				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	"Desenvolvimento Cooperativo De Um Desenho Pedagógico Para O Ensino De Física Suportado Por Experimentação Remota No Tema Descoberta Do Elétron"				

Reuniu-se, através do serviço de Conferência Web da Rede Nacional de Pesquisa - RNP, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Educação, assim composta: Professores Doutores: Juarez Bento da Silva - UFSC; Eduardo Galembeck - UNICAMP; Sandro Rogério Vargas Ustra - UFU; Arlindo José de Souza Júnior - UFU e Eduardo Kojoy Takahashi orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Eduardo Kojoy Takahashi, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(as) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do

Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Kojy Takahashi, Usuário Externo**, em 21/08/2020, às 18:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sandro Rogerio Vargas Ustra, Professor(a) do Magistério Superior**, em 21/08/2020, às 18:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Arlindo José de Souza Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 21/08/2020, às 18:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Juarez Bento da Silva, Usuário Externo**, em 21/08/2020, às 18:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Galembeck, Usuário Externo**, em 21/08/2020, às 18:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2209747** e o código CRC **40432881**.

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Eduardo Kojy Takahashi  
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

---

Prof. Dr. Juarez Bento da Silva  
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

---

Prof. Dr. Eduardo Galembeck  
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

---

Prof. Dr. Sandro Rogério Vargas Ustra  
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

---

Prof. Dr. Arlindo José de Souza Júnior  
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Dedico esta tese, primeiramente, a Deus; aos meus filhos, que me dão forças para percorrer os meus sonhos; aos meus pais e esposo, que sempre me incentivaram, e ao meu orientador, que é meu maior incentivador e inspirador.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, por todo auxílio, apoio e amizade durante todos esses anos de orientação.

Ao meu marido, por estar sempre ao meu lado em todas as minhas batalhas.

Aos meus pais, pelo incentivo, apoio e amor incondicional.

Aos meus filhos pela compreensão, inspiração, carinho e amor em todos os momentos.

Aos meus irmãos que sempre acreditaram em mim.

Ao nosso grupo de pesquisa pelas discussões e contribuições.

Aos professores da educação básica que contribuíram com as entrevistas com muita disponibilidade.

Aos professores da pós-graduação que auxiliaram com ensinamentos importantes para a construção do trabalho.

Aos professores da banca pela disponibilidade e por todas as contribuições.

À CAPES pelo apoio financeiro.

## RESUMO

A experimentação remota possibilita que professores e alunos tenham acesso a experimentos reais, por meio de um computador ou um dispositivo móvel conectado à internet. Dessa forma, alunos de escolas públicas da educação básica, por exemplo, podem ter a oportunidade de participar de atividades experimentais em laboratório de ciências mesmo quando a escola não possui esses laboratórios. Porém, percebemos que a adoção, o uso e a disseminação da experimentação remota ainda se constituem um desafio, especialmente para professores de física da educação básica. Por isso, entrevistamos seis professores da educação básica com o intuito de investigar como os desafios e as possibilidades do uso da experimentação remota no ensino de física emergem a partir das suas perspectivas de ensino e aprendizagem. Como referencial metodológico, utilizamos a Entrevista Compreensiva, que não faz uso de uma fundamentação teórica *a priori* e visa uma produção teórica a partir de uma articulação entre dados e hipóteses. Assim, a partir da análise preliminar das falas dos entrevistados, percebemos que a concepção do professor sobre atividades didáticas experimentais em física representa um **desafio** para a apropriação da experimentação remota (ER). Escutas atentas posteriores revelaram, ainda, que outros desafios sobressaem. Um deles é a prevalência de uma cultura escolar inadequada aos objetivos educacionais hodiernos, que reforça uma resistência à inovação no ensino de física, especialmente, no uso da ER. Outro, é o conflito entre os desejos e as necessidades dos professores de física e a capacidade dos ER em satisfazê-los. As **possibilidades** para superar esses desafios foram desvendadas nas falas desses professores e alinhadas às nossas concepções. Em aspectos gerais correspondem à uma maior aproximação entre universidade e escola por meio de projetos conjuntos.

**Palavras-chave:** Experimentação Remota. Atividades Didáticas Experimentais. Ensino de Física.

## ABSTRACT

Remote Experimentation allows teachers and students to access real experiments, through a computer or a mobile device connected to the internet. In this way, public schools students in basic education, for example, may have the opportunity to participate in experimental activities in science laboratories even when the school does not have such laboratories. However, we realize that the adoption, use and dissemination of Remote Experimentation are still challenging, especially for basic education physics teachers. For this reason, we interviewed six basic education teachers to investigate how the challenges and possibilities of using remote experimentation in teaching Physics emerge from their teaching and learning perspectives. As a methodological framework, we use the Comprehensive Interview, which does not use a priori theoretical foundation and aims at a theoretical production based on an articulation between data and hypotheses. Thus, from the preliminary analysis of the interviewees' statements, we realized that the teacher's conception of experimental didactic activities in physics represents a **challenge** for the appropriation of remote experimentation (RE). Later attentive listening also revealed that other challenges stand out. One of them is the prevalence of a school culture inadequate to today's educational objectives, which reinforces a resistance to innovation in the teaching of physics, especially in the use of RE. Another is the conflict between the wishes and needs of physics teachers and the ability of ERs to satisfy them. The **possibilities** to overcome these challenges were revealed in the statements of these teachers and aligned with our conceptions. In general, they correspond to a closer relationship between university and school through joint projects.

**Keywords:** Remote Experimentation. Experimental Activities. Physics Teaching.

## **LISTA DE SIGLAS**

ER – Experimentação Remota

Nutec – Núcleo de Pesquisa em Tecnologias Cognitivas

RExLab - Laboratório de Experimentação Remota

TDIC – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Trabalhos publicados sobre experimentação em Física no ensino médio no período de 2009 a 2019.....	5
Figura 2 - Esquema de um laboratório de Experimentação Remota .....	20

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados estatísticos do Censo Escolar de 2018.....	7
Quadro 2 - Principais diferenças entre a experimentação hands-on, a experimentação remota e a simulação computacional.....	21
Quadro 3 - Relação dos trabalhos que abordam o uso de Experimentos Remotos no Ensino.....	24
Quadro 4 - Associação dos trabalhos que abordam a ER no ensino com o nível de ensino do seu público-alvo.....	27
Quadro 5 - Relação dos trabalhos quanto ao seu foco principal.....	28
Quadro 6 - Relação de artigos científicos que abordam o uso de ER no ensino e/ou aprendizagem.....	29
Quadro 7- Associação dos artigos que abordam a ER no ensino com o nível de ensino do seu público-alvo.....	31
Quadro 8 - Relação dos artigos quanto ao seu foco principal.....	31
Quadro 9 – Grade de perguntas.....	40
Quadro 10 - Possibilidades de Aprendizagens Inerentes à Experimentação Didática em Física.....	81
Quadro 11 - Possibilidades para o Desafio da Mudança de Concepção do Professor de Física em relação às Atividades Experimentais.....	117
Quadro 12 - Possibilidades para o Desafio da Inovação no Ensino de Física por meio da Experimentação Remota.....	120
Quadro 13- Possibilidades para o Desafio de Satisfazer o Professor de Física por meio da Experimentação Remota.....	121

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>DESCRIÇÃO DO CONTEXTO PROBLEMÁTICO E PROBLEMATIZAÇÃO ....</b>	<b>5</b>
<b>1. EXPERIMENTAÇÃO REMOTA.....</b>	<b>18</b>
<b>2. PERCURSO TEÓRICO-METODOLÓGICO.....</b>	<b>33</b>
2.1 Entrevista Compreensiva .....	34
2.2 As Entrevistas .....	39
2.3 A Investigação do Material.....	44
<b>2.4 Os Professores Entrevistados .....</b>	<b>46</b>
2.4.1 Lise Meitner .....	48
2.4.2 Elizabeth Blackwell .....	49
2.4.3 Max Planck .....	50
2.4.4 Marie Curie .....	51
2.4.5 Niels Bohr .....	52
2.4.6 Maria Mayer.....	54
<b>3 A PRODUÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>56</b>
3.1 A Finalidade das Atividades Didáticas Experimentais em Física .....	57
3.1.1 As Concepções dos Professores.....	57
3.1.2 As Concepções e a Experimentação Remota em Física: Desafios e Possibilidades .....	77
3.2 Inovação e Experimentação Remota .....	84
3.2.1 A Cultura do Ensino de Física .....	85
3.2.2 A Cultura do Ensino de Física e a Experimentação Remota: Desafios e Possibilidades .....	95
3.3 Desejos e Necessidades dos Professores.....	100
3.3.1 A importância da Atenção .....	100
3.3.2 A Questão da Atenção e a Experimentação Remota: Desafios e Possibilidades	112
<b>4 O HORIZONTE AMPLIADO.....</b>	<b>117</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>124</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>128</b>

## APRESENTAÇÃO

Acredito que a minha aproximação ao tema desta pesquisa não aconteceu por acaso. Esse caminho foi percorrido devido a uma característica pessoal que é a minha curiosidade pela tecnologia.

Lembro-me que, quando ainda era muito pequena, escutava meu pai orgulhoso contando às outras pessoas como eu já sabia mexer no videocassete.

Sempre gostei de aprender como as coisas funcionavam; gostava de entender todas as funcionalidades dos equipamentos. Tanto que, comecei a abrir qualquer dispositivo eletrônico estragado, para tentar descobrir o problema e se eu conseguia arrumar ou, caso não conseguisse, retirava todos os fios e dispositivos e guardava na minha coleção, para depois tentar montar algum circuito.

Na época eu não sabia o que era um circuito, mas com os fios, os dispositivos luminosos, os interruptores, algumas pilhas e uma chapa de madeira eu conseguia montar um circuito simples. Nunca consegui ir muito além disso, mas tudo isso me levou a fazer escolhas e percorrer um caminho que me levou à minha constituição como pessoa e como profissional.

Meu pai comprou nosso primeiro computador quando eu tinha 13 anos. Era um computador usado e já antigo que, inicialmente, não tinha acesso à internet. Fiquei encantada com o computador e tentei aprender o máximo que eu podia, sozinha, pois ninguém na nossa casa possuía conhecimentos de como usá-lo.

Assim, aprendi a usar o editor de textos Word, o aplicativo para criação, edição e exibição de apresentações gráficas Powerpoint, o programa para criação de desenhos e edição de imagens Paint e a planilha Excel.

Além disso, aprendi a jogar todos os jogos disponíveis para o sistema operacional Windows 95. Também descobri como alterar algumas funções do computador, como por exemplo, os sons do Windows e, dessa forma, personalizei o meu computador o máximo que consegui. Com isso, ao ligar o computador eu escutava a minha própria voz nas caixinhas de som e era muito divertido.

Os anos foram passando e eu continuei com esse mesmo interesse pelo computador e sempre tentando aprender o máximo que eu conseguia.

Quando estava cursando o ensino médio, surgiu-me uma oportunidade de fazer um curso profissionalizante com duração de alguns meses e escolhi o curso de Montagem e Manutenção de Computadores e Redes.

Alguns anos depois, o meu namorado abriu uma loja de venda e manutenção de computadores e, após alguns meses, entrei como sócia da loja e comecei a trabalhar com ele. Desta forma, aprendi a montar e formatar computadores, instalar programas e, também, aproveitava para tentar consertar algumas placas e fontes, trocando fusíveis e capacitores. Às vezes dava certo, mas às vezes provocava explosões.

Nessa época eu já cursava licenciatura em física na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), embora essa não fosse a minha intenção inicial. Pretendia fazer um curso de engenharia eletrônica para aprofundar meus conhecimentos nessa área tecnológica, mas a UFU não disponibilizava tal curso. O curso que se aproximava mais dos meus objetivos era a engenharia elétrica, mas minhas notas, obtidas no antigo sistema alternativo de ingresso à universidade, denominado Processo Alternativo de Ingresso ao Ensino Superior (Paies)<sup>1</sup>, não eram suficientes para pleitear uma vaga nesse curso.

Desta forma, optei pelo curso de licenciatura em física, que poderia ser uma alternativa para conseguir meus objetivos.

Apesar de ter me apaixonado pelo curso, percebi que, na verdade, o curso não viabilizava uma aprendizagem de eletrônica como eu imaginava e, desta forma, não consegui aprender, na prática, nada além do que eu já sabia.

As aulas de laboratório de física eram bem divertidas, devido aos momentos de socialização com os meus colegas, mas a metodologia de aula, na minha opinião, não favorecia, em quase nada, que eu conseguisse suprir minhas curiosidades sobre eletrônica.

Nesse sentido, essas aulas experimentais foram muito decepcionantes, pois como não tive esse tipo de aula na escola, eu coloquei uma expectativa muito alta e me decepcionei.

Era sempre a mesma coisa, não importava o tema do experimento. Nós entrávamos no laboratório com muito cuidado para não tocar em nada errado e estragar o experimento ou descalibrá-lo, realizávamos as medidas que já estavam descritas no roteiro experimental, preenchíamos a tabela do roteiro com essas

---

<sup>1</sup> O Paies era um programa alternativo de ingresso na UFU e consistia em uma avaliação seriada, realizada ao final de cada uma das três séries do ensino médio. A soma ponderada das notas obtidas em cada etapa do processo permitia ao aluno pleitear uma vaga em um curso superior. As notas mínimas necessárias para cada curso eram divulgadas ao final da última etapa.

medidas e, depois, cada aluno do grupo ficava responsável por escrever uma parte do relatório.

A minha crítica à metodologia de aula experimental de física foi influenciada, também, por tudo que eu já havia aprendido no grupo de pesquisa do qual eu participava, o Núcleo de Pesquisa em Tecnologias Cognitivas (Nutec). Foi em uma das viagens com esse grupo que eu tive a oportunidade de conhecer a experimentação remota<sup>2</sup>. Nós fizemos uma visita técnica ao Laboratório de Experimentação Remota (RExLab), da Universidade Federal de Santa Catarina, em Araranguá-SC e fiquei encantada em perceber a possibilidade dos alunos, das escolas e das universidades, terem acesso livre e sem custos a experimentos reais por meio de um computador com internet, podendo acessá-los de qualquer lugar a qualquer hora.

Pela minha experiência e do que eu conhecia da realidade das escolas, os alunos não tinham aulas experimentais, exceto em casos raros e pontuais. E essa estratégia de usar equipamentos laboratoriais poderia ser uma solução para os professores realizar aulas experimentais com seus alunos da educação básica. Pois, até onde eu pude perceber, essa era uma carência relatada pelos professores que conhecia e por muitas pesquisas que tive contato na época.

Entretanto, havia uma questão relacionada à experimentação remota. Como nós poderíamos contribuir com esse recurso para não repetir os mesmos erros das aulas experimentais de física que eu tanto criticava? Foi aí que comecei a trilhar o meu caminho com a experimentação remota, que foi o tema da minha dissertação de mestrado e é, agora, aprofundado nesta tese.

Só para esclarecer, essa apresentação está escrita na primeira pessoa do singular porque toda essa história é algo muito particular e não vejo sentido em escrevê-la de outra forma. No restante do texto não utilizarei essa conduta, mas também não a escreverei de forma impessoal, pois não a considero como tal, uma vez que me sinto inserida em seu contexto e ela carrega, ainda, mais vozes do que

---

<sup>2</sup> A experimentação remota permite que experimentos fisicamente reais sejam acessados a distância por meio da internet. Estamos usando o termo experimentação remota em um sentido bem amplo, na qual ele engloba não só os aparatos experimentais, mas toda a estrutura necessária para a implementação e utilização dos experimentos, como a interface eletrônica de acesso e controle dos experimentos, o ambiente virtual, o material instrucional, os recursos didáticos adicionais (hipertextos, simulações, jogos etc.) e as propostas didáticas de uso dos experimentos remotos.

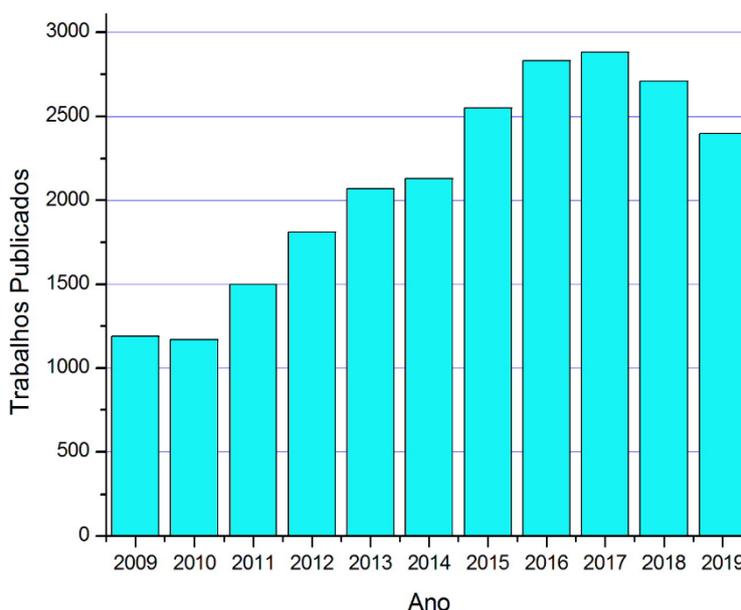
a minha própria. Assim, passarei a utilizar a primeira pessoa do plural a partir deste ponto.

## DESCRIÇÃO DO CONTEXTO PROBLEMÁTICO E PROBLEMATIZAÇÃO

A realização de atividades didáticas experimentais<sup>3</sup> como uma abordagem para o ensino de física é um tema de grande interesse dos pesquisadores e isso é percebido na grande quantidade de publicações e diversidade de enfoques abordados (ARAÚJO; ABIB, 2003).

No final de 2019, realizamos uma busca para verificar a quantidade de trabalhos publicados sobre experimentação em física no ensino médio. Realizamos uma busca no Google Acadêmico, relacionando os termos “física”, “ensino médio”, “laboratório” e “experimento” e excluindo os termos “educação física”, “química”, “biologia”, “virtual”, “modelagem” e “robótica”. Os resultados quantitativos anuais dessa busca (Figura 1), realizada para o período compreendido entre 2009 e 2019, nos revelou um resultado de 23.240 trabalhos publicados em língua portuguesa.

**Figura 1** - Trabalhos publicados sobre experimentação em física no ensino médio no período de 2009 a 2019.



Fonte: a autora.

---

<sup>3</sup> Sempre que nos referirmos às atividades didáticas experimentais, abrangeremos qualquer tipo de atividade que faça uso de um experimento ou situação experimental, presencial (no laboratório de ciências ou em qualquer outro espaço) ou à distância, ou de qualquer tipo de simulação experimental.

Apesar de existir uma diminuição na quantidade de trabalhos encontrados a partir de 2018, o número de trabalhos é muito expressivo e indica uma preocupação contínua dos pesquisadores com o tema.

Os conteúdos de física na educação básica são ministrados a partir dos anos finais do ensino fundamental (EF) até o 3º ano do ensino médio (EM).

De acordo com os dados de 2019 do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), existiam 11,9 milhões de alunos matriculados nos anos finais do EF, dos quais 10,1 milhões em escolas públicas, e 7,5 milhões de matrículas no EM, com 6,5 milhões na rede pública de ensino, o que implica em 16,7 milhões de alunos da rede pública de ensino em condições de praticar atividades experimentais em laboratório didáticos de física (INEP, 2019).

Entretanto, conforme os últimos dados do INEP disponíveis sobre as infraestruturas das escolas (INEP, 2018) e apresentados no Quadro 1, dos 174.155 estabelecimentos de ensino que atendem o EF, apenas 11,5% dispunham de laboratório de ciências e 44,3% possuíam laboratório de informática, com internet e banda larga. Para o ensino médio, das 28.673 escolas, apenas 44,1% dispunham de laboratório de ciências e 78,1% de laboratório de informática, com internet e banda larga.

Os dados do Quadro 1 revelam um grande desafio para a realização de atividades experimentais em laboratório de ciências nas escolas da educação básica, especialmente no ensino público e nos moldes tradicionais, mas apresentam condições favoráveis ao uso de laboratórios de informática como alternativa para tais estratégias de ensino, como será mostrado na próxima seção.

Particularmente no município de Uberlândia, 13 escolas públicas do ensino médio foram consultadas, em março de 2020, sobre a existência de laboratórios de ciências e de informática e apenas uma respondeu afirmativamente no quesito de laboratório de ciências, enquanto 11 escolas informaram possuir laboratório de informática. O interessante é que a única escola que possui laboratório de ciências não possui laboratório de informática.

A carência de laboratórios didáticos de física e de atividades didáticas experimentais nas escolas sempre se constituíram em uma das justificativas dos professores de física, de maneira geral, para o fracasso do ensino dessa disciplina.

Nesse sentido,

[...] o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 176).

**Quadro 1 - Dados estatísticos do Censo Escolar de 2018.**

<b>ENSINO FUNDAMENTAL</b>						
<b>Recurso</b>	<b>Dependência Administrativa</b>					
	<b>Total</b>	<b>Pública</b>	<b>Federal</b>	<b>Estadual</b>	<b>Municipal</b>	<b>Privada</b>
Biblioteca/sala de leitura	55,1%	48,9%	95,7%	80,3%	40,1%	81,6%
Banheiro (dentro/fora)	95,7%	95,1%	100%	94,5%	95,2%	98,4%
Banheiro PNE	41,8%	38,6%	76,6%	53,7%	34,3%	55,6%
Dependências PNE	31,2%	28,0%	63,8%	40,7%	24,4%	44,7%
Laboratório de ciências	11,5%	8,0%	95,7%	24,4%	3,4%	26,3%
Laboratório de informática	44,3%	43,9%	95,7%	75,4%	35,0%	46,1%
Internet	69,6%	63,4%	95,7%	89,8%	55,9%	96,0%
Banda larga	57,6%	50,7%	91,5%	76,9%	43,3%	86,8%
Pátio (coberto/descoberto)	68,5%	63,9%	97,9%	71,6%	61,8%	87,9%
Quadra esp. (cob./desc.)	42,0%	37,8%	95,7%	65,8%	30,0%	59,7%
<b>ENSINO MÉDIO</b>						
<b>Recurso</b>	<b>Dependência Administrativa</b>					
	<b>Total</b>	<b>Pública</b>	<b>Federal</b>	<b>Estadual</b>	<b>Municipal</b>	<b>Privada</b>
Biblioteca/sala de leitura	87,5%	85,7%	98,1%	85,4%	82,7%	91,9%
Banheiro (dentro/fora)	97,1%	96,4%	99,8%	96,3%	99,5%	98,8%
Banheiro PNE	62,5%	60,0%	93,8%	59,1%	57,6%	68,7%
Dependências PNE	46,8%	44,3%	79,5%	43,4%	37,7%	52,7%
Laboratório de ciências	44,1%	38,8%	83,4%	37,5%	28,8%	57,2%
Laboratório de informática	78,1%	82,1%	98,8%	81,8%	64,4%	68,4%
Internet	95,1%	93,6%	99,3%	93,5%	85,9%	98,7%
Banda larga	84,9%	81,1%	95,1%	80,8%	70,2%	94,1%
Pátio (coberto/descoberto)	79,2%	74,8%	89,9%	74,2%	88,0%	90,1%
Quadra esp. (cob./desc.)	75,9%	72,8%	70,0%	72,8%	73,3%	83,6%

Fonte: Inep (2019).

Com o intuito de sanar essa situação, encontra-se em tramitação na Câmara dos Deputados o Projeto de Lei 6356/19 (BRASIL, 2019) que torna obrigatória a existência de laboratórios de ciências, de matemática e de informática nas escolas

públicas de ensino fundamental e médio. De acordo com o Artigo 1º, parágrafo 1º deste Projeto de Lei,

A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios promoverão estratégias de ação que contemplem estudos dos investimentos para a montagem laboratórios de Ciências, de ensino de matemática e de informática e a definição das etapas a serem seguidas para a sua implementação com o envolvimento da comunidade escolar (BRASIL, 2019).

Porém, o provimento de laboratórios de ciências nas escolas, por si só, não resolve a questão da manutenção dos equipamentos e de como realizar experimentos que promovam a investigação e sejam significativos para a aprendizagem do aluno.

A partir desse ponto, e para simplificar o tratamento do tema de interesse, sempre que utilizarmos os termos “experimentação”, “aulas” e “atividades didáticas experimentais” estaremos nos referindo unicamente à área de física, embora essas atividades também ocorram para a biologia e química, mas em formatos que podem diferir da física.

Da mesma forma, os termos experimentação e práticas experimentais serão utilizados nesta tese como sinônimos de atividade experimental em laboratório de ciências e denotarão o tipo de atividade experimental desenvolvida unicamente nesse tipo de laboratório e não em outros espaços físicos.

A questão da experimentação como recurso didático necessita ser considerada sob duas dimensões, com ações distintas para cada uma. A primeira é uma dimensão global, que envolve o sistema educacional como um todo e inclui a escola como foco principal. A segunda dimensão é mais singular e envolve o professor, uma particular turma escolar e cada aluno desta turma.

No âmbito global e que se aplica indistintamente a todas as escolas, são necessárias a disponibilização de recursos para viabilizar as práticas experimentais, como laboratórios, equipamentos experimentais, formação continuada do professor e verbas para serviços de manutenção.

Nesse domínio, a capacidade de tomada de decisão dos educadores é reduzida, porém não nula, como será discutido na próxima seção. Desta forma, esta pesquisa considerará apenas os aspectos passíveis de sofrerem atuações diretas desses agentes educacionais.

No âmbito mais singular, as ações devem ser pensadas em função das necessidades específicas do professor diante de uma particular turma de alunos. Neste caso, as prioridades relacionam-se às atividades diretas de assessoria ao professor e aos alunos, no tocante às montagens e desenvolvimento das práticas experimentais, elaboração de metodologia de ensino experimental, estruturação das salas e laboratórios para as aulas experimentais e uso de tecnologias adequadas.

Nesse domínio, os educadores são os principais responsáveis pelas decisões e, portanto, tudo o que resulte da sua capacidade de tomada de decisão será plenamente considerado nesta pesquisa.

Alguns professores podem precisar de um apoio permanente das escolas no sentido de disporem de um profissional que fique responsável por esse laboratório, pela montagem e manutenção dos equipamentos e para auxílio técnico no momento das aulas. Além disso, é importante existir uma capacitação continuada para que os professores possam alcançar o potencial de aprendizagem que uma atividade prática pode proporcionar.

Mesmo os professores que consideram que as atividades didáticas experimentais são importantes no contexto escolar, eles “[...] podem apresentar dificuldades para realizá-las, tendo em vista sua pouca familiarização com as práticas durante o processo de escolarização [...]” (BASSOLI, 2014, p. 580).

Além disso, Zanatta e Leria (2018) enfatizam que o tema relacionado a atividades didáticas experimentais, no Brasil, vem sendo debatido desde 1970 mas, apesar da área ter agrupado um conhecimento significativo sobre o tema, “existe uma lacuna entre o conhecimento produzido pelos pesquisadores e o saber efetivo do professor, que atua em sala de aula” (ZANATTA; LERIA, 2018, p. 121).

Desta forma, ainda são necessárias mais pesquisas a respeito desse assunto, especialmente porque ainda não há um consenso em relação às concepções de atividades didáticas experimentais, nem mesmo entre os pesquisadores. Defendemos que essas pesquisas precisam acontecer de forma colaborativa, entre pesquisadores e professores, para que seja possível uma maior aproximação entre a pesquisa e as escolas.

Entretanto, nossa experiência pessoal, que também é uma percepção coletiva e relato de diversas pesquisas (FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010), mostra que quando há o ensino experimental, como nas universidades, por

exemplo, ele é caracterizado pela priorização da observação do fenômeno e pelo cumprimento de um roteiro experimental. Esse roteiro geralmente é constituído por uma série de passos previamente elaborados pelo professor ou especialista (FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010). Assim, o aluno executa os passos de uma forma mecânica sem, por exemplo, questionar, argumentar, levantar hipóteses e investigar mais profundamente o fenômeno estudado.

Em nossos estudos, encontramos concepções sobre atividade experimental que trazem propostas com natureza investigativa, com a possibilidade de explorar a aprendizagem conceitual e, também, as aprendizagens procedimental e atitudinal (ZABALA, 1998). Para isso, a atividade deve “conter características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica (AZEVEDO, 2004, p. 21)”.

Para Lewin e Lomáscolo (1998), uma atividade experimental investigativa

[...] favorece fortemente a motivação dos alunos, fazendo-os adquirir atitudes como curiosidade, desejo de experimentar, habituar-se a duvidar de determinadas afirmações, a confrontar resultados e a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais (LEWIN; LOMÁSCOLO, 1998, p. 148, tradução nossa).

Estamos de acordo com o potencial pedagógico da experimentação que é apontado por essas pesquisas, que a diferencia enquanto estratégia para viabilizar aprendizagens conceituais, procedimentais e atitudinais fundamentais para o ensino e aprendizagem de ciências.

Exemplos dessa extensão de aprendizagens incluem a confrontação de uma hipótese formulada sobre um evento com os resultados reais observados em um aparato construído para analisá-lo, a realização de medidas sem erros de paralaxe<sup>4</sup>, a minimização de incertezas nas medidas e a representação e manipulação dos valores medidos, tanto do ponto de vista matemático, quanto físico.

Desta forma, considerando a importância da realização de atividades experimentais em laboratório de ciências e as implicações apontadas na análise do Quadro 1, da severa limitação desses laboratórios e grande disponibilidade de

---

<sup>4</sup> Erro de paralaxe em uma medida é o uso inadequado de um instrumento analógico de medida, em que a leitura é observada de uma posição não vertical em relação à projeção do ponteiro medidor na escala do instrumento, de forma a produzir valores maiores ou menores do que seria obtido em uma medida correta.

laboratórios de informática, uma opção que contempla esse cenário é o uso da experimentação remota.

Como será detalhado mais adiante, em um capítulo especial, a experimentação remota consiste no acesso de um experimento real, disponibilizado em algum local fisicamente distante do usuário, o qual pode manipular esse experimento por meio da internet, utilizando um computador ou um dispositivo móvel (smartphone ou tablete). Desta forma, o aluno pode atuar no experimento como se estivesse realizando os procedimentos de forma presencial, diretamente no aparato experimental.

O objetivo da experimentação remota é justamente potencializar o uso do equipamento experimental real ao usuário, a partir de qualquer lugar em que estiver e a qualquer momento.

Estamos usando o termo experimentação remota em um sentido bem amplo, na qual ele engloba não só os aparatos experimentais, mas toda a estrutura necessária para a implementação e utilização dos experimentos, como a interface eletrônica de acesso e controle dos experimentos, o ambiente virtual, o material instrucional, os recursos didáticos adicionais (hipertextos, simulações, jogos etc.) e as propostas didáticas de uso dos experimentos remotos.

Dessa forma, consideramos que a experimentação não se constitui apenas um exercício prático de validação do conhecimento científico, mas um processo de (re)formulação de questionamentos e de maneiras de exercitar a busca por explicações de natureza científica. E que tem se mostrado relevante atualmente para tomadas de decisões políticas, econômicas e sociais. Por isso, acreditamos que a experimentação remota poderia vir a suprir as carências de laboratórios de ciências nas escolas e ser uma excelente solução para o problema da falta de experimentação na educação básica<sup>5</sup>.

O Núcleo de Pesquisa em Tecnologias Cognitivas (NuteC) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), do qual somos integrantes desde o seu início, começou a desenvolver estudos sobre experimentação remota (ER) a partir de 2009. Esse interesse ocorreu após uma visita técnica ao Laboratório de Experimentação Remota (RExLab) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em Araranguá-SC. O RExLab possuía alguns experimentos reais de Física,

---

<sup>5</sup> A experimentação remota em física pode ser desenvolvida tanto no ensino médio, quanto no ensino fundamental, o qual compreende conteúdos de física na disciplina de ciências.

localizados na Universidade, que podiam ser manipulados a distância, por meio da internet.

Essa possibilidade de ter acesso a experimentos reais e, por vezes, mais complexos, sem a necessidade de a escola adquiri-los, apenas com o uso de um computador ou um dispositivo móvel com acesso à internet nos encantou. Vislumbramos os avanços que o ensino-aprendizagem de física na educação básica, principalmente na rede pública, poderia alcançar por meio desse recurso.

Assim, nosso primeiro trabalho relacionado ao uso didático da experimentação remota, que se iniciou em 2009, foi realizar um estado da arte sobre o uso de experimentos remotos no ensino formal e

[...] não encontramos relatos de pesquisa sobre como o acesso remoto a experimentos reais pode incrementar o processo de ensino e aprendizagem de Física e de que forma isso pode ser feito (CARDOSO; TAKAHASHI, 2011, p. 202).

Por isso, decidimos investir no desenvolvimento de experimentos remotos, mas, também, na criação de propostas metodológicas com o uso desses recursos para a promoção de uma aprendizagem em física.

Acreditamos que a simples disponibilização de um recurso didático novo ao professor, não o estimulará ao seu uso se estiver desprovido de um exemplo de como explorar tal recurso e quais aprendizagens podem resultar do seu uso.

Com esse embasamento, desenvolvemos e disponibilizamos, no ambiente virtual de aprendizagem do Nutec, o Experimento Remoto de Thomson, que é uma atualização do experimento que resultou na descoberta do elétron.

Além disso, elaboramos uma sequência didática e criamos objetos virtuais de aprendizagem que foram incorporados ao ambiente virtual de aprendizagem. Esse experimento remoto foi desenvolvido a partir do aparato experimental adquirido pelo Instituto de Física da UFU e cedido para que pudéssemos adaptá-lo para uso remoto. Esse aparato serve para determinar a razão entre a carga e a massa do elétron.

Fizemos uma aplicação dessa sequência didática em uma turma de terceiro ano do ensino médio, de uma escola pública, em conjunto com o professor de física da escola. O professor participou da construção da sequência didática e, posteriormente, ministrou as aulas programadas com o nosso auxílio. A partir da

análise da aplicação da proposta, percebemos que um grande desafio para o professor foi conseguir conciliar essa atividade com o seu planejamento tradicional; ele ficou com a sensação de que, com a inserção da atividade com o experimento remoto, ele estava “perdendo” tempo, pois não foi possível realizar todos os exercícios de fixação que ele geralmente desenvolve com os alunos, o que ele considera como uma discussão mais “matematizada” (CARDOSO; TAKAHASHI; OLIVEIRA, 2015).

Além disso, concluímos que

[...] o ensino por meio da experimentação remota carece evoluir para além do seu estágio atual, tanto no aspecto metodológico, quanto tecnológico. No aspecto metodológico, deve-se ressignificar o ensino experimental, com intuito de dar mais sentido à atividade experimental, indo além do cumprimento mecânico de um roteiro experimental pré-definido pelo professor, explorando uma abordagem que envolva os conhecimentos físicos associados à concepção do aparato experimental e o planejamento do procedimento experimental, estabelecendo relações mais próximas com o conhecimento produzido pelos cientistas. No aspecto tecnológico, deve-se explorar a convergência tecnológica, como por exemplo, o ambiente de experimentação remota deve conter recursos de comunicação (webconferência, fórum, *chat*), de desenvolvimento cooperativo (*wikis*, mapas conceituais, hipertextos), de registros e manipulação de dados (caderno virtual, calculadora, *software* de construção de gráficos) (CARDOSO, 2016, p. 93).

Porém, após o desenvolvimento desses trabalhos, percebemos que os desafios para a experimentação remota iam além da metodologia ou da tecnologia associada. Para que os professores tenham acesso a esse recurso, eles precisam, antes de tudo, conhecê-lo. Então, como disseminar a experimentação remota? Mas, uma vez resolvido o problema da disseminação, os professores iriam começar a usar os experimentos remotos para ensinar física? Percebemos que só a disseminação não é suficiente.

Depois dessa primeira aplicação do Experimento Remoto de Thomson, incentivamos outros professores a utilizarem experimentos remotos em suas aulas. Assim, o professor que aplicou a sequência didática conosco deveria ter replicado a sequência no ano seguinte, mas não o fez; outra professora, em seu trabalho de mestrado, elaborou e aplicou uma sequência didática utilizando outro de nossos experimentos remotos, porém, essa também foi sua única aplicação.

Ao tomarmos conhecimento da iniciativa utilizada pelo grupo de pesquisa do RExLab para levar tecnologias digitais às salas de aula de escolas do município de Araranguá-SC, decidimos conhecer pessoalmente as estratégias que estavam sendo utilizadas para tal finalidade. Desta forma, contatamos os pesquisadores do RExLab e decidimos conhecer pessoalmente o projeto para investigar a possibilidade de replicar as mesmas estratégias nas escolas de Uberlândia-MG.

Visitamos o laboratório de pesquisa (RExLab) e conversamos com os pesquisadores, que foram muito solícitos e intermediaram o nosso contato com as escolas e os professores que participavam do projeto. Recebemos autorização para participar de algumas aulas, entrevistamos os professores pesquisadores e os professores das escolas e percebemos diversos aspectos muito positivos em relação ao projeto.

O aspecto mais importante é que o RExLab conseguiu uma interação universidade-escola efetiva que proporciona vantagens para ambas as partes. Os professores das escolas recebem suporte da universidade em cursos de capacitação para o uso das TDIC no processo de ensino-aprendizagem e contam com o apoio presencial de bolsistas do RExLab durante as aulas, tanto para as questões envolvendo tecnologias, quanto na execução das propostas didáticas. Os professores também perceberam a possibilidade de realizar um curso de pós-graduação na UFSC, sendo que muitos deles já ingressaram no mestrado e começaram a participar do grupo de pesquisa.

Além disso, a presença da universidade nas escolas reconfigurou a imagem dessas últimas na comunidade local e muitos de seus alunos perceberam que poderiam almejar entrar nos cursos de graduação da universidade. Esse efeito foi socialmente mais importante nas escolas situadas na periferia da cidade, nas quais os alunos geralmente não possuem uma autoestima que os levem a acreditar na possibilidade de cursar uma boa universidade. E, em contrapartida, a universidade tem a oportunidade de desenvolver pesquisas e conduzir projetos nas escolas.

Porém, percebemos que aplicar a mesma estratégia com o objetivo de efetivar uma parceria entre a UFU e as escolas de Uberlândia seria mais complexo, principalmente, devido à atual condição da estrutura de recursos humanos e financeiros do Nutec.

Após a visita à Araranguá, efetivamos uma parceria com o RExLab e, dessa forma, dois professores de uma escola pública de Uberlândia começaram a receber

bolsas para planejarem, aplicarem e avaliarem o uso de experimentos remotos em suas aulas. Os professores foram auxiliados pelos grupos de pesquisa do RExLab e do Nutec para que fosse possível a elaboração e aplicação de uma sequência didática relacionada aos experimentos. No entanto, eles não continuaram com essas atividades após o término da bolsa.

Isso nos intrigou, pois eles demonstraram ter gostado da experiência de utilizar uma tecnologia digital no ensino, deram uma funcionalidade ao laboratório de informática da escola, os alunos se envolveram com as atividades, mas não houve prosseguimento no uso dos experimentos remotos.

Muitos fatores podem ter influenciado na decisão dos professores em não continuar o uso dessa tecnologia. Como por exemplo: as dificuldades e a falta de afinidade relacionadas ao uso de uma tecnologia educacional digital e de uma metodologia diferente, que exige um aprendizado por parte do professor. E ainda, os valores que os professores atribuem a esse tipo de atividade e o grau de atendimento às expectativas e necessidades dos professores e alunos dos experimentos remotos disponíveis.

Todos esses aspectos nos conduziram à uma problematização sobre as razões da descontinuidade do uso da experimentação remota pelos professores das escolas da região de Uberlândia. Mesmo depois de conhecer e perceber o potencial desse recurso didático. A partir das reflexões nessa temática, formulamos a pergunta de pesquisa dessa tese: **Como emergem os desafios e as possibilidades da experimentação remota para a educação básica a partir das falas de professores de física de Uberlândia-MG?**

Na perspectiva de buscar uma resposta a essa questão, decidimos que um caminho viável seria entrevistar professores que conhecem e/ou usaram a experimentação remota em algum momento. Esses professores podem revelar, por exemplo, suas concepções, suas dificuldades e indicar possibilidades relacionadas ao uso de experimentos e, mais especificamente, dos experimentos remotos. A intenção é encontrar um caminho para a consolidação do seu uso didático.

Por isso, partimos do **objetivo geral** dessa pesquisa que é desvelar quais são os aspectos que favorecem ou não o uso da experimentação remota por professores de física da educação básica.

Com o intuito de alcançar esse objetivo, propusemos os seguintes **objetivos específicos**:

- Refletir como a relação do professor de física com as atividades didáticas experimentais pode favorecer ou não a apropriação da experimentação remota;
- Compreender a receptividade do professor para a adoção ou não de novos recursos didáticos e, em especial, a experimentação remota;
- Identificar sentimentos e juízos dos professores que possam impactar na adoção da experimentação remota.

Diante deste contexto, defendíamos inicialmente a seguinte **tese**: a afinidade e/ou o percurso educacional do professor de física são fortemente determinantes na sua decisão de se apropriar ou não da experimentação remota em suas aulas. E, conseqüentemente, definem a relação esforço/benefício que atribuem para o uso desse recurso educacional no processo de ensino e aprendizagem.

Entretanto, no decorrer da pesquisa, nossa tese sofreu modificações em razão dos resultados. Por isso, hoje defendemos a seguinte **tese**: as concepções dos professores sobre atividades didáticas experimentais, assim como as suas necessidades e a cultura escolar são fatores determinantes para a adoção ou não da experimentação remota em suas aulas.

Então, todo o nosso esforço passou a se concentrar na confirmação ou não dessa nova tese.

Esperamos que os resultados deste trabalho possam contribuir para o desenvolvimento e disseminação da experimentação remota. Pois, consideramos que esse tipo de recurso didático pode favorecer o processo de ensino-aprendizagem de física, dando oportunidades para que alunos e professores da educação básica tenham acesso a equipamentos que dificilmente seriam adquiridos pelas escolas públicas. Assim como apontam diversas pesquisas, também consideramos que as atividades didáticas experimentais são essenciais para o desenvolvimento do pensamento científico.

Em nosso percurso na busca das respostas, escolhemos a Entrevista Compreensiva do sociólogo Jean-Claude Kaufmann como referencial teórico-metodológico.

Apesar do nome indicar que se trata de uma entrevista, o termo composto já indica que não se trata de uma entrevista qualquer e, além disso, ela é só uma das etapas do processo.

Esse referencial apresenta uma metodologia qualitativa, para um contexto social, que busca uma produção teórica por meio da análise *compreensiva* das entrevistas. Dessa forma, o autor orienta, por exemplo, na escolha dos atores sociais, no roteiro e condução das entrevistas, na investigação e interpretação do material e na escrita do constructo teórico. As ideias básicas da Entrevista Compreensiva serão apresentadas neste documento.

Como poderá ser percebido no decorrer dessa tese, nós nos baseamos nas orientações de Kaufmann e, devido a isso, a estrutura do texto é um pouco diferente da convencional. As referências usadas para fundamentar as análises não aparecem em capítulos separados no texto, pois o autor acredita que, nesse tipo de pesquisa, não se deve “acumular o máximo de referências, de autores reconhecidos, utilizados como vínculos pelo simples fato de serem citados [...]”; o ideal é empregar as referências “[...] no momento preciso em que elas são utilizadas em uma demonstração” (KAUFMANN, 2018, p. 56).

Dessa forma, além de ser um elemento de validação, as referências são um instrumento que faz progredir a argumentação (KAUFMANN, 2018).

Nesse sentido, a estrutura desta tese está organizada da seguinte maneira: nessa seção, apresentamos o contexto problemático, o problema investigado e explicitamos a nossa pergunta de pesquisa.

Na seção 1 definimos o conceito de experimentação remota e mostramos como ela está inserida no contexto brasileiro.

Na seção 2 descrevemos nosso percurso teórico-metodológico e como ele pode nos levar à formulação de uma teoria que explique como emergem os desafios e as possibilidades do uso da experimentação remota para a educação básica.

Na seção 3, A Produção Teórica, apresentamos nossa análise das falas dos professores entrevistados e, concomitantemente, delineamos os elementos da teoria que estamos construindo, sobre os desafios e possibilidades do uso da experimentação remota na educação básica.

Na seção 4, O Horizonte Ampliado, articulamos nossas concepções de possibilidades às dos professores entrevistados e apontamos um horizonte possível para o uso da ER na educação básica.

## 1. EXPERIMENTAÇÃO REMOTA

O contínuo avanço da tecnologia e a maior inclusão social da internet estão gerando novos espaços educativos, permitindo integrar as Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação (TDIC) no processo de ensino-aprendizagem. Como exemplo, pode ser citado o uso de plataformas de gerenciamento de aprendizagem, fóruns virtuais e o desenvolvimento de blogs, tanto no ensino presencial quanto a distância, os quais possibilitam a expansão do tempo e do lugar para a ocorrência da aprendizagem (ARGUEDAS-MATARRITA; CONCARI; MARCHISIO, 2017).

Nesse contexto, surgem os laboratórios de experimentação remota<sup>6</sup> (ou *WebLabs*) que reúnem diversos equipamentos fisicamente reais e possibilitam o desenvolvimento de práticas experimentais por meio de dispositivos com acesso à internet. Representam, desta forma, uma evolução no conceito de inclusão digital, permitindo que alunos e professores acessem equipamentos instalados, geralmente, em laboratórios de instituições de ensino superior, alguns deles complexos e relativamente caros.

O SBBT (*Second Best to Being There*), na Universidade de Oregon State e colocado em operação em 1995, é reconhecido como o primeiro laboratório remoto do mundo. O SBBT teve por objetivo possibilitar que alunos controlassem remotamente um braço robótico. O recurso tecnológico foi utilizado na disciplina de engenharia de controle (BOHUS, et al. 1995).

No Brasil, o primeiro uso do termo "laboratório remoto" em trabalhos acadêmicos, segundo o Google Acadêmico, surgiu em 1998, na dissertação de mestrado de Queiroz (1998). O autor, entretanto, justificou sua preferência pelo uso do termo "laboratório virtual" ao invés de "laboratório remoto" em todo o seu texto.

De acordo com nossa pesquisa no Google<sup>7</sup>, um dos primeiros usos da nomenclatura "*remote experiment*" parece ter sido feito por Andreae, Lafore e Kirsten (1968) em um trabalho que propunha o projeto e uso de um sistema de aquisição e análise de dados de experimentos de pesquisa em física de alta energia do Lawrence Radiation Laboratory, na Universidade da Califórnia.

---

<sup>6</sup> É importante salientar que os experimentos remotos diferem das simulações de experimentos. Estas últimas simulam o comportamento de sistemas físicos reais (experimentos) em que o usuário envia comandos para a simulação e os dados obtidos são previamente programados.

<sup>7</sup> Nessa pesquisa, preferimos usar o buscador do Google, devido ao fato de que os diversos buscadores acadêmicos, testados por nós, não se mostraram eficientes na busca de termos compostos. Percebemos que, muitos trabalhos importantes não eram relacionados na busca.

Por outro lado, uma das primeiras menções desse termo na educação pode ser atribuída à Bohus (1996), na sua dissertação de mestrado em ciência da computação, na Universidade de Oregon. Seu trabalho tratava da implementação de laboratórios de experimentos remotos para o ensino de engenharia de controle.

Em 1997 o Laboratório de Experimentação Remota (RExLab), da UFSC, apresentou o projeto homônimo, que permitia ao usuário rodar um programa para o microcontrolador 8051, desenvolvido no laboratório. Tratava-se de um laboratório para complementar o ensino de microcontroladores onde o aluno que estudava o microcontrolador 8051. Este é considerado o primeiro laboratório remoto do RExLab e foi citado e utilizado como exemplo no livro *Programming and Customizing the 8051 Microcontroller*, de Myke Predko, publicado em 1999.

Embora a ideia básica fosse a mesma do laboratório remoto, a denominação "experimentação remota" no Brasil foi citada apenas em 1999, nos trabalhos de Wisintainer (1999), Guerrero (1999), Füchter (1999), Paldês (1999) e Klitzke (1999). Os três primeiros constituíram dissertações de mestrado, todas defendidas na Universidade Federal de Santa Catarina. O trabalho de Paldês também foi uma dissertação de mestrado, mas defendida na Universidade Católica de Brasília. O de Klitzke (1999) foi um trabalho de conclusão do curso de ciências da computação da Universidade Regional de Blumenau.

Somente em 2001 apareceu o primeiro uso da nomenclatura "experimento remoto", na dissertação de mestrado de Mendes (2001). O autor apresentava uma avaliação da aplicação dos laboratórios de experimentos tecnológicos virtuais e das principais ferramentas de simulação de ensaios tecnológicos, aplicáveis, em especial, no ensino a distância.

Desse breve relato histórico da origem da experimentação remota (ER) no Brasil, constata-se que 57% dos trabalhos pioneiros tiveram sua origem na UFSC. Essa instituição possui, atualmente, o Laboratório de Experimentação Remota - RExLab, com o maior repositório de experimentos remotos livremente acessíveis do país.

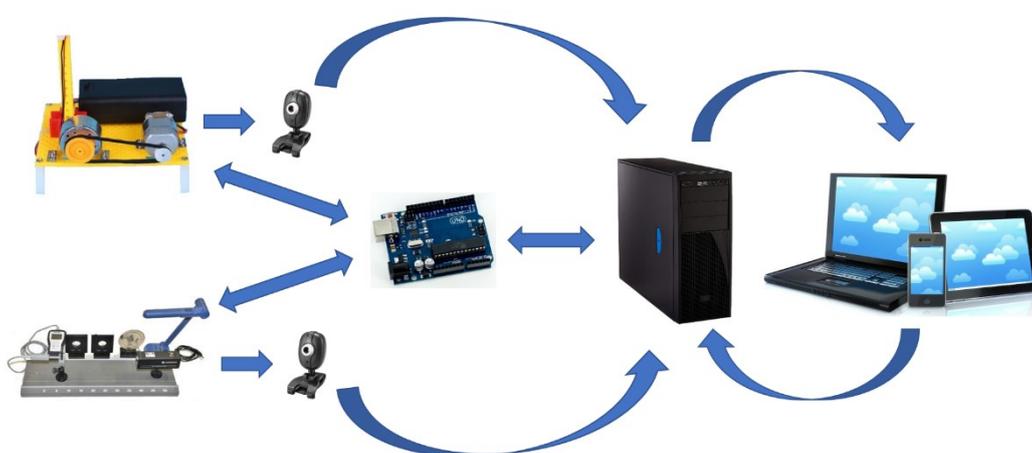
O RExLab foi criado em abril de 1997 e já desenvolvia, na década de 90, o primeiro experimento remoto para dar suporte aos processos de ensino e aprendizagem em programação computacional (NICOLETE, 2016). Segundo Nicolete (2016), os alunos podiam acessar um microcontrolador 8051 pela internet

e realizar experiências de programação em linguagens BASIC e FORTH sem precisar dispor daquele componente.

O RExLab também disponibiliza experimentos remotos para o ensino e aprendizagem de física, o que significa possibilitar o acesso de escolas a práticas experimentais nessa disciplina.

De forma geral, os laboratórios remotos de física oferecem acesso a equipamentos, bancadas e experimentos do laboratório que permitem aos usuários buscar informações no mundo real a partir de um computador ou dispositivo móvel (*smartphone* ou *tablet*) com acesso à internet (Figura 2).

**Figura 2** - Esquema de um laboratório de experimentação remota



Fonte: A autora.

Basicamente, o usuário pode acessar o servidor do laboratório de experimentação remota pela internet, por meio do qual é possível observar e enviar comandos ao experimento e receber informações (dados) do mesmo. Esses comandos são ações do tipo ligar ou desligar o experimento, ajustar diferenças de potencial e/ou corrente elétrica, acender ou desligar dispositivos luminosos, acionar motores etc. As informações recebidas são, por exemplo, imagens de webcam do fenômeno físico em tempo real e valores das grandezas físicas mensuráveis.

A interface programável possui basicamente duas funções: interpretar o comando do usuário para que ele seja executado no aparato experimental e interpretar os dados provenientes dos experimentos para que o servidor web possa repassar ao usuário.

Dessa forma, o usuário poderá acessar o laboratório remoto de qualquer lugar e em qualquer momento. Este fato se constitui em uma das principais vantagens do laboratório remoto em relação ao laboratório presencial, por permitir aos usuários uma maior liberdade para a organização do seu tempo de estudo e de uso do experimento.

Segundo Zúbia e Alves (2012),

Quando os laboratórios são acessados on-line, os alunos podem (potencialmente) envolver-se em aprendizado a qualquer momento e em qualquer lugar que tenham acesso à internet, em oposição a atividades práticas presenciais [com os chamados experimentos *hands-on*] que dependem dos horários em que os laboratórios estão abertos e dos funcionários disponíveis. Esse acesso ampliado abre as portas para atividades que podem levar mais tempo do que um horário típico de uma aula prática presencial [...]. (ZÚBIA; ALVES (2012, p. 12, tradução nossa)

Porém, não temos o intuito de sugerir que a experimentação remota substitua as aulas práticas presenciais, ou mesmo os laboratórios virtuais que usam simulações, como o *PhET Interactive Simulations* (CU BOULDER, 2020), mas buscar uma integração com essas atividades e, também, com outras tecnologias digitais, como as realidades aumentada e virtual imersiva (TAKAHASHI E CARDOSO, 2020, p. 153).

A ER possui vantagens e desvantagens em relação à experimentação presencial (*hands-on*) e à simulação computacional (TAKAHASHI; CARDOSO, 2020, p. 154), conforme apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2 - Principais diferenças entre a experimentação *hands-on*, a experimentação remota e a experimentação simulada computacionalmente.**

Experimentação <i>hands-on</i>	Experimentação remota	Experimentação simulada computacionalmente
Demanda a existência de um laboratório de ciências em cada escola	Não demanda a existência de laboratório de ciências na escola	Não demanda a existência de laboratório de ciências na escola
Os objetos que compõem o aparato experimental são fisicamente reais.	Os objetos que compõem o aparato experimental são fisicamente reais.	Os objetos que compõem o aparato experimental são virtuais.

<b>Experimentação <i>hands-on</i></b>	<b>Experimentação remota</b>	<b>Experimentação simulada computacionalmente</b>
O usuário manipula diretamente o aparato experimental real.	O usuário manipula o aparato experimental real de forma indireta, por meio de um dispositivo digital conectado à internet.	O usuário manipula diretamente o aparato experimental virtual, por meio de um dispositivo digital.
O grau de interação do usuário com o aparato experimental real (possibilidades de manuseio) é, em princípio, ilimitado.	O grau de interação do usuário com o aparato experimental real (possibilidades de manuseio) é limitado pelo sistema de controle e de comunicação construídos.	O grau de interação do usuário com o aparato experimental virtual (possibilidades de manuseio) é estipulado na programação.
O tempo de interação do usuário com o aparato experimental real é limitado pelo tempo de acesso ao laboratório.	O tempo de interação do usuário com o aparato experimental real é, em princípio, ilimitado.	O tempo de interação do usuário com o aparato experimental virtual é ilimitado.
O acesso ao aparato experimental real é limitado pela possibilidade de acesso ao laboratório.	O acesso ao aparato experimental real é ilimitado.	O acesso ao aparato experimental virtual é ilimitado.
Os resultados de uma ação direta do usuário sobre o aparato experimental não são programados e sempre apresentam incertezas.	Os resultados de uma ação indireta do usuário sobre o artefato real não são programados e sempre apresentam incertezas.	Os resultados de uma ação direta do usuário sobre o artefato podem ser programados para simular incertezas.
A integridade do artefato real diante do manuseio pelo usuário não é totalmente preservada.	A integridade do artefato real diante do manuseio pelo usuário é totalmente preservada.	A integridade do artefato virtual diante do manuseio pelo usuário é totalmente preservada.
A integridade do usuário ao manipular o aparato experimental real não é garantida.	A integridade do usuário ao manipular o aparato experimental real é garantida.	A integridade do usuário ao manipular o aparato experimental virtual é garantida.
O aparato experimental é definido pela empresa que o comercializa e dificilmente sofre (re)adaptações específicas para o seu uso, pois envolve uma produção em massa	O aparato experimental pode ser facilmente (re)adaptado às necessidades do professor, pois não envolve uma produção em massa	O aparato experimental pode ser facilmente (re)adaptado às necessidades do professor, mesmo que envolva uma produção em massa

Fonte: adaptado de Takahashi e Cardoso, 2020.

Pela inspeção do Quadro 2 percebe-se que o experimento remoto, pelo fato de ser produzido, geralmente, em universidades, permite que o seu projeto seja desenvolvido conjuntamente com o professor da educação básica (ou seja, os cursos de licenciatura têm oportunidades para promover uma maior aproximação entre universidade-escola) e admite uma fácil (re)adaptação para satisfazer as necessidades específicas do professor ou da turma de alunos.

Desta forma, a experimentação remota atribui aos educadores a capacidade de tomada de decisão sobre que tipo de experimento gostariam de ter à disposição.

Quando começamos a trabalhar com experimentação remota, decidimos que a melhor forma que poderíamos contribuir com pesquisas na área seria no seu uso em sala de aula. Principalmente, na educação básica, onde existe a maior carência de laboratórios e experimentos de física. Por isso, nosso primeiro trabalho foi um estado da arte com o objetivo de verificar como esses experimentos estavam sendo usados e, principalmente, se existia uma preocupação como uma metodologia de ensino apropriada (CARDOSO, TAKAHASHI, 2011).

Em 2010, quando finalizamos o trabalho, percebemos que a maior preocupação demonstrada nos trabalhos encontrados na literatura ainda estava relacionada ao desenvolvimento dos experimentos remotos, tanto no tocante ao *hardware*, quanto aos processos de interação do usuário com os experimentos remotos (*software*). Além disso, o foco da maioria dos trabalhos era desenvolver e implementar esses experimentos no ensino superior (CARDOSO; TAKAHASHI, 2011).

Por isso, nessa pesquisa, atualizamos esses dados aqui no Brasil, realizamos uma busca e fizemos uma breve análise de artigos, teses e dissertações que abordam o tema.

Primeiramente, realizamos uma busca no Banco de Teses e Dissertações da Capes com os termos “experimentação remota”, “experimento remoto”, “laboratório remoto”, e “*weblab*” e encontramos 111 trabalhos.

Em nossa análise preliminar, excluímos 31 desses trabalhos pois o foco não estava relacionado com o uso e desenvolvimento de experimentos remotos para a educação.

Dos 79 trabalhos restantes, 17 não disponibilizam o texto completo para leitura e por isso não conseguimos identificar o foco.

Do restante, que relacionava a ER com a educação, nós identificamos que 1 deles abordava a capacitação de professores, 1 fazia uma revisão da literatura, 43 abordavam sobre pesquisa e desenvolvimento e 18 estavam relacionados à aplicação da ER no ensino. Esses últimos são os trabalhos do nosso interesse, pois estão mais relacionados ao tema dessa pesquisa.

Para complementar essa busca, realizamos o mesmo procedimento no Google Acadêmico e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). No primeiro, nós encontramos mais 2 trabalhos relacionados à aplicação da ER no ensino que não estavam na nossa lista, e na BDTD mais 1.

No Quadro 3 relacionamos os 21 trabalhos que abordam o tema relevante para a nossa análise, apresentando o título, o autor, a instituição, o ano de publicação e tipo de trabalho (D - dissertação ou T - tese). Os trabalhos foram numerados de 1 a 21 e essa numeração será usada como referência no texto subjacente.

**Quadro 3 - Relação dos trabalhos que abordam o uso de experimentos remotos no ensino.**

Nº	Título	Autor	Instituição	Ano	Tipo
1	A utilização da experimentação remota como suporte para ambientes colaborativos de aprendizagem	SILVA, Juarez Bento da	UFSC	2006	T
2	Experimentação remota como suporte a ambientes de aprendizagem de física	PALADINI, Suenoni	UFSC	2008	D
3	Laboratório remoto para ensino de eficiência energética em um sistema de bombeamento de água	LOUREIRO, Igor Bittencourt	UFPA	2009	D
4	Ambiente virtual de aprendizagem integrado a mundo virtual 3D e a experimento remoto aplicados ao tema resistência dos materiais	MARCELINO, Roderval	UFRGS	2010	T
5	LABVAE: uma solução para experimentação de aprendizagem eletrônica	SANTOS, Marcos Pereira dos	UFS	2014	D

Nº	Título	Autor	Instituição	Ano	Tipo
6	Análise do uso de laboratórios de experimentação remota como ferramenta de apoio à aprendizagem	SILVA, Raiane Silveira da	UFT	2015	D
7	A descoberta do elétron como tema gerador de um ensino de física mediado por experimentação remota	CARDOSO, Dayane Carvalho	UFU	2016	D
8	Experimento de física controlado remotamente: uma avaliação sobre processo de ensino e de aprendizagem	SIM, Amira Amaral do	UNESP	2016	D
9	Laboratório remoto de robótica como apoio ao ensino de programação	ALMEIDA, Thais Oliveira	UFAM	2016	D
10	Mundos virtuais 3D integrados à experimentação remota: aplicação no ensino de ciências	ANTONIO, Caroline Porto	UFSC	2016	D
11	Ambiente colaborativa para ensino de aprendizagem de programação integrando laboratório remoto de robótica	LOPES, Maisa Soares dos Santos	UFBA	2017	T
12	Aprendizagem Ativa por meio da experimentação remota: um estudo da calorimetria	RODRIGUES, Lorena Barbosa	UFU	2017	D
13	Ensino de física por meio de atividades de ensino investigativo e experimentais de astronomia no ensino médio	ASSENSO, Rafael	UFABC	2017	D
14	Integração de tecnologia no ensino de física na educação básica: um estudo de caso utilizando a experimentação remota móvel	HECK, Carine	UFSC	2017	D
15	Portal de experimentação via web baseado no Moodle	MURAKAMI, Gilberto Eiiti	ITA	2017	T

Nº	Título	Autor	Instituição	Ano	Tipo
16	Implantação de laboratório remoto em disciplinas do curso de engenharia elétrica	LIMA, Ester Maria Vaz Miranda	UCP	2018	D
17	O uso de laboratórios remotos no ensino de física na educação básica: estudo de caso em escola da rede pública	CHITUNGO, Herculano Henriques Chingu	UFSC	2018	D
18	Potencialidades e limitações de laboratórios remotos: um estudo a partir de Bachelard	RIBEIRO, Ney Candido da Silva	UNIFEI	2018	D
19	Avaliação do Weblab como alternativa viável para aquisição de dados em experimentos de ciências no ensino médio e ensino superior	SANTOS, Thiago Pavan dos	ITA	2019	D
20	Desenvolvimento de atividades experimentais para uso de laboratório remoto no ensino da biologia em escolas públicas	LEIZER-GATT, Ana Carolina	UNICAMP	2019	D
21	Experimentação remota como suporte no ensino e aprendizagem de ciências e biologia	FARIA, Rafael César Bolleli	UNICAMP	2019	T

Fonte: a autora.

Nessa relação de trabalhos identificamos 5 teses e 16 dissertações, sendo que o número de trabalhos foi maior nos últimos três anos (2016-2019), com 14 trabalhos publicados nesse período. Isso indica, que as pesquisas sobre o tema estão aumentando.

Outra informação relevante é que a instituição que possui o maior número de trabalhos é a UFSC. Eles possuem diversos trabalhos na área e exploram diversos temas relacionados e/ou integrados à ER. Também, consideramos importante verificar nesses trabalhos é o nível de ensino considerado como público-alvo.

No Quadro 4 apresentamos a associação dos trabalhos com cada nível de ensino, colocando o nível de ensino na coluna da esquerda e os trabalhos

correspondentes na coluna da direita. Os trabalhos podem ser identificados a partir de seus números estabelecidos no Quadro 3.

**Quadro 4 - Associação dos trabalhos que abordam a ER no ensino com o nível de ensino do seu público-alvo.**

<b>Nível de Ensino</b>	<b>Numeração dos Trabalhos</b>
Ensino Fundamental	9, 10, 21.
Ensino Médio	2, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 17, 18,19, 20, 21.
Ensino Superior	1, 3, 4, 5, 11, 16, 19, 21.

Fonte: a autora.

A partir dos dados do Quadro 4, percebemos que a preocupação em desenvolver experimentos para a educação básica aumentou em relação ao nosso estudo anterior (CARDOSO, TAKAHASHI, 2011). Consideramos esse aspecto muito importante, devido ao fato discutido anteriormente, de que a educação básica ainda possui uma carência muito grande de laboratórios experimentais e atividades didáticas experimentais.

Dos trabalhos observados, não encontramos contribuições relacionados aos desafios e possibilidades para o uso da experimentação remota por professores de física da educação básica no Brasil. Os trabalhos que avaliam os desafios e possibilidades se concentram mais nos aspectos da infraestrutura, viabilidade e usabilidade.

Além disso, verificamos também que, dentre os trabalhos que possui como público-alvo a educação básica, em 10 são usados experimentos de física, em 3 de ciência e/ou biologia, em 1 de astronomia e em 1 de programação. Os trabalhos do ensino superior são 19 com experimentos de computação e/ou engenharia, 1 de física e 1 de biologia.

Por último, fizemos uma análise em relação ao foco dos trabalhos (Quadro 5). Dividimos os trabalhos em duas categorias:

- Validação e avaliação do(s) experimento(s) remoto(s) e/ou ambiente virtual. Nesses trabalhos, os experimentos remotos são desenvolvidos, geralmente, pelo próprio autor ou pelo grupo de pesquisa do qual o autor é integrante. O principal objetivo desses

trabalhos é avaliar aspectos relacionados ao produto desenvolvido, que pode ser, por exemplo, a usabilidade, o ambiente virtual associado, o desempenho do aparato experimental e/ou o potencial de aprendizagem com o uso da ER.

- Aplicação e avaliação de uma sequência ou metodologia didática. Esses trabalhos têm uma maior preocupação na forma de inserir a ER em sala de aula. O principal objetivo é desenvolver, aplicar e avaliar uma metodologia ou uma sequência didática com o uso dos experimentos remotos.

**Quadro 5** - Relação dos trabalhos quanto ao seu foco principal.

FOCO	TRABALHOS
Validação e avaliação do(s) experimento(s) remoto(s) e/ou ambiente virtual	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 21.
Aplicação e avaliação de uma sequência ou metodologia didática	7, 12, 13, 14, 20.

Fonte: A autora.

Identificamos que 16 trabalhos versam sobre validação e avaliação do(s) experimento(s) remoto(s) e/ou ambiente virtual e apenas 5 sobre aplicação e avaliação de uma sequência ou metodologia didática.

De forma geral, considerando todos os trabalhos encontrados, o foco da maioria deles é a apresentação da arquitetura dos experimentos remotos (*hardware e software*) e a validação e avaliação dos mesmos. Poucos autores se preocupam com a construção de um desenho pedagógico para inserir os experimentos remotos em sala de aula, relacionando uma metodologia de ensino adequada para o desenvolvimento da aprendizagem com o uso de experimentos.

Além das buscas de teses e dissertações, fizemos uma busca no Google Acadêmico com os mesmos termos usados na busca anterior e encontramos 109 artigos científicos. Porém, apenas 12 deles tinham como foco o uso da ER no ensino e aprendizagem.

O Quadro 6 relaciona esses artigos. A numeração será utilizada para referências posteriores.

**Quadro 6 - Relação de artigos científicos que abordam o uso de ER no ensino e/ou aprendizagem.**

<b>Nº</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>AUTORES</b>	<b>PUBLICAÇÃO</b>	<b>ANO</b>
1	A utilização do ambiente weblab no ensino médio utilizando objetos de aprendizagem reais interativos – estudo de caso plano inclinado automatizado	SIEVERS Jr., F.; GERMANO, J. S. E.; ALMEIDA, F.	XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (2009)	2009
2	Implementação de um laboratório de acesso remoto como apoio às aulas da disciplina de redes de computadores em uma universidade pública brasileira	CARVALHO F. S.; FRIEDLAENDER, G. M. S.; CARVALHO, H. A.	Book of Proceedings – Tourism and Management Studies International Conference Algarve 2012 vol.1	2013
3	Laboratório remoto como suporte ao ensino e pesquisa na área de qualidade da energia elétrica	MORAIS, E. V.; OLIVEIRA, L. C. O.; OLIVEIRA, R. A. N., BOVOLATO, L. F.; ORIGA, M. A.	VIII International Conference on Engineering and Computer Education	2013
4	Possibilidades e limitações relacionadas ao uso de um experimento remoto em uma abordagem investigativa	CARDOSO, D. C.; TAKAHASHI E. K.; OLIVEIRA, T. M.	X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC	2015
5	Laboratório remoto para estudo de circuitos elétricos: um estudo comparativo	MONTEIRO, M. A. A.; SIM, A. A.; MESQUITA, L.	X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC	2015
6	Experiência de integração da experimentação remota no ensino de física do ensino médio: percepção dos alunos	HECK, C.; COELHO, K. S.; SIMÃO, J. P. S.; SILVA, I. N.; SILVA, J. B.; BILESSIMO, S. M. S.	CINTED-UFRGS Novas Tecnologias na Educação	2016
7	Contribuições de uma sequência didática com uso de um experimento remoto para o ensino de física	CARDOSO, D. C.; TAKAHASHI, E. K.	XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC	2017

<b>Nº</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>AUTORES</b>	<b>PUBLICAÇÃO</b>	<b>ANO</b>
8	O processo de inserção do ambiente virtual de aprendizagem e da experimentação remota no ensino de física do ensino médio	COELHO, K. S.; HECK, C.; SILVA, J. B.; BILESSIMO, S. M. S.	I Simpósio Ibero-Americano de Tecnologias Educacionais - SITED 2017	2017
9	O uso de experimentos remotos como ferramentas pedagógicas para educação ambiental no ensino médio	TOMAZ, R.; CANTO, J. Z.; LOTTHAMMER, K. S.; SILVA, J. B.	I Simpósio Ibero-Americano de Tecnologias Educacionais - SITED 2017	2017
10	Um estudo comparativo sobre o experimento remoto como ferramenta de aprendizagem	SIM, A. A.; MONTEIRO, M. A. A.	CIET: EnPED (Congresso Internacional de Educação e Tecnologias / Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância)	2018
11	Estudo exploratório sobre realidade aumentada e laboratório remoto no ensino de física	NICOLETE, P. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. T.; CRISTIANO, M. A., TAROUCO, L. M. R.; VILA, E.; SILVA, J. B.	CINTED-UFRGS	2019
12	Estudo comparativo de um experimento de eletrodinâmica: laboratório tradicional x laboratório remoto	VILELA, D. C.; GERMANO, J. S. E.; MONTEIRO, M. A. A.; CARVALHO, S. I. J.	Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 41, nº 4,	2019

Fonte: a autora.

A partir do Quadro 6, vimos que, dos 12 artigos, 11 foram publicados em anais de evento e apenas um em periódico científico. Além disso, o número de trabalhos começou a aumentar a partir de 2013. Antes disso, encontramos apenas um trabalho. Considerando que a ER no Brasil começou em 1999, consideramos esse um número ainda muito pequeno para a quantidade de artigos sobre o tema até 2013.

No Quadro 7 identificamos os artigos quanto ao nível de ensino considerado como público-alvo nos artigos.

**Quadro 7- Associação dos artigos que abordam a ER no ensino com o nível de ensino do seu público-alvo.**

NÍVEL DE ENSINO	NUMERAÇÃO DOS ARTIGOS
Ensino Fundamental	Nenhum
Ensino Médio	1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.
Ensino Superior	2, 3.

Fonte: A autora.

Assim, como visto nas teses e dissertações, percebemos que a preocupação em desenvolver experimentos para a educação básica também aumentou em relação ao nosso estudo anterior (CARDOSO, TAKAHASHI, 2011). Além disso, vimos que 9 desses artigos trataram de experimentos para a disciplina de física, 1 de biologia e 2 de computação e/ou engenharia.

Da mesma forma que nas teses e dissertações, a grande maioria dos experimentos desenvolvidos para educação básica são para a disciplina de física.

No Quadro 8 classificamos os artigos de acordo com o foco principal, da mesma forma como fizemos no Quadro 5 para as teses e dissertações.

**Quadro 8 - Relação dos artigos quanto ao seu foco principal.**

FOCO	ARTIGOS
Validação e avaliação do(s) experimento(s) remoto(s) e/ou ambiente virtual	1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12.
Aplicação e avaliação de uma sequência ou metodologia didática	4, 7, 8, 9.

Fonte: a Autora.

Analogamente ao que foi percebido no caso das teses e dissertações, o número de artigos que focam a validação e avaliação do(s) experimento(s) remoto(s) e/ou ambiente virtual é muito maior do que aqueles que abordam a aplicação e avaliação de uma sequência ou metodologia didática.

Além disso, dos 109 artigos que encontramos em nossa busca, 57 referiam-se à apresentação e/ou ao desenvolvimento dos experimentos e/ou à plataforma de acesso aos mesmos.

Consideramos que os temas relacionados ao desenvolvimento dos experimentos são de fundamental importância e são necessárias cada vez mais pesquisas para a construção de mais e melhores experimentos remotos e trazer

melhorias aos existentes. Porém, também é fundamental pensar nos professores que vão usar esses experimentos em sala de aula.

São necessárias pesquisas que indiquem como fazer melhor uso didático desses recursos, para que o professor tenha exemplos de como utilizar adequadamente cada experimento remoto e se sinta seguro em utilizá-lo.

Tornam-se fundamentais pesquisas que discutam metodologias de ensino apropriadas para cada experimento, apresentando possibilidades didáticas com fundamentação nas teorias de aprendizagens contemporâneas, mostrando alternativas ao professor para a definição de objetivos e estratégias de aprendizagem e de avaliação, assim como, apresentando formatos diferentes de aulas e de espaços de aprendizagem com uso de atividades didáticas experimentais.

Deve-se considerar que não há a tradição de aulas experimentais na educação básica, o que significa que, diferentemente das aulas teóricas expositivas de física, o professor necessita de muita orientação e formação para atuar nesse tipo de aula.

A experimentação remota, no Brasil, existe há mais de 20 anos e, mesmo assim, ainda é pouco conhecida e usada pelos professores. Esse fato, aliado ao panorama apresentado na análise que fizemos das teses, dissertações e artigos, justificam a nossa pesquisa, que busca identificar os fatores que podem influenciar na decisão dos professores em usar ou não a ER. Dessa forma, buscamos contribuir com caminhos para novas pesquisas e com a disseminação do uso pedagógico da ER.

Na próxima seção, descremos nosso percurso-teórico metodológico, com a apresentação do referencial que utilizamos para fundamentar a investigação.

## 2. PERCURSO TEÓRICO-METODOLÓGICO

Procuramos um referencial teórico-metodológico que contemplasse a procura da resposta à nossa pergunta de pesquisa, que fizesse uso da entrevista enquanto técnica de coleta de dados e que fornecesse uma sustentação para as nossas análises. Nessa busca, nos deparamos com a Entrevista Compreensiva de Jean-Claude Kaufmann, sociólogo francês e diretor de pesquisa do CNRS (*Centre National de la Recherche Scientifique*).

Kaufmann (2018), em seu livro, *A Entrevista compreensiva: Um guia para pesquisa de campo* (Título original: *L'Entretien Compréhensif*, edição de 1996) apresenta um método de pesquisa qualitativa de campo, que visa uma produção teórica a partir dos dados, por um viés “compreensivo”, “[...] isto é, quando a intropatia é apenas um instrumento visando uma explicação [...]” (KAUFMANN, 2018, p. 28), com o objetivo de compreender os sentidos dados pelos entrevistados às suas ações.

Oliveira (2015) nos apresenta o autor e sua obra, ao fazer a resenha do citado livro:

Embasado em sua vasta experiência de pesquisa, [...] bem como em um amplo referencial bibliográfico, com o qual estabelece intenso diálogo, o sociólogo francês discute [...] questões cruciais do cotidiano de todos os que se aventuram a compreender profundamente a ótica dos sujeitos acerca de problemas e hipóteses levantados pelas pesquisas em Ciências Sociais, e reflete sobre temas e problemas que permeiam a prática dos iniciantes, mas também dos já experientes pesquisadores da vida humana em sociedade” (OLIVEIRA, 2015, p. 991).

Podemos dizer que a descoberta desse referencial ocorreu de uma forma inesperada. Nós não tínhamos nenhum conhecimento relacionado a esse referencial ou a outros tipos de pesquisas do tipo compreensiva.

Porém, nosso laboratório de pesquisa possui uma pequena biblioteca, com diversos livros sobre pesquisa qualitativa, e o livro do Kaufmann estava entre eles.

Em um dos dias em que ainda nos preocupávamos com a metodologia de coleta e análise dos dados da pesquisa, encontramos o livro e nos encantamos por ele, pois consideramos que a proposta de Kaufmann atendia todas as nossas expectativas e contemplava nossa investigação em todos os sentidos.

Além de trazer uma abordagem detalhada e diferenciada sobre a questão da entrevista nas pesquisas qualitativas, o autor não restringia a entrevista unicamente

à coleta de dados, mas também a incluía como parte fundante da própria formulação teórica do problema analisado. Nessa concepção, não faz sentido a adoção de um referencial teórico *a priori*, pois a base da Entrevista Compreensiva é justamente a construção dessa teoria, sustentada pelos dados da entrevista.

Nesse contexto, o autor fornece indicações de todo o processo de investigação, como por exemplo: como escolher a amostra; como produzir o roteiro de perguntas; como conduzir as entrevistas, ou seja, os cuidados necessários para conseguir com que o entrevistado fale; qual o papel do entrevistador; como investigar o material; como produzir a teoria e como redigir o texto final.

Assim, estudamos diversos textos relacionados ao assunto (SILVA, 2006; FERREIRA, 2014; ANGELO, 2015; OLIVEIRA, 2015) e teses que utilizaram a Entrevista Compreensiva (OLIVEIRA, 2011; CAVALCANTI, 2018; SANTOS, 2016; NASCIMENTO, 2018; PAIXÃO 2015; QUEIROGA, 2017). Com esse embasamento, estruturamos nossa investigação conforme nossa assimilação desse conteúdo.

Dessa forma, em sequência, apresentamos os aspectos da Entrevista Compreensiva que consideramos relevantes para a compreensão da nossa investigação.

Primeiramente, escrevemos sobre a Entrevista Compreensiva e suas principais características. Em seguida, fazemos uma descrição do contexto envolvendo as entrevistas, posteriormente, abordamos sobre a investigação do material e, por último, descrevemos os professores entrevistados.

## **2.1 Entrevista Compreensiva**

A Entrevista Compreensiva (KAUFMANN, 2018) nos orientou durante todo o percurso percorrido para buscar respostas às nossas questões.

Ela é considerada um método de trabalho que faz uso da entrevista como instrumento chave da pesquisa e que inverte as fases da construção do objeto. Nessa vertente, o trabalho de campo não é mais “uma instância de verificação de uma problemática preestabelecida, mas o ponto de partida desta problematização” (KAUFMANN, 2018, p.44).

Embora as pesquisas usualmente objetivem comprovar hipóteses e teorias já formuladas, a Entrevista Compreensiva rompe essa tradição. Ela intenta compreender situações derivadas do campo de pesquisa que estão “incorporadas nas falas, nas expressões repetidas pelos atores sociais para explicarem suas

práticas e demonstradas em diversas atitudes dos entrevistados” (KAUFMANN, p.13).

Assim,

[...] o objeto é construído gradualmente, através de uma elaboração teórica que progride diariamente, a partir de hipóteses forjadas no campo. O resultado é uma teoria particular, friccionada ao concreto, que só emerge lentamente a partir dos dados. Aquilo que Anselm Strauss (1992) chama de *Grounded Theory*, a teoria vinda de baixo, fundada nos fatos. (KAUFMANN, P.45)

Esse tipo de procedimento, que faz uso da Teoria Fundamentada (*Grounded Theory*), popularizada por Anselm Strauss (1992), visa uma produção teórica a partir de uma articulação entre dados e hipóteses, ou seja, o objeto de estudo é desvelado pouco a pouco em uma relação estreita entre os dados provenientes do campo de pesquisa e as hipóteses. Nas palavras de Kaufmann (2018),

O objetivo principal do método é a produção da teoria, de acordo com a exigência formulada por Norbert Elias: uma articulação tão fina quanto possível entre dados e hipóteses, uma formulação de hipóteses tão criativa quanto enraizada nos fatos. Mas uma formulação que vem de baixo, do campo [...] (KAUFMANN, 2018, p. 28)

Em linhas gerais, para as ciências sociais, a teoria se refere aos modelos de explicação causal dos fenômenos sociais. Teoria, segundo Strauss e Corbin (2008),

[...] denota um conjunto de categorias bem desenvolvidas que são sistematicamente inter-relacionadas através de declarações de relação para formar uma estrutura teórica que explique alguns fenômenos relevantes sociais, psicológicos, educacionais, de enfermagem ou outros” (STRAUSS, A.; CORBIN, 2008, p. 35).

Porém,

Teorizar é um trabalho que implica não apenas conceber ou intuir ideias (conceitos), mas também formular essas ideias em um esquema lógico, sistemático e explanatório (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 34).

Um dos diferenciais desse tipo de método, tal qual a Entrevista Compreensiva, é que ele não assume uma fundamentação teórica específica a *priori*, produzindo uma inversão na ordem dos procedimentos, mas sem separação das fases. Ou seja, nesse tipo de método as hipóteses e a teoria não precedem o

trabalho de campo; as hipóteses surgem no campo e a teoria é fundada nos fatos (KAUFMANN, 2018). Dessa forma, “A originalidade da teoria fundada sobre os fatos é que a descoberta e a justificativa estão intimamente e continuamente imbricadas” (KAUFMANN, 2018, p. 50)

Conforme Kaufmann (2018),

Na teoria clássica, todos os conceitos assinalados e extenuados são situados no mesmo nível, o mais abstrato. Os fatos concretos, as estatísticas e os trechos de entrevistas comparecem apenas enquanto testemunhos, ilustrações em segundo plano, apoios da argumentação. Eles não são considerados enquanto elementos intrínsecos da argumentação da obra; como o são na teoria fundada sobre os fatos (KAUFMANN, 2018, p. 132).

A ideia de Kaufmann é que o trabalho de campo “deixe de ser abordado majoritariamente como uma instância de verificação da teoria para se tornar o lócus de seu nascedouro, o ponto de partida da problematização teórica sugerida pelos fatos” (KAUFMANN, P.14).

Dessa forma, consideramos que um tipo de investigação que tem por base uma teoria fundada sobre fatos pode ser muito valioso em nossa pesquisa, pois amplia as possibilidades para a descoberta do novo. Assim, os dados não são usados apenas para comprovar teorias elaboradas previamente, mas são um instrumento para a elaboração das teorias.

O método de coleta de dados abordado é a entrevista, porém, o autor ressalta que muitas das suas técnicas se contrapõem aos princípios habituais dos métodos de entrevista, como por exemplo, no que se refere à amostra e neutralidade.

Por isso, ele se opõe à “industrialização da produção de dados”, com dados cada vez mais numerosos obtidos por técnicas impessoais, produzidos de forma industrial, característico da “sociedade da informação”. Ele defende a pesquisa de vocação teórica, “[...] que é fundamentalmente uma desconstrução/reconstrução que transforma nosso olhar sobre aquilo que nos cerca” (KAUFMANN, 2018, p. 32).

Além disso, em uma entrevista,

[...] mesmo tentando normatizar procedimentos, não há possibilidade de eliminar eventuais ‘fatores perturbadores’ na situação social que uma entrevista envolve. Este entendimento implica renunciar às reivindicações de neutralidade dos dados

obtidos através da entrevista, e reconhecer que o respectivo processo de validação passa pela contextualização das situações sociais em que são produzidos (FERREIRA, 2014, p.984).

Kaufmann critica alguns métodos tradicionais de recolha e análise de dados, o que ele chama de investigação especializada, que compila e escolhe os dados, produzidos em escala industrial. Para ele, “produzir dados e divulgá-los com uma interpretação rudimentar parece, portanto, ter se tornado uma profissão próspera” (KAUFMANN, 2018, p.32). Nesse contexto, dois elementos caracterizam esse tipo de pesquisa:

O primeiro é o de responder a critérios da produção industrial: os homens são intercambiáveis, as técnicas impessoais, o funcionamento coletivo. O segundo é a protelação da sofisticação das ferramentas, sendo que a técnica vem se tornando o instrumento de objetivação científica em detrimento da teoria. Percebida como contrária à neutralidade necessária para a objetividade, a interpretação é reduzida ao mínimo. O essencial do esforço se concentra na técnica metodológica até que se produza uma verdadeira obsessão do método pelo método, artificialmente separado da elaboração teórica (KAUFMANN, 2018, p. 32).

Assim, geralmente, a teoria é produzida no início da pesquisa sob a forma de modelo e a entrevista é um instrumento de recolha de dados e verificação das hipóteses. O roteiro da entrevista é padronizado, a condução da entrevista deve ocorrer de forma impessoal, sendo que a neutralidade do pesquisador é desejada. Entretanto, a Entrevista Compreensiva se “opõe radicalmente a esta atitude epistemológica e os respectivos procedimentos operativos” (FERREIRA, 2014, p. 990).

A proposta da entrevista do tipo compreensivo pressupõe um saber-fazer mais pessoal, decorrente do envolvimento do pesquisador. Contudo, deve haver um grau de formalização e de sistematização. Dessa forma, essa proposta é mais do que uma lógica de demonstração e ilustração de teorias previamente construídas. Ela é promotora de uma lógica de criatividade e de descoberta científica, pois, a Entrevista Compreensiva “procura produzir novas preposições teóricas, através de uma articulação estreita contínua entre o processo de recolha de dados e o processo de formulação de hipóteses” (FERREIRA, 2014, p. 981)

Por isso, em nosso trabalho, como ponto de partida, nós começamos com algumas hipóteses proveniente da nossa experiência com o tema e, no decorrer do

trabalho de campo, ou seja, das entrevistas, das escutas e das interpretações do material, essas hipóteses foram se modificando e novas hipóteses foram surgindo.

A verificação das hipóteses e a formulação de um constructo teórico foram ocorrendo durante todo o processo de escuta e interpretação do material. A busca e o estudo dos referenciais teóricos que se prestariam para fundamentar nossa construção teórica ocorreram durante todo o processo de interpretação do material, da formulação das hipóteses e da escrita do texto final.

Para o autor,

O ideal é [...] empregar apenas referências adaptadas, no momento preciso em que elas são utilizadas em uma demonstração. A referência é um elemento de validação, mas ela deve, sempre que possível, ser utilizada ao mesmo tempo como um instrumento que faz progredir a argumentação [...] (KAUFMANN, 2018, p. 56).

Desta forma, o resultado de todo esse processo é uma teoria fundamentada nos dados coletados, o que é conhecido como uma Teoria Fundamentada, ou *Grounded Theory* (KAUFMANN, 2018)

Não podemos afirmar que, nesse trabalho, utilizamos a Entrevista Compreensiva na íntegra. Não temos essa pretensão, especialmente porque tangenciamos aspectos psicossociais que não fazem parte da nossa formação e não são, portanto, de nosso domínio. Entretanto, nossa investigação foi inspirada e fundamentada a partir das orientações de Kaufmann (2018). Como o próprio autor diz, “A metodologia só pode ser transmitida como um saber explícito em pequenas doses: o melhor tratado sempre fornecerá apenas alguns instrumentos. Nada substitui a experiência” (KAUFMANN, 2018, p. 183).

Kaufmann (2018) também orienta sobre a escolha da amostra, a formulação do guia para as entrevistas, sobre a condução das entrevistas para obter respostas mais comprometidas, sobre a investigação do material e sobre a escrita final. Na próxima seção, relatamos como foi a construção do no guia de perguntas e uma breve descrição da condução das entrevistas.

Fizemos as entrevistas com seis professores de física atuantes em escolas da educação básica de Uberlândia. Desses professores, cinco tiveram algum tipo de contato com a experimentação remota. A descrição de cada professor, bem como os motivos que nos levaram a convidá-los para participar da pesquisa está um pouco mais adiante.

## 2.2 As Entrevistas

Na Entrevista Compreensiva,

A entrevista já não é necessariamente concebida como uma técnica neutra, estandarizada e impessoal de recolha de informação, mas como resultado de uma composição (social e discursiva) a duas (por vezes mais) vozes em diálogo recíproco a partir das posições que ambos os interlocutores ocupam na situação específica (de interrogador e respondente), dando lugar a um campo de possibilidades de improvisação substancialmente alargado quer nas questões levantadas, quer nas respostas dadas (FERREIRA, 2014, p. 982).

Kaufmann adverte que toda entrevista “é de uma riqueza profunda e de uma complexidade infinita, cuja compreensão total é estritamente impensável” (KAUFMANN, 2018, p. 40).

Para a elaboração do roteiro e a condução das entrevistas fomos guiados pelas orientações de Kaufmann (2018), dentro do contexto da Entrevista Compreensiva.

Inicialmente, antes de conhecer a Entrevista Compreensiva, já havíamos elaborado um roteiro para conduzir as entrevistas, que consistia em um número expressivo de perguntas. Entretanto, se tivesse sido colocado em prática, provavelmente, teria sido executado de forma cansativa para os interlocutores, o que resultaria em respostas superficiais. Contudo, pouco tempo antes de começar essas entrevistas, tomamos conhecimento do livro de Kaufmann, o que nos fez reelaborar nossa estratégia.

Para Kaufmann (2018), a grade de perguntas é um simples guia flexível, que tem o intuito de fazer os interlocutores falarem sobre um tema, “sendo que seu ideal é o de estabelecer uma dinâmica de conversação mais rica do que a simples respostas às perguntas [...]” (KAUFMANN, 2018, p.75).

É importante que essa grade seja construída com uma sequência de perguntas lógicas e coerentes, sendo que, “as primeiras perguntas têm uma importância particular, pois elas dão o tom” (KAUFMANN, 2018, p.76), uma vez que,

[...] o informante dispõe de referências fornecidas pelas suas primeiras respostas, que fixam rapidamente um quadro e diminuem a incerteza. Ao contrário, no início, tudo está aberto, o que pode ser proveitoso para perguntar logo de saída uma questão central, testar o que está na cabeça antes que guias de respostas sejam fornecidas (KAUFMANN, 2018, p.76).

Dessa forma, depois de muito estudo e reflexão, conseguimos sintetizar nossas questões e reelaborá-las de forma a contemplar nossos objetivos. Apresentamos a grade de perguntas no Quadro 9, que consiste nas questões que serviram como um guia para a execução das entrevistas e os respectivos objetivos relacionados a cada questão.

**Quadro 9 – Grade de perguntas**

N°	PERGUNTAS	OBJETIVOS
1	O que você acha que um experimento remoto deveria possuir para que seu uso fosse rotineiro no ensino de física?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar as concepções sobre atividades didáticas experimentais.</li> <li>- Identificar as possibilidades para a experimentação remota.</li> </ul>
2	Como você utilizaria um experimento remoto?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar as concepções sobre atividades didáticas experimentais.</li> <li>- Identificar as possibilidades para a experimentação remota.</li> </ul>
3	Quais suportes seriam necessários para você usar experimentação remota?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar as possibilidades para a experimentação remota.</li> <li>- Identificar os desafios para o uso da experimentação remota.</li> <li>- Identificar as necessidades dos professores em relação às atividades didáticas experimentais.</li> </ul>
4	Quais seriam os desafios para você passar a usar a experimentação remota?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar os desafios para o uso da experimentação remota.</li> </ul>
5	Como foram as suas experiências com atividades didáticas experimentais enquanto aluno(a)? E enquanto professor(a)?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar as concepções sobre atividades didáticas experimentais.</li> <li>- Identificar as possibilidades para a experimentação remota.</li> <li>- Identificar os desafios para o uso da experimentação remota.</li> </ul>
6	Como foram as suas experiências com tecnologias digitais enquanto aluno(a)? E enquanto professor(a)?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar as possibilidades para a experimentação remota.</li> <li>- Identificar os desafios para o uso da experimentação remota.</li> </ul>

Fonte: A autora.

Essa grade de perguntas foi usada para nortear as conversas com os professores. Em vários momentos das entrevistas nós fizemos perguntas adicionais de acordo com o que os professores foram apresentando. Nem todas as perguntas

foram necessárias em todas as entrevistas, pois, no decorrer da conversa, os professores respondiam as questões antes de terem sido verbalizadas; dessa forma, algumas questões foram suprimidas e outras foram elaboradas com objetivo de esclarecer o assunto explorado no momento.

Segundo Ferreira (2014),

O trabalho de campo para que é convocada não se resume à mera aplicação de um guião prévio. Embora este deva existir – contendo os tópicos orientadores da entrevista, priorizando as dimensões de análise mais relevantes, e controlando o que é periférico em função da problemática que se pretende elucidar ao longo da pesquisa –, o guião deverá funcionar apenas como instrumento-guia para fazer falar os sujeitos acerca do que importa pesquisar, demonstrando-se suficientemente plástico para, na sua aplicação, ativar um diálogo mais rico do que a simples resposta a questões (FERREIRA, 2014, p. 990).

Procuramos identificar, também, o que os professores entrevistados pensam sobre as concepções, opiniões e comportamentos de seus pares em relação ao uso de atividades didáticas experimentais, tecnologias digitais e a adoção da experimentação remota. Essa estratégia, chamada por Kaufmann (2018, p.112) de “explicação indireta”, tem o intuito de fazer o entrevistado “falar de si através do que se diz dos outros”. Para esse autor,

A explicação indireta situa-se em todos os graus. Por vezes, o discurso sobre o outro é um pretexto para falar apenas de si, por vezes trata-se realmente dos outros, com apenas um toque de identificação pessoal. Cabe ao pesquisador julgar para avaliar o grau de implicação pessoal (KAUFMANN, 2018, p. 112).

Além disso, a diversidade das informações que emergem das falas é importante para nossa pesquisa, de tal forma que possa contemplar um dos nossos objetivos futuros, que é desenvolver a experimentação remota para atender as expectativas de professores para que seja possível a disseminação desse recurso e estratégia didática.

Sobre a condução das entrevistas, Kaufmann (2018) sugere que a hierarquia deve ser evitada. Quando essa há uma hierarquia na interação

[...] o entrevistado se submete ao entrevistador, aceitando suas categorias e bem comportado espera a pergunta seguinte. O objetivo da entrevista compreensiva é quebrar essa hierarquia, o

tom que se deve buscar é muito mais próximo de uma conversa entre dois indivíduos iguais do que aquele do questionário administrado de cima para baixo (KAUFMANN, 2018, p. 79).

Por esse motivo, em nossas entrevistas, tentamos criar um ambiente que fosse mais agradável e menos formal. Por isso, pedimos que os professores escolhessem o melhor local para realizar a entrevista e, com exceção de uma única entrevista, nós desenvolvemos nossas conversas em um espaço de convivência, situado em uma área externa do campus da universidade rodeada por árvores e ao som do canto de pássaros.

Oferecemos um lanche para os professores e enquanto conversávamos sobre os temas previamente elaborados, nos deliciávamos com suco, pão de queijo, bolos etc.

Nem todos os professores saborearam os lanches, pois não previmos que alguns teriam restrições alimentares devido a dietas. Mas, mesmo assim, acreditamos que conseguimos atingir nosso objetivo, que era configurar a entrevista como uma conversa.

O fato de termos usado as estratégias sugeridas por Kaufmann (2018), como, por exemplo, empatia, envolvimento e humor, buscando agir com simplicidade, descontração e disponibilidade, provavelmente, auxiliaram nesse processo de interação.

A empatia é uma das questões mais relevantes na condução das entrevistas. É usando dessa estratégia que podemos conseguir respostas menos superficiais, mais sinceras dos entrevistados, para acessar o “seu sistema de valores, suas categorias operatórias, suas particularidades surpreendentes, suas grandezas e fraquezas” (KAUFMAN, 2018).

É o informante que está em destaque, e o pesquisador deve compreendê-lo através de sua atitude em relação àquele que está diante dele, feita de uma escuta atenta, de uma concentração que demonstre a importância acordada à entrevista, de um ex-tremo interesse para as opiniões expressas, inclusive as mais anódinas ou entranhas, de uma simpatia extrema para com a pessoa interrogada (KAUFMAN, 2018, p.84).

Outro fator que consideramos e que auxiliou muito na condução das entrevistas é o fato de conhecermos os professores entrevistados. Por esse motivo, a conversa fluiu bem, foi bastante agradável e percebemos que todos estávamos

confortáveis nesses momentos. Eles também se mostraram muito receptivos em colaborar com nossa pesquisa. Durante a conversa inicial, nós tentamos mostrar aos professores a importância das respostas e da opinião deles.

Na seção 2.4 apresentaremos os critérios que consideramos para selecionar os professores, assim como a descrição de cada um.

Um fato que devemos considerar é que somos seres permeáveis aos acontecimentos que nos passam e que nos afetam de diferentes maneiras. Reagimos conforme a constituição do nosso tecido sensível de percepção aos acontecimentos naquele momento. Isso nos reconstrói como pessoas, nos faz ser o que somos naquele momento e refaz permanentemente nosso próprio tecido de percepções.

Nesse sentido, somos seres subjetivamente provisórios, pois somos diferentes a cada instante; nunca sentimos a mesma coisa perante acontecimentos semelhantes.

Entretanto, essa conformação provisória de nós mesmos é tratada internamente, de tal forma que procuramos produzir a imagem do que somos para o outro de forma controlada, na maior parte do tempo. Essa postura de autoproteção ou autopreservação se reforça quando desejamos ter alguma segurança quanto à nossa aceitação social.

Isto é, cuidamos para que a revelação do que somos esteja de acordo com o que permitimos ou queremos e essa revelação é mediada pelo que esperamos socialmente.

Utilizaremos o termo subjetividade aparente para designar essa imagem autoconstruída de nossa subjetividade. Mas nem sempre conseguimos ou nos importamos em manter essa auto vigilância sobre como desejaríamos ser vistos ou interpretados.

Situações de convivência cotidiana com as mesmas pessoas, por exemplo, afrouxam nossa auto vigilância e permitem que sejamos vistos para além da nossa capa de auto blindagem.

Quando nos sentimos seguros de nossa aceitação social, ou inversamente, quando não nos importa tal aceitação e nos permitimos ser espontâneos, relaxamos a superfície de blindagem e nos permitimos nos revelar para além da nossa construção idealizada de nós mesmos.

Entretanto, como essas decisões são subjetivas, não é garantido ao outro saber quando e quanto isso ocorre.

A escuta sensível, a observação cuidadosa e seletiva, a convivência com o outro podem revelar esses fragmentos ocultos da personalidade.

Assim, no caso de pesquisas qualitativas que utilizam entrevistas como instrumentos de coleta de dados para se identificar representações de subjetividades, esses aspectos devem ser considerados, para que as análises não sejam fortemente comprometidas pelas autoimagens deliberadamente construídas pelos entrevistados.

Respostas a entrevistas com amigos, colegas e conhecidos que tenham compartilhado vivências, situações, acontecimentos comuns aos do entrevistador, tendem a apresentar maior flexibilidade na proteção da personalidade do entrevistado. Portanto, podem garantir melhores condições de fidedignidade no discurso. Isto é, o distanciamento entre a subjetividade aparente e a subjetividade do entrevistado torna-se menor.

Entrevistas com pessoas fora desses contextos necessitam de análises mais cuidadosas para se buscar no silenciamento, no não dito, ou no dito sem ser perguntado, as evidências de subjetividade não aparente.

Essas ponderações também justificam as escolhas realizadas para as nossas entrevistas.

O áudio de todas as entrevistas foi gravado, por segurança, em dois dispositivos diferentes.

Em seguida descreveremos como foi desenvolvida a investigação do material para construir nossa teoria.

### **2.3 A Investigação do Material**

A etapa inicial da investigação começa logo que o pesquisador contempla todo o material e decide tratar seu conteúdo com o objetivo de construir um texto sociológico.

O resultado, ou seja, a construção teórica, não depende do simples conteúdo das entrevistas, mas da capacidade analítica do investigador. Dessa forma, a análise não consiste em extrair o que está nas gravações e ordenar, “[...] é preciso fazer os fatos falarem, encontrar indícios, se interrogar a respeito da mínima frase” (KAUFMANN, 2018, p. 119).

Um dos instrumentos utilizados para investigar o material é o chamado “plano evolutivo”, que serve como um fio condutor que auxilia na orientação da investigação.

Esse plano é composto por um encadeamento de ideias centrais que não nos permite ser sufocado pelo material ou pela emergência das hipóteses. Esse fio condutor, além de orientar o investigador na análise dos dados, dá base para a argumentação narrativa. O plano evolui junto com a pesquisa e com o surgimento de novas hipóteses. Assim, ele é reestruturado na medida em que surge algo novo, que possa ser articulado a outras questões/hipóteses, criando encadeamentos (KAUFMANN, 2018).

Nosso primeiro plano foi elaborado simultaneamente à grade de perguntas. Ele foi composto, inicialmente, pelas hipóteses que nortearam a construção da referida grade.

A partir da análise do material, o plano foi evoluindo, se transformando e fundamentando nossa argumentação para a construção da narrativa.

Outro instrumento necessário são as “fichas de interpretação”. Elas são construídas a partir das escutas do material gravado e “são tanto um instrumento de fabricação da teoria quanto um instrumento de recolhimento de dados” (KAUFMANN, 2018, p.127).

Kaufman (2018) argumenta que, “durante a análise de conteúdo, a interpretação do material não é evitada, mas ao contrário, constitui o elemento decisivo” (KAUFMANN, p. 40).

Além disso, para a análise desse material, Kaufmann (2018) defende que, no contexto da Entrevista Compreensiva, não é desejável que se faça a transcrição integral das entrevistas, pois,

A transcrição integral transforma a natureza do material de base, que se torna texto escrito, mais concentrado na linguagem; o que é ideal para um tratamento simplificado dos dados, mas não para conduzir uma investigação aprofundada, que necessita da disposição do máximo de índices possíveis. A oralidade me parece infinitamente mais rica e complexa: os ritmos, as entonações e os silêncios são comentários do texto que podem mudar seu sentido. A oralidade é também mais viva, ela permite um acesso mais direto à emoção e um mergulho mais íntimo na história de vida (KAUFMANN, 2018, p. 123).

A construção das nossas fichas de interpretação se deu a partir das escutas das entrevistas. Por meio das audições, fomos anotando o que nos chamava a atenção em relação às possibilidades e desafios do uso da experimentação remota, explícitos e implícitos, na fala dos entrevistados. Essas anotações consistiam nas transcrições das falas importantes, relacionadas com nosso objeto de estudo, ou na descrição do acontecimento ou situação. Além disso, abaixo de cada fala, anotávamos um comentário que versava, principalmente, em reflexões e indagações acerca da fala.

A partir da primeira escuta, fomos elaborando as primeiras hipóteses que emergiram do material e, além disso, algumas hipóteses que foram elaboradas antes das entrevistas foram tomando corpo e sendo transformadas.

São as hipóteses e os conceitos continuamente atualizados e aperfeiçoados que permitem este avanço. A fabricação da teoria não é, portanto, apenas um objetivo final, ela representa um instrumento muito concreto de trabalho, que permite ir além do conteúdo aparente e dar volume ao objeto (KAUFMANN, 2018, p. 119).

Assim que as hipóteses foram surgindo, fizemos estudos, em paralelo, de referenciais teóricos que nos auxiliaram na compreensão do material e na elaboração da teoria.

Após a primeira escuta, fizemos a reorganização das fichas por temas e a reestruturação dos planos evolutivos. Os novos formatos dos planos evolutivos deram base para a análise das escutas posteriores. Nesse contexto, a teoria foi lentamente emergindo dos fatos.

Em sequência, discutimos a definição dos sujeitos da pesquisa e o perfil de cada um.

## **2.4 Os Professores Entrevistados**

Escolhemos esse momento para falar sobre os professores que entrevistamos, pois, a descrição de cada um, para o nosso caso, dependia da investigação do material, ou seja, precisávamos, por exemplo, tentar compreendê-los, identificar as condições da produção do discurso e os valores e valorações dos

professores no contexto da pesquisa. Esse entendimento foi importante para a busca do sentido das ações dos professores relacionadas ao uso da ER.

Para a escolha dos professores que seriam entrevistados, tivemos preferência por professores da educação básica que já tinham utilizado a experimentação remota como recurso didático, ou que apenas a conheciam. Acreditamos que esses professores poderiam contribuir de forma mais significativa para os resultados dessa pesquisa. Entretanto, também escolhemos um professor que não tinha conhecimento algum da experimentação remota, com o intuito de identificar outros desafios e possibilidades acerca do uso desse recurso didático, devido ao fato desse professor ainda não ter uma opinião pré-formada em relação a ele.

Para Kaufmann (2018), em uma pesquisa qualitativa, uma amostra não necessita ser representativa. Apesar de ele não considerar o termo amostra o ideal para ser usado nesse tipo de pesquisa, ele o usa devido ao fato de ser amplamente utilizado. Porém, “em uma ótica qualitativa, ele é mal adaptado, pois ele carrega em si a ideia da representatividade e da estabilidade. Na entrevista compreensiva, mais do que construir uma amostra, trata-se de escolher bem seus informantes” (KAUFMANN, 2018, p.74)

Apesar da amostra ser pequena, o conhecimento advindo da interpretação das entrevistas pode ser, de certa forma, generalizado pois, “o indivíduo pode ser considerado uma concentração do mundo social: ele contém em si toda a sociedade de sua época de forma particular” (KAUFMANN, 2018, p.74).

A descrição que fizemos de cada entrevistado teve por base as informações coletadas com eles, o currículo Lattes de cada um e as nossas impressões a partir das entrevistas.

O nome de cada professor foi substituído por pseudônimos para preservar o seu anonimato, assegurando a privacidade deles. Além disso, tomamos o cuidado de não disponibilizar informações que poderiam violar o anonimato. Todos os 6 professores aceitaram participar da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Na substituição dos nomes dos professores usamos nomes de cientistas famosos para prestigiar os participantes da pesquisa, que se dispuseram a participar e que foram fundamentais para esse trabalho.

### **2.4.1 Lise Meitner**

A Professora Lise Meitner concluiu a licenciatura em física em 2012, porém, começou a dar aulas de física em 2011 e, atualmente, é professora da educação básica de uma escola estadual.

Em suas aulas no ensino médio ela gosta de realizar atividades diferenciadas que promovam o envolvimento dos alunos, como a construção de experimentos de baixo custo pelos alunos, atividades experimentais no laboratório didático etc. e, além disso, ela considera que sua aula é o tipo de aula “*showzinho*”; ela conta piadas e faz brincadeiras com os alunos com o objetivo de despertar a atenção dos alunos. Ela acredita que “*aula mesmo é só para atrair o aluno*” e que o aluno aprende por ele mesmo. Dessa forma, ela desenvolve atividades com o intuito de estimular seus alunos para a aprendizagem de física.

Apesar da professora Lise Meitner não possuir resistências para desenvolver atividades diferenciadas que possam despertar o interesse dos alunos, ela não gosta de usar tecnologias digitais para o ensino e não acredita em metodologias mais contemporâneas, como, por exemplo, o ensino por investigação. De acordo com a professora, os alunos “*já têm aquela coisa enraizada neles [...], de ganhar tudo*”, ou seja, ela acredita que os alunos estão muito acostumados com as aulas tradicionais, em que o professor “transmite” o conteúdo, assim como todas as orientações necessárias para o desenvolvimento de atividades didáticas experimentais. Dessa forma, a professora parece acreditar que a aceitação de outros tipos de metodologias é mais difícil por parte dos alunos.

Lise Meitner já fez uma aplicação da experimentação remota com algumas turmas do ensino médio da escola estadual em que atua como professora. Entretanto, após essa aplicação ela não voltou a utilizar esse recurso e, por isso, resolvemos investigar os motivos disso, para possível contribuição para a nossa pesquisa.

Durante a aplicação realizada pela professora, o experimento remoto escolhido apresentou alguns problemas e desafios, o que ocasionou na mudança da estratégia adotada pela professora. A partir dessa experiência, a professora identificou aspectos positivos e negativos em relação à atividade. Entretanto, ela acredita que “*o laboratório físico ainda é mais atrativo para eles [alunos]*”.

#### **2.4.2 Elizabeth Blackwell**

A professora Elizabeth Blackwell conclui o curso de licenciatura em física em 2002, concluiu o mestrado profissional em ensino de ciências e matemática em 2016, começou a dar aulas de física em 2000, atuou como professora da rede estadual por 16 anos e atualmente é professora concursada de um Instituto Federal e ministra aulas de física para o ensino médio.

Elizabeth Blackwell considera que não possui habilidades pessoais para manipular experimentos de física. Ela diz que possui “*duas mãos esquerdas*”, porém, sempre trabalha atividades didáticas experimentais. Em relação a isso, ela mencionou o seguinte: “*Eu não posso privar o meu aluno porque eu sou assim!*”. Nas atividades que desenvolve, os alunos devem pesquisar na internet e montar experimentos de baixo custo e, em algumas situações, os alunos levam os experimentos para a escola e explicam a montagem e o fenômeno observado para o restante da turma, ou a professora solicita que os alunos construam um vídeo com as mesmas explicações. Neste último caso, o vídeo fica disponível para que todos possam acessar e a professora faz a avaliação posteriormente.

Apesar de a professora considerar que o “*bom aluno*” não precisa desse tipo de atividades, pois ele não precisa de uma motivação para querer aprender, ela acredita que essas atividades são muito importantes para os alunos mais desinteressados. Elizabeth Blackwell acredita que essas atividades têm o potencial de atrair os alunos e despertar o interesse para a aprendizagem de física e, além disso, o uso de experimentos pode “*fazer eles [os alunos] enxergarem que a ciência é algo que acontece de fato. Não ficar só no plano das ideias*”.

Além disso, Elizabeth Blackwell percebe que o ensino de física tem “*problemas*” e, por isso, “*se a gente quer conseguir um novo resultado a gente tem que tentar uma nova experiência*”. Por isso, acha que é importante adotar novos recursos ou estratégias para ensinar.

Em relação à possível adoção da experimentação remota, considera que: “[*A estratégia de utilização*] *depende da gente conseguir envolver os estudantes*”. Ela considera esse envolvimento importante, por isso, os novos recursos ou estratégias didáticas precisam ter esse potencial de envolvimento para que ela incorpore em suas aulas.

A professora gosta de utilizar tecnologias para incrementar suas atividades, usa simulações de física com o objetivo de despertar o interesse dos alunos e mostrar como ocorrem alguns fenômenos físicos; também utiliza outros recursos tecnológicos como vídeos, aplicativos, celulares, *datashow*, computadores etc.

### **2.4.3 Max Planck**

O professor Max Planck concluiu a licenciatura em física em 2006, fez mestrado e doutorado na área de física teórica na França, tendo concluído seu doutorado em 2011. Apesar de ter feito licenciatura em física e iniciação científica em ensino de física, ele mudou de área na pós-graduação e hoje atua como professor no ensino superior e no ensino médio em uma escola estadual desde 2016.

Max Planck não costuma utilizar atividades didáticas experimentais em suas aulas. Como o número de aulas de física na educação básica é muito pequeno para trabalhar o conteúdo exigido, ele acredita que é muito difícil conseguir “*gastar uma aula*” para desenvolver outros tipos de atividades, pois, correria o risco de não conseguir cumprir todo o conteúdo. Porém, ele considera a possibilidade de utilizar a experimentação remota se essa atividade se mostrar valorosa:

*Hoje a aula do professor é muito quadradinha, ele sabe que ele tem que dar um determinado conteúdo, dar exemplo desse conteúdo e vamos passar pro [sic] próximo. Porque a gente não tem tempo pra ficar nisso [desenvolver outros tipos de atividades], então, se mostrar algo [para o professor], se for alguma coisa interessante, que desperte o interesse do aluno, então, eu acho que ele poderia até pular algumas etapas no ensino normal, não precisa fazer tantos exercícios com o aluno.*

Essa fala também evidencia sua preferência por considerar atividades que tenham o potencial em despertar o interesse dos alunos. Mas no geral, suas aulas têm a características das aulas chamadas tradicionais, o que o professor denominou como “*quadradinha*”.

Ele acha muito difícil fazer algo diferente de suas aulas tradicionais, pois existe uma grande dificuldade em conseguir a atenção do aluno: “[...] *chamar a atenção dele é algo que eu não consigo entender ainda como [fazer]*”.

Porém, Max Planck diz que: “[...] mesmo eu não fazendo isso em sala de aula [...]”, ele concebe que “a atividade prática deveria ser para apresentar a teoria, ser para reforçar [o conteúdo]”.

O professor possui um gosto pessoal em relação às tecnologias digitais, tem facilidade em apreender sobre novas tecnologias, porém, praticamente não as utiliza como recurso didático em suas aulas no ensino médio.

#### **2.4.4 Marie Curie**

A professora Marie Curie concluiu a licenciatura em física em 2013, finalizou o mestrado profissional em ensino de ciências e matemática em 2017 e começou a ministrar aulas de física da educação básica em 2011.

A professora sempre realiza atividades didáticas experimentais com materiais de baixo custo com seus alunos e, nessas atividades, ela prefere que os alunos façam a montagem e a manipulação dos experimentos na sala de aula. Em algumas situações, Marie Curie leva os materiais para a montagem dos aparatos experimentais e, em outras, ela solicita que os alunos providenciem esses materiais. Assim, enfatiza que “os alunos manipulando” os experimentos é mais interessante para eles, por isso, prefere que essas atividades sejam mais interativas.

Mostra-se muito aberta para a incorporação de novos recursos didáticos em suas aulas, acredita no potencial desses recursos e sente a necessidade de utilizá-los com seus alunos, devido aos benefícios que acredita proporcionar aos alunos.

Um exemplo disso é o uso de simulações de experimentos. A professora realiza pesquisas e estudos em relação a esses recursos, procura por sugestões de abordagens e os utiliza com frequência.

Marie Curie conhece a experimentação remota porque já desenvolveu atividades com esse recurso em uma turma de uma escola estadual. A aplicação ocorreu apenas uma vez e, por isso, buscamos compreender os motivos da professora não ter optado em utilizá-lo novamente. A sua experiência na utilização da experimentação remota certamente é importante para identificarmos as possibilidades e os desafios para o uso regular desse tipo de atividade na educação básica.

A professora concebe que os experimentos remotos são úteis para serem usados como uma introdução ao conteúdo, “para eles visualizarem a prática antes de trabalhar a teoria”; dessa forma, os alunos poderiam elaborar suas próprias

explicações. Também não descarta a possibilidade de utilizá-los em outros momentos para “reforçar” um conteúdo em que os alunos apresentem muita dificuldade, “*como na cinemática*”, ou para facilitar a aprendizagem de alguns conceitos “*complexos*” como “*formação de imagens em espelhos*”. Marie Curie acredita que “*um experimento que simplesmente reproduzisse um movimento*” poderia ser muito interessante para se trabalhar. Ela parece ter a concepção de que os experimentos servem para ilustrar ou comprovar a teoria. Dessa forma, para a professora, poderia auxiliar na aprendizagem do conteúdo de física.

Além disso, entende que as atividades didáticas experimentais podem ser utilizadas como um exercício de fixação e isso ficou perceptível quando a professora comparou as duas atividades como se fossem similares. Nesse caso, o experimento seria utilizado para calcular alguma grandeza física e verificar a teoria.

Em relação à importância da experimentação para os alunos, Marie Curie considera que o mais relevante é o aluno perceber a aplicação da física no cotidiano: “*Acho que o mais importante é a aplicação*”. Menciona que: “*Quando a gente explica o conteúdo ele fica muito distante do que o aluno vê, sabe? Eu falo para os alunos: ‘Gente, tem física em tudo!’*”. Ela acredita que quando os alunos percebem a física no cotidiano isso “*vai levando eles [sic] a se interessarem*”.

#### **2.4.5 Niels Bohr**

O professor Niels Bohr concluiu a graduação em licenciatura em física em 2013, o mestrado profissional em ensino de ciências e matemática em 2017, ministra aulas de física desde 2012 e atualmente atua no ensino médio em uma escola estadual.

Niels Bohr acredita que o seu lugar é onde ele possa fazer a diferença, por isso não consegue se ver “*fora da escola básica*”. De uma forma ou de outra, a sua pretensão é auxiliar os alunos da educação básica para aprender física. Sente-se sensibilizado com as dificuldades dos alunos porque considera que já passou por essas mesmas dificuldades em relação à física. Por isso, ele procura se aproximar dos alunos quando diz: “*Não fui cativado pela física enquanto eu estudei no ensino médio.*” Além disso, sempre utiliza o seguinte discurso com seus alunos,

*Eu não fui um aluno expert em física e matemática e se vocês falarem pra mim que física é chato e difícil, eu joga no time de vocês*

*[...], eu tenho uma identificação com a dificuldade de vocês.*

O professor acredita que tentar se aproximar dos alunos é importante porque *“eles veem o professor como o detentor do conhecimento”*, por isso, tenta *“baixar o nível”* dele e *“tratá-los de igual para igual”*.

Além disso, sente-se *“incomodado de ensinar essa física medieval”*; alguns alunos o abordam com perguntas de física mais contemporâneas e ele se sente *“preso nessa física de 1600”*. Por isso, sente que tem *“vontade e disposição de fazer diferente, mas sozinho é sufocante”*.

Para Niels Bohr, o contato com um grupo de pesquisa em ensino de física fez diferença para que ele tivesse essa *“abertura”*, pois, de acordo com a sua percepção, *“fazer algo diferente faz mais sentido do que focar em algo tradicional”*.

Em nossa conversa, disse o seguinte:

*O diferente não me dá tanto trabalho do que ficar na sala de aula, porque eu tenho que fazer alguma coisa que eu sei que é chato, que eu ponho eles na posição passiva, que eu sou o semideus ali, o detentor do conhecimento, porque eu tenho que passar pra eles, tenho que verificar aquele conhecimento com uma avaliação [...].*

Apesar de acreditar que *“a forma de ensinar tá errada”* e que *“os métodos têm que mudar”*, não consegue fazer diferente do que considera como o tradicional, em que o professor é o detentor do conhecimento e precisa *“passar”* esse conhecimento para o aluno e avaliar. Pois, *“a forma de fazer essa transposição já tá consagrada [...], experimentar algo novo dá trabalho”*, assim, esse método que considera como consagrado, para ele, *“dá mais segurança”*.

Em relação às atividades didáticas experimentais, o professor contou que tem uma experiência que desenvolve todo ano com os alunos. É a única experiência com a qual trabalha. Ela consiste no estudo do momento linear a partir do choque entre carrinhos de brinquedos. Para a realização da atividade, o professor passa as orientações na sala de aula, entrega o roteiro para os alunos (com questões e procedimentos) e, posteriormente, discute os resultados na sala de aula. Niels Bohr percebe que os alunos se envolvem nessa atividade e acredita que esse tipo de atividade tem o potencial de despertar o interesse dos alunos.

Niels Bohr aplicou a experimentação remota uma vez com suas turmas de 1º ano do ensino médio e a avaliou com a seguinte afirmação: *“Seguramente,*

*seguramente, foi o bimestre mais legal que eu dei desde que eu comecei a dar aula*". Porém, assim como Marie Curie, ele não explorou esse recurso novamente. Por isso, a entrevista com esse professor pôde indicar possibilidades e desafios para o uso da experimentação remota.

#### **2.4.6 Maria Mayer**

A professora Maria Mayer concluiu a graduação em licenciatura em física em 2012, fez mestrado em educação científica e tecnológica, é professora desde 2014 e atualmente ministra aulas de física no ensino médio na rede estadual.

Maria Mayer tem o costume de realizar atividades didáticas experimentais com seus alunos do ensino médio e, geralmente, pede que os alunos construam experimentos de baixo custo, em que os alunos reproduzem modelos de experimentos da internet e apresentam para o restante da turma, explicando o fenômeno e a montagem.

Ela tem preferência por experimentos que estejam mais relacionados com contexto/cotidiano dos alunos e acredita que esse tipo de experimento pode interessar mais os alunos, pois, *"o que eles [alunos] procuram de experimentos... tem que ter um atrativo maior [...], se não, pra eles, não tem graça"*. Dessa forma, segundo a professora, *"[...] trazer elementos do real acaba chamando mais a atenção [dos alunos]"*.

Em relação à experimentação remota, ela acredita que os experimentos deveriam explorar o aspecto da *"motivação [...], tanto por parte do professor quanto pro aluno"*. Além disso, concebe que esses experimentos deveriam ser manipulados pelos alunos, pois, *"quanto mais interativo, melhor"*. Pelo relato da professora, parece que ela prefere atividades em que permite a interação dos alunos com os experimentos devido ao potencial dessas atividades em despertar o interesse dos alunos. Essa concepção, provavelmente, foi construída a partir das atividades didáticas experimentais que desenvolve com os alunos. Dessa forma, Maria Mayer acredita que, quando os alunos interagem e manipulam os experimentos, *"o aprendizado que pode ter dali [...] é melhor"*.

Além das atividades didáticas experimentais construídas pelos alunos, a professora não possui o costume de utilizar outros recursos didáticos, como por exemplo, as tecnologias digitais. Ela permite que os alunos utilizem o celular para

pesquisas, mas não desenvolve nenhuma outra atividade com o uso desses dispositivos.

### 3 A PRODUÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo, apresentamos nossa produção teórica advinda da análise e interpretação dos dados. A escrita desse capítulo foi feita conforme as orientações de Kaufmann (2018), ou seja, sob a forma de uma narração argumentativa.

Conforme Kaufmann (2018), as hipóteses devem ser articuladas produzindo um encadeamento lógico, o que ele denomina como “fio condutor”. Nesse sentido, o “plano evolutivo” tem o objetivo de “estender o fio em torno do qual deverá envolver-se a narração argumentativa”.

Para Kaufmann (2018),

O processo compreensivo apoia-se na convicção de que os homens não são simples agentes portadores de estruturas, mas produtores ativos do social, portanto depositários de um saber importante que deve ser assumido do interior, através do sistema de valores dos indivíduos; ele começa portanto, pela intropatia (KAUFMANN, 2018, p.57).

E foi com esse exercício, de nos colocar no lugar do outro para compreender os sentidos de suas ações, que fizemos a análise e interpretação de todo o material. Consideramos que o fato de termos tido experiências próximas aos dos entrevistados facilitou esse processo de intropatia.

Além disso, na escrita final, devemos evidenciar os encadeamentos e as regularidades presentes nas falas dos entrevistados, pois esses fatores representam a interpretação compreensiva (KAUFMANN, 2018).

As transcrições de trechos das entrevistas apresentadas nesse texto têm o intuito de ilustrar as argumentações e mostrar dados a partir dos quais as hipóteses foram elaboradas.

Para responder à nossa pergunta de pesquisa, que tem o objetivo de identificar os desafios e as possibilidades para a adoção da experimentação remota no ensino de física, na educação básica, subdividimos nossos resultados em três eixos de análise, definidos *a posteriori*: A Finalidades das Atividades Didáticas Experimentais, Inovação e Experimentação Remota e Desejos e Necessidades dos Professores.

Em cada eixo, nós, primeiramente, discutimos os desafios concernentes e, posteriormente, as possibilidades para a superação desses desafios. Nesse trabalho, consideramos como desafios as dificuldades e/ou obstáculos percebidos,

por meio das falas dos professores, para a adoção da ER. Já as possibilidades, consideramos que são possíveis caminhos necessários para que a ER seja usada de fato. As Possibilidades podem representar novos desafios para professores, pesquisadores e instituições de ensino, porém, consideramos que desafios existem sempre e precisam ser identificados e para poderem ser superados, com o intuito de melhorar, nesse caso, as situações de ensino e aprendizagem.

Em nosso texto, apresentamos uma argumentação articulada com trechos das entrevistas e a fundamentação teórica pertinente. Conforme mencionado na metodologia, não partimos de um preceito metodológico consolidado e sim, das falas dos professores entrevistados. A partir delas, buscamos fundamentações teóricas para interpretá-las, dar sustentação e avaliar suas implicações.

No intuito de aprofundarmos as reflexões acerca das respostas dadas pelos professores, também apresentamos outras perspectivas e concepções. A ideia é estabelecer um diálogo mais abrangente sobre cada aspecto exibido e indicar possibilidades para que seja possível a aproximação da experimentação remota e o professor de física.

### **3.1 A Finalidade das Atividades Didáticas Experimentais em Física**

#### ***3.1.1 As Concepções dos Professores***

Com o intuito de investigar os desafios e as possibilidades para o uso da experimentação remota, procuramos identificar, inicialmente, as concepções dos professores sobre atividades didáticas experimentais em física. Consideramos que esse aspecto possui grande influência sobre o problema da pesquisa. Por isso, nossas indagações aos professores foram no sentido de buscar entender como é a relação deles com esse tipo de atividade.

Nessa busca, partimos do pressuposto de que a concepção do professor sobre atividades didáticas experimentais na física seria capaz de indicar a forma como a experimentação remota poderia ser concebida, projetada, desenvolvida e disseminada. E, também, quais suportes deveriam ser oferecidos para que ela fosse efetivamente incorporada ao planejamento do professor, conforme suas expectativas.

Em outras palavras, acreditávamos que, se a experimentação remota atendesse às expectativas dos professores no tocante às práticas experimentais,

seria possível que eles adotassem os experimentos remotos como um recurso didático para o ensino-aprendizagem de física.

Porém, a partir da conversa com esses professores e conforme será discutido mais adiante, percebemos que a concepção deles sobre o ensino de física pode influenciar na decisão de utilizar, ou não, as atividades didáticas experimentais no processo de ensino e aprendizagem.

E, por concordarmos com a ideia de Thompson (1982, *apud* GUIMARÃES, 2010), acreditamos que a concepção que o professor tem da situação ou do contexto que enfrenta, dá origem a expectativas consideravelmente bem estabelecidas em relação às situações que possam advir.

Desta forma, a questão que precede a nossa preocupação com os desafios do uso da experimentação remota é: como os professores podem se sentir atraídos a adotar experimentos remotos regularmente em suas aulas, se o uso de práticas experimentais não for considerado, por eles, como relevante para o cumprimento dos seus objetivos educacionais?

Nesse contexto, e em resposta à pergunta 5 da entrevista, apresentada no Quadro 9, a professora Lise Meitner contou sobre sua vivência quando era aluna da educação básica.

Para ela, a sua aprendizagem ao montar os experimentos nas feiras de ciência das quais participou foi significativa.

Provavelmente, por esse motivo, as atividades didáticas experimentais que ela desenvolve com seus alunos são muito similares às das feiras de ciências. Ela pede que seus alunos pesquisem e montem experimentos da internet que estejam relacionados com o conteúdo de física desenvolvido no momento. Depois, cada grupo de alunos explica para o restante da turma o fenômeno observado e a montagem do aparato experimental.

Possivelmente, a professora Lise Meitner acredita que essa atividade, em que o aluno desenvolve, manipula e interage com o experimento, pode promover uma aprendizagem mais significativa em física, pois funcionou para ela.

Mas, o fato de a professora adotar-se como referência para definir o que acha que deve ou não ensinar merece reflexão: de onde procede tal atitude? Será que ela considera o distanciamento de gerações e os contextos de vidas que a separa dos seus alunos? Essas condições diferentes não estabelecem dificuldades/facilidades de aprendizagem também distintas para as pessoas?

Esse movimento é o oposto da intropatia defendida por Kaufmann (2018), pois ao invés de se colocar no lugar do outro para compreender as coisas segundo uma perspectiva externa à sua, projeta a si nos outros.

Essa transposição de (in)sucesso pessoal na aprendizagem como referência para a sua forma de ensinar não foi um ato exclusivo da profa. Lise Meitner.

Quase todos os professores entrevistados mencionaram que as aulas experimentais da licenciatura em física não foram expressivas para as suas aprendizagens. Eles disseram que, praticamente, não se lembram dessas aulas. Sobre essa questão, a professora Elizabeth Blackwell disse o seguinte: “*Ouso dizer que as atividades experimentais na universidade não foram muito significativas*”.

Porém, quase todos os professores relataram que uma das disciplinas chamou mais à atenção: o Laboratório de física Moderna. Nessa disciplina eram abordados experimentos que eles consideraram mais interessantes e, além disso, foi utilizada uma estratégia de ensino diferente, que os instigavam sobre o fenômeno observado.

No entanto, os professores não conseguiram identificar o motivo de essas aulas terem sido mais atrativas e significativas: se foi por causa do tipo de experimento ou se foi devido à abordagem do professor. Dessa forma, apesar do professor acreditar que a atividade experimental pode proporcionar uma aprendizagem significativa, ele parece não ter identificado esse acontecimento em sua experiência como aluno.

Deve-se considerar que o tipo de metodologia geralmente adotada nas aulas experimentais no ensino superior consiste no professor de laboratório solicitar que o aluno siga um roteiro pré-estabelecido. Segundo o roteiro, o aluno deve descrever os materiais utilizados e proceder conforme estipulado, para coletar os dados, realizar os cálculos, comparar com a previsão teórica e concluir sobre a experimentação realizada. Esse tipo de atividade não exige uma reflexão sobre os procedimentos, não promove autonomia intelectual e pouco agregam à aprendizagem do aluno.

Logo, as falas dos professores mostram um claro indicativo de que esse tipo de metodologia de ensino não funciona e que os cursos de formação de professores também necessitam ser repensados. Não apenas no tocante às suas metodologias, mas também em relação à sua própria estrutura curricular.

A professora Marie Curie, ao se posicionar sobre a metodologia de uso dos experimentos na educação básica, considera que o potencial dessa atividade em despertar o interesse do aluno é maior quando os alunos manipulam os experimentos.

Quando a questionamos sobre quem deveria fazer a manipulação dos experimentos a sua resposta foi a seguinte: “*Os alunos manipulando. Os alunos manipulando, com certeza! [...]. Se você faz um experimento em um laboratório físico, quem manipula é o aluno. Se você manipula e deixa os alunos verem, não vai ter o mesmo interesse*”.

Essa resposta é coerente com os relatos de sua prática, nos quais comentou que, nas atividades que desenvolve com o uso dos experimentos, são sempre os alunos que fazem a manipulação. Ou ela leva materiais de baixo custo e pede aos alunos para fazerem a montagem e observação do fenômeno, ou solicita aos alunos que levem os materiais e que realizem a montagem e a observação na sala de aula.

Contudo, por meio da análise do relato da prática de Marie Curie, não foi possível perceber se ela tem consciência da possibilidade de a atividade experimental viabilizar aprendizagens procedimentais ou atitudinais específicas ao aluno. Seu maior intuito com o uso dessa estratégia didática é envolver os alunos nas atividades propostas.

Ela também não parece considerar que, a depender do objetivo educacional, os experimentos podem ser manipulados pelo professor enquanto os alunos observam. Conforme a situação, essa abordagem é válida para, por exemplo, elucidar alguma explicação durante uma aula teórica.

Deve-se ressaltar que a concepção de aula teórica e aula experimental como atividades independentes faz parte de uma cultura escolar que não considera a possibilidade de imbricação desses espaços formativos. Desta forma, essa possibilidade não faz parte do saber pedagógico dos professores de física, em geral. Mas essa é uma herança da sua formação pregressa.

Para o professor Niels Bohr, a vantagem da atividade experimental para o aluno é que

*Ele [aluno] vai se identificar com ciência, porque não é chato e difícil, igual eu falei nos minutos iniciais, não acho que seja, eu acho que eles veem assim. Vai ser prazeroso, vai ser gostoso de estudar [...], já vai ter mais disposição [...], para as aulas serem mais gostosas. O engajamento do aluno muda, né?! (Niels Bohr)*

Os termos “prazeroso” e “gostoso/as” na fala de Niels Bohr evocam mais do que o interesse ou a curiosidade pela aprendizagem. Ambos se referem à uma sensação ou emoção agradável, um indicador de bem estar.

O prazer de aprender não é a satisfação de algo, mas a satisfação de uma falta, de uma lacuna, conforme bem ilustra Gutiérrez (2007), que o classifica como um prazer desinteressado, puro, sem excesso (GUTIÉRREZ, 2007, p. 253).

Se o prazer é uma sensação, o sujeito deve estar experienciando algo, isto é, ele já deve estar imerso em algum contexto que o toca. Esse pensamento encontra suporte em Larrosa (2002), que afirma que a experiência é aquilo que nos perpassa, nos toca e nos modifica. Nesse caso, a modificação ocorre, fundamentalmente, no estabelecimento do sentimento prazeroso que a experiência de aprendizagem proporcionou ou está proporcionando.

Obviamente, não é apenas a atividade experimental que possui esse poder de dar prazer ao processo de aprendizagem, mas ela também pode potencializar essa sensação.

A fala do Prof. Niels Bohr reforça a hipótese de que o professor pretende engajar os alunos, e as atividades didáticas experimentais podem auxiliar nesse aspecto, se forem prazerosas.

Todos os professores entrevistados possuem a concepção de que as atividades didáticas experimentais têm a capacidade de despertar o interesse dos alunos para a aprendizagem de física.

De acordo com Bzuneck (2010), para alguém se envolver em uma atividade, como uma atividade de aprendizagem, é preciso que suas concepções e expectativas atuem favoravelmente. O que promove a motivação para executar tal atividade é o fato de considerar a atividade prazerosa ou interessante.

Porém, os processos motivacionais do aluno são complexos e nem todo aluno é propenso a atividades práticas, por exemplo. Desta forma, é possível motivar todos os alunos pelo uso da experimentação? Caso negativo, deve-se ignorar a experimentação como estratégia de aprendizagem escolar em razão disso? É possível envolver alunos que não gostam de atividades experimentais na sua formação científica básica?

Bzuneck (2010) considera que é possível utilizar de embelezamentos motivacionais, que são estratégias de ensino para conseguir melhor envolvimento dos alunos nas atividades de aprendizagem. Assim, consideramos que é possível

que tais embelezamentos gerem curiosidade epistemológica (FREIRE, 2017). Esse tipo de curiosidade, aliado às expectativas pessoais de êxito e aos significados e relevâncias que o aluno atribui à atividade escolar, induzem motivação (intrínseca ou extrínseca) para aprender.

Em todo caso, propomos que a intenção deve ser focada na promoção de um trabalho mental persistente, que é o fator que contribui efetivamente para a aprendizagem. Nesse sentido, inferimos da nossa experiência didática que não é qualquer atividade experimental que pode resultar em motivação para a aprendizagem. E ponderamos que não se pode esperar que essa motivação envolva todos os alunos.

A professora Elizabeth Blackwell também manifestou concepção semelhante ao do Prof. Niels Bohr, indicando que concebe um papel fortemente estimulador e motivador das aulas experimentais. Quando a questionamos se ela considera que a experimentação remota seria interessante para os alunos, sua resposta foi: “*Eu tenho certeza que eles [alunos] iriam amar fazer. Talvez fosse até um estímulo a mais para os estudantes*”.

A partir da análise de suas falas, percebemos que ela acredita que esse seja o principal objetivo das atividades didáticas experimentais: estimular o aluno para a aprendizagem do conteúdo de física.

A professora acredita que alunos autônomos e motivados para os estudos não precisam desse tipo de atividade, pois eles não precisam ser estimulados. Percebemos isso quando a questionamos sobre as vantagens das atividades didáticas experimentais para os alunos:

*Eu acho que pra [sic] quem está alheio a tudo, eu acho que já seria um passo importante. Mas quando você pega um estudante que ele busca por ele mesmo, ele já tem curiosidade, ele já faz tudo por conta, não seria grandes coisas. Que eu acho que é o meu caso, eu sempre fui nerd né?! Vamos combinar! Nunca precisei de um motivo para querer estudar. **Então, para mim, esse contato com o experimento não era uma necessidade [...].**” (Elizabeth Blackwell)*

Ou seja, a impressão que temos é que a professora possui uma concepção de que as atividades didáticas experimentais não apresentam o potencial de agregar novas aprendizagens. Nas falas da professora, percebe-se uma grande ênfase ao caráter motivador atribuído à experimentação.

As concepções que Elizabeth Blackwell construiu sobre as atividades didáticas experimentais é que elas possuem um papel educacional periférico, coadjuvante. Esse tipo de concepção certamente não contribui para a adoção de práticas experimentais de física na práxis docente.

Teria sido essa concepção da profa. Elizabeth lhe impingida pela falha metodológica das aulas experimentais de física que os professores já comentaram?

Quantas Elizabeths existirão nas salas de aula das escolas brasileiras? Como fazer com que as Elizabeths vivenciem experiências pessoais que as façam modificar suas concepções e percepções, para terem expectativas que atribuam significado e importância às atividades didáticas experimentais?

O desafio de modificar ou criar concepções de professores para que sejam favoráveis ao uso da experimentação possui forte relação com a ideia de Larrosa (2002). A partir de uma experiência pessoal (des)agradável, é possível desenvolver ou construir concepções e percepções (des)favoráveis a reviver o contexto (des)prazeroso. Mesmo que seja impossível reviver uma experiência, pois não seremos mais os mesmos e o contexto não será percebido da mesma forma por nós.

Para o professor Niels Bohr, por meio da prática é possível compreender melhor o conteúdo conceitual, pois é mais fácil assimilar. Ele acredita que isso é possível “*porque você está **mobilizando mais sentidos** [...]*”.

O professor Max Planck acredita que uma das vantagens das atividades didáticas experimentais é fazer o aluno “*alcançar um nível de aprendizagem muito maior naquele aluno, do que se ele tivesse visto só na teoria [...]. Na prática, ele vai colocar aquilo ali na mente e **nunca mais vai esquecer***”.

A professora Lise Meitner tem essa mesma concepção, e expressa isso quando diz que: “*Eu acho que o que ele aprende com o experimento, ele **nunca mais esquece***”.

Em relação às vantagens das atividades didáticas experimentais, o professor Max Planck mencionou que com o uso de experimentos “*Vai ser **mais simples** para ele [aluno] entender. Às vezes, você entender uma coisa teórica é complicado*”.

Ele parece acreditar que a observação do fenômeno pode facilitar a aprendizagem da teoria. Porém, apesar de o professor ter manifestado essa concepção, ele não possui o costume de utilizar experimentos em suas aulas. Pelo

seu relato, foi possível perceber que é muito raro ele utilizar qualquer outro recurso didático que não seja o livro e a lousa.

Essas falas dos Professores Niels Bohr, Max Planck e Lise Meitner atribuem à atividade experimental a capacidade de facilitar a fixação do conteúdo de aprendizagem na memória do aluno. Neste sentido, a experimentação seria um recurso de significação dos conceitos ensinados. Atuaria como o elemento concreto que atribuiria significado à abstração teórica da física.

Se os professores possuem essa concepção de potência da experimentação na física, por que razão não a utilizam mais frequentemente? Quais seriam as dificuldades para isso? Se as escolas dispusessem de laboratórios de física operacionais, eles seriam utilizados com frequência?

Algumas respostas a estas questões são fornecidas pelos professores em suas falas e serão apresentadas mais adiante.

Ainda sobre as vantagens das atividades didáticas experimentais, a professora Lise Meitner também manifestou uma concepção utilitária e ilustrativa desse recurso: *“Eu acho que você consegue **diminuir o seu trabalho na hora de você fazer o aluno entender alguma coisa. [...] Mais fácil dele entender**”*.

Todas essas concepções estão de acordo com a pesquisa de Laburú (2005), que identificou as concepções de professores de física acerca de experimentos categorizados como instrucionais, que seriam vantajosos

Porque possibilita verificar, ver ou demonstrar, de maneira simples, didática, os conceitos difíceis de entender; porque é fácil de explicar, do aluno aceitar, visualizar e compreender os princípios físicos; porque só a teoria leva à “decoreba”; porque fica mais palpável, menos abstrato, permitindo visualizar como as coisas acontecem, não ficando somente na imaginação e não tendo como os alunos negar (as coisas acontecem da forma como foi falada na teoria, p. ex., quando se verifica a ideia antiintuitiva da imagem atrás do espelho); porque promove o desenvolvimento (dos conceitos) e o aprendizado (inclusive) duradouro [...] (LABURÚ, 2005, p.165).

Percebemos que os professores acreditam que os experimentos didáticos podem auxiliar na aprendizagem de conteúdo de física. Porém, não ressaltam os outros tipos de aprendizagem que podem ser facilitadas, como aprendizagem procedimental e atitudinal, bem como o desenvolvimento de habilidades e competências.

A razão disso pode ser em função do professor desacreditar desse potencial em relação às atividades didáticas experimentais. Ou pode ser por desconhecimento desses fatores. Ou, ainda, por considerar o conteúdo conceitual muito mais relevante, de modo que os outros fatores são colocados em segundo plano.

Além disso, não aparece nas falas dos professores a intenção em usar os experimentos, por exemplo, para a proposição ou testagem de hipóteses. Esses são procedimentos muito específicos das atividades didáticas experimentais e processos centrais de uma investigação científica.

O fato é que a percepção ou conhecimento desse potencial da atividade experimental não é possível de ser desenvolvido autonomamente. São resultados de pesquisas na área educacional e o professor possui pouca ou nenhuma chance de se apropriar deles. Quantos cursos de formação inicial de professores pratica o que ensina? Como e de onde o professor pode aprender essas possibilidades experimentais? Para buscar essas aprendizagens ele já não deve possuir alguma informação acerca do potencial dessas atividades?

Assim, constatamos oportuna uma reflexão acerca do significado da atividade experimental para o ensino de física, à luz dos resultados de pesquisas com os quais concordamos.

Nessa perspectiva, Araújo e Abib (2003) constataram, por intermédio de uma pesquisa sobre os trabalhos que abordam as práticas experimentais, que

[...] há uma ampla gama de possibilidades de uso das atividades experimentais no ensino médio, que vão desde as atividades de verificação de modelos teóricos e de demonstração, geralmente associadas a uma abordagem tradicional de ensino, até a presença já significativa de formas relacionadas a uma visão construtivista de ensino, representadas por atividades de observação e experimentação de natureza investigativa. Entretanto, para que os professores possam lograr sucesso em sua prática pedagógica, acredita-se ser um imperativo que a metodologia experimental adotada seja selecionada tendo em vista quais são os principais objetivos a serem alcançados com a mesma, uma vez que as diferentes modalidades de experimentação tendem a priorizar e facilitar o alcance de diferentes objetivos educacionais, cabendo portanto a quem conduzirá a atividade a escolha mais adequada da mesma, considerando o momento, o contexto e as finalidades pretendidas (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 191).

Ou seja, antes de se desenvolver uma atividade experimental, é de fundamental importância definir os objetivos de aprendizagem conceitual, procedimental e atitudinal da atividade.

Os experimentos podem ser usados de diversas formas, com diversas finalidades, que demandam uma metodologia específica para alcançá-las. Mas, antes disso, é necessário que o professor conheça as potencialidades dessas atividades e, também, as abordagens mais fundamentadas que possibilitem a aprendizagem conceitual, procedimental e atitudinal.

As nossas impressões acerca das concepções dos professores sobre o papel motivador das atividades didáticas experimentais estão em consonância com as conclusões de Zanatta e Leiria (2018),

Existe um consenso de que as práticas experimentais são importantes para a motivação dos alunos e para o bom desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem, como aclarado pelos autores, mas, é relevante lembrar que estas servem para fundamentar a construção do pensamento científico do educando, sendo assim, elas são apenas parte de um processo que vem se mostrando bem complexo (ZANATTA; LEIRIA, 2018, p.143).

Segundo esses autores, o caráter motivador das atividades didáticas experimentais deve ser explorado, “[...] devendo estar presente sempre que possível, como um meio de abrir espaço para discussões, como uma prática didático-pedagógica [...]” (ZANATTA; LEIRIA, 2018, p. 144).

Mas, também se deve lançar mão de outros recursos didáticos que possuam o mesmo potencial motivador e “que se mostre eficiente para promover o diálogo entre o professor e o aluno, no sentido de que ocorra uma negociação de significados e conceitos” (ZANATTA; LEIRIA, 2018, p.144).

É importante considerar que, embora nem todos os alunos se interessem por atividades práticas, é necessário levar em consideração a ponderação de Clement, Terrazan e Nascimento (2003), de que

[...] o interesse dos alunos não poderá ser o único foco de atenção para a determinação das atividades didáticas, pois sempre haverá atividades que possam, numa primeira visão, parecer pouco atraentes para os alunos, embora sejam importantes e essenciais à sua formação. (CLEMENT, TERRAZAN, NASCIMENTO, p.6)

Em todo caso, “[...] torna-se relevante discutir as metodologias didático-pedagógicas empregadas em sua execução” (ZANATTA; LEIRIA, 2018, p.123).

Defendemos que o mais importante é procurar **manter** o aluno motivado, qualquer que seja o recurso educacional utilizado para trabalhar um conteúdo, seja esse conteúdo de natureza conceitual, procedimental ou atitudinal.

Nesse sentido, e de acordo com pesquisadores da área, se as atividades didáticas experimentais são desenvolvidas em uma perspectiva investigativa, elas devem ter como principal objetivo “[...] preparar os alunos para serem pensadores ativos, em busca de respostas” (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p.71). Ou seja, desenvolver no aluno uma atitude mais ativa diante da sua aprendizagem.

Nessa perspectiva, é possível proporcionar, também, a aprendizagem de procedimentos e atitudes, que são tão importantes quanto à aprendizagem de conteúdo (AZEVEDO, 2004).

Blosses define que os objetivos pedagógicos que se procura atingir com essa abordagem são:

Habilidades - de manipular, questionar, investigar, organizar, comunicar;  
Conceitos - por exemplo: hipótese, modelo teórico, categoria taxionômica;  
Habilidades cognitivas - pensamento crítico, solução de problemas, aplicação, síntese;  
Compreensão da natureza da ciência - empreendimento científico, cientistas e como eles trabalham, a existência de uma multiplicidade de métodos científicos, inter-relações entre ciência e tecnologia e entre várias disciplinas científicas;  
Atitudes - por exemplo: curiosidade, interesse, correr risco, objetividade, precisão, perseverança, satisfação, responsabilidade, consenso, colaboração, gostar de ciência. (BLOSSES, 1988 apud AZEVEDO, 2004, p. 24).

Consideramos que esses objetivos estão contemplados nos três tipos de aprendizagem que mencionamos anteriormente. E uma atividade experimental em física, com uma natureza investigativa e não reprodutiva de roteiros pré-fixados, transpassa esses três tipos.

Essa nossa concepção encontra respaldo em Araújo e Abib (2003), os quais enfatizam que, por meio de “propostas de atividades com natureza de investigação percebe-se que é possível alcançar uma vasta gama de diferentes objetivos educacionais [...]”, pois propicia

[...] uma abordagem que seja centrada nos aspectos cognitivos do processo de ensino-aprendizagem, intrínsecos de uma metodologia que busca uma transformação mais profunda nos estudantes, seja ela vinculada aos aspectos conceituais, relacionados aos conteúdos de Física, ou mesmo comportamentais, como a capacidade de reflexão, abstração, generalização, síntese e de senso crítico (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 186).

Outro objetivo de aprendizagem que emergiu a partir das entrevistas com os professores foi o uso das atividades didáticas experimentais em física para ilustrar o conteúdo teórico abordado. Nesse caso, como forma de exemplificação de fenômenos físicos, geralmente, por meio da observação.

Nossa consideração de ilustração do conteúdo refere-se a qualquer atividade em que a ênfase seja demonstrar, reforçar ou exemplificar o conteúdo conceitual, independente de quem esteja realizando a atividade: professor ou aluno.

A ilustração do conteúdo teórico foi explorada tanto nas abordagens em que o professor leva os experimentos ou simulações de experimentos de física, quanto nas abordagens em que o aluno constrói os experimentos a partir de pesquisas na internet.

Nesses casos, e a partir do que percebemos dos relatos das atividades didáticas experimentais propostas pelos professores, os alunos não fazem observações críticas sobre o aparato experimental e seu funcionamento. Também não elaboram e testam hipóteses, não refletem sobre possíveis formas de atuar experimentalmente, não exploram as relações e variação dos parâmetros físicos de forma empírica, não realizam coleta e análise de dados e não são estimulados a realizar uma reflexão retrospectiva crítica, incluindo discussões sobre as idealizações teóricas e os fenômenos reais.

Araújo e Abib (2003) classificam essa forma de uso da experimentação como atividade de demonstração/observação; eles constataram que essa é a modalidade mais utilizada da experimentação como estratégia de ensino de física. Segundo eles,

Provavelmente, a característica mais marcante dessas atividades é a possibilidade de ilustrar alguns aspectos dos fenômenos físicos abordados, tornando-os de alguma forma perceptíveis e com possibilidade de propiciar aos estudantes a elaboração de representações concretas referenciadas (ARAÚJO; ABIB, 2003, p.181).

Os professores entrevistados parecem conceber as atividades didáticas experimentais com essa mesma perspectiva citada por Araújo e Abib (2003).

Percebemos essa concepção em diversos momentos de suas falas: quando contaram sobre como utilizam as atividades didáticas experimentais ou as simulações de experimentos; quando comentaram sobre como utilizariam a experimentação remota e quando deram sugestões de experimentos que poderiam ser construídos remotamente.

Por exemplo, o professor Max Planck mencionou que utiliza as simulações de experimentos com o intuito de exemplificar o conteúdo da matéria. E explicou isso, quando foi questionado sobre em que situações ele as utiliza: “*Durante a aula, quando tem que **dar algum exemplo**, eu não tenho o experimento, aí eu mostro pra ele [aluno]*”.

A professora Elizabeth Blackwell também usa os experimentos com essa abordagem, enfatizando a observação do fenômeno. Ela propõe atividades em que o aluno deve construir os experimentos. Porém, em algumas situações ela leva um experimento para a sala. Em relação a isso, a professora disse o seguinte: “*Quando eu levo [experimentos para a sala] é mais de observação. Não, é só de **observação***” e “*Eu prefiro fazer isso **antes do conteúdo ser explicado** [...]”.* Além disso, ela deixou claro que geralmente faz a manipulação e os alunos só observam.

Araújo e Abib (2003) justificam que,

Em geral, tais atividades demandam um pequeno tempo de realização e podem ser facilmente integradas a uma aula com ênfase expositiva, sendo utilizadas como um fechamento da aula ou como seu ponto de partida, procurando despertar o interesse do aluno para o tema que será abordado. (ARAÚJO; ABIB, 2003, p.182)

Esses aspectos estão de acordo com o perfil da professora Elizabeth Blackwell. Foi possível perceber, a partir da nossa conversa, que ela possui uma abordagem que é mais centrada no professor, com aulas mais expositivas. E que prefere utilizar experimentos para despertar o interesse, pois acredita que, como foi mostrado anteriormente, esse é o principal objetivo para se utilizar experimentos em aulas de física.

Contudo, Araújo e Abib (2003) defendem que,

Para que seja ampliada a eficiência do processo de aprendizagem, acredita-se que estas atividades devam ser conduzidas de modo que seja permitido o questionamento por parte dos alunos, incentivando-os a buscar explicações para os fenômenos estudados, possibilitando assim a elaboração de novas ideias a partir da vivência de situações capazes de propiciar o desenvolvimento de sua capacidade de abstração e de aprendizagem (ARAUJO; ABIB, 2003, p.182).

Além disso, para superar as limitações desse tipo de atividade, “uma vez que essas situações em geral são fechadas e definidas pelo que se quer mostrar [...], é fundamental que essa atividade propicie condições para que haja reflexão e análise dos mesmos (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 182)”.

Dessa forma, concordamos que,

[...] utilizando metodologias que permitam explorar ao máximo cada atividade de demonstração é possível fazer com que estas superem a simples ilustração de um fenômeno e possam contribuir efetivamente para o aprendizado conceitual desejado e para o desenvolvimento de novas habilidades e posturas dos estudantes (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 182).

Portanto, mesmo que o intuito do professor seja utilizar experimentos para ilustrar o conteúdo teórico a partir da observação do fenômeno, é possível, conforme a metodologia, atingir outros objetivos educacionais. Não somente proporcionar o desenvolvimento de aprendizagem conceitual, mas também, de aprendizagem procedimental e atitudinal, para proporcionar o desenvolvimento de novas habilidades e posturas.

Os objetivos de despertar o interesse do aluno, facilitar a aprendizagem de conceitos ou ilustrar o conteúdo teórico abordado, que são, geralmente, utilizados pelos professores como justificativas para o uso de atividades didáticas experimentais, podem ser atingidos sem o emprego da experimentação. Pode-se conseguir esses mesmos objetivos pelo uso de outro tipo de atividade ou recurso didático (jogo, simulação etc.) que demandam um menor esforço de trabalho ou de recursos instrucionais (laboratório, equipamentos, roteiros experimentais etc.).

Outro objetivo educacional para o uso de experimentos que é recorrente entre as falas dos professores foi o de validação ou comprovação da teoria. Muitos professores acreditam que os experimentos possuem essa finalidade (GALIAZZI et al., 2001).

Porém, isso contribui para “[...] manter a hegemonia de uma ciência tida como objetiva, neutra e apoiada em teorias originadas apenas da observação” (SILVA et al., 2009, p.281).

Para Zanatta e Leiria (2018, p.122), essa concepção se refere a um ensino tradicional em que o aluno é considerado “[...] como uma ‘tábula-rasa’, que deve se apropriar de verdades absolutas, produzidas pelos gênios da ciência [...]”. Contrapondo essa concepção, os autores defendem que,

[...] a Ciência faz parte de um processo de construção humana, que sofre influências de fatores históricos, sociais, políticos, econômicos, religiosos e culturais. A partir desta ideia, podemos compreender que as leis são provisórias e resultantes de uma interpretação impregnada de valores externos ao fenômeno observado (ZANATA; LEIRIA, 2018, p.127).

A frase final dessa citação é muito importante, pois a construção de uma teoria transcende os dados empíricos. Ou seja, a física não faz uso dos dados experimentais para construir diretamente as suas teorias. A teoria incorpora elementos externos à experimentação e é tão somente um bom modelo para representar o mundo físico real.

Não é possível, por exemplo, obter a função quadrática, que representa o movimento de queda livre de um objeto, a partir dos dados de uma atividade didática experimental. Essa impossibilidade decorre do fato de que o ajuste matemático dos dados empíricos pode fornecer polinômios de ordens diferentes da função quadrática para tal equação. Ou, até mesmo, funções com dependências não polinomiais.

Para mostrar aos alunos a plausibilidade da equação de movimento, neste caso, deve-se assumir, *a priori*, a expressão teórica conhecida e verificar que ela é satisfeita, dentro de um critério de precisão válido para aquela experimentação. Mas isso não é suficiente para comprovar uma teoria; apenas mostra que ela é plausível naquelas condições experimentais.

A partir das análises das entrevistas, percebemos que quando os professores propõem algum tipo de atividade experimental em física, eles parecem não conceber, na maioria das vezes, objetivos de aprendizagem que são próprios desse tipo de atividade.

Os professores consideram que o uso de experimentos é eficiente para a promoção da aprendizagem, mas não manifestam propostas ou desenvolvimento de metodologias que sejam específicas para tais atividades.

Nesse mesmo sentido, Francisco, Ferreira e Hatiwig (2008, p. 34) afirmam que quando os professores utilizam as atividades didáticas experimentais para o ensino de ciências, geralmente, as abordagens ocorrem “de forma genérica e intuitiva”. Dessa forma, podemos considerar que eles não

[...] propõem ou desenvolvem estratégias explícitas de ensino para o laboratório. Eles parecem confiar que a participação dos estudantes nas práticas de laboratório leva ao desenvolvimento da ‘intuição física’. A imersão na cultura particular do trabalho de laboratório seria suficiente para produzir aprendizado (ANTÚNEZ; PÉREZ; PETRUCCI, 2008, p.14, tradução nossa).

Esse fato pôde ser identificado por meio das falas dos professores quando eles contam, por exemplo, como são as atividades didáticas experimentais que desenvolvem e a importância dessas atividades.

Não consideram, por exemplo, o fato de que uma atividade experimental tem uma capacidade intrínseca de contribuir para a testagem de hipóteses previamente elaboradas. Permite, ainda, evidenciar a possibilidade ou não de ocorrência de determinados fenômenos físicos. Contribui, também, para mostrar a dependência funcional entre grandezas físicas, para indicar como obter e tratar dados experimentais, para associar a teoria com a realidade etc. E não parecem perceber como essas ações podem consolidar aprendizagens conceituais, procedimentais e atitudinais (ZABALA, 1998).

Certamente, essas desconsiderações se devem ao fato de que esses objetivos de aprendizagem inerentes à experimentação não foram trabalhados com a devida ênfase na sua formação inicial. Não há omissão do professor, consciente ou inconsciente, em relação a esses aspectos; simplesmente porque podem nunca terem sido alertados para essas singularidades.

As práticas experimentais mencionadas pelos professores parecem evidenciar que a abordagem das atividades é escolhida devido ao sucesso ou fracasso desse tipo de atividade nas suas vivências pessoais.

Em alguns casos foi possível perceber que os professores replicam atividades que eles perceberam que funcionaram para eles mesmos, do ponto de

vista da sua aprendizagem conceitual. Ou então, não replicam práticas experimentais que eles acreditam que não funcionam porque não perceberam ganhos pessoais de conhecimento. Como foi citado por eles, no caso das aulas de laboratório de física que tiveram na graduação.

Podemos perceber que o experimento, por si só, não possui a capacidade de promover uma aprendizagem significativa. Depende da forma como o professor propõe a abordagem do experimento. Provavelmente, esse fato justifique porque as aulas de laboratório da universidade não foram significativas para os professores, de acordo com as suas percepções.

Nesse sentido, Bizzo (2002, p. 75) enfatiza que “é importante que o professor perceba que a experimentação é um elemento essencial nas aulas de ciências, mas que ela, por si só, não garante um bom aprendizado”. Dessa forma, “[...] não se pode esperar que a simples realização de um experimento seja suficiente para modificar a forma de pensar dos alunos [...]” (BIZZO, 2002, p. 75). Concordamos totalmente com os apontamentos desses autores.

Em relação à concepção dos objetivos educacionais das atividades didáticas experimentais, identificamos que os professores, quando utilizam ou planejam utilizar essas atividades, almejam alcançar, principalmente, os seguintes objetivos: despertar o interesse do aluno, ilustrar um conteúdo de física, verificar (ou comprovar) a teoria e/ou facilitar a aprendizagem.

Essas concepções foram percebidas em todos os professores entrevistados e em vários momentos da entrevista. Porém, nem sempre os professores explicitaram essas concepções. Nossos questionamentos não foram direcionados para essa finalidade, mas elas emergiram a partir das análises dos relatos em relação ao uso ou planejamento das atividades didáticas experimentais ou simulações de experimentos.

A professora Maria Mayer expressou uma concepção em relação ao projeto de experimentos remotos: para ela, esses experimentos precisam estar mais relacionados com o cotidiano/contexto dos alunos, devem ser mais atrativos para eles, precisam ter “*graça*” para os alunos, uma vez que, “*trazer elementos do real acaba chamando mais atenção*”.

Que significados a professora estaria atribuindo aos termos “ter graça” e “chamar a atenção”?

Alguns dos possíveis significados atribuídos à palavra “graça”, segundo o dicionário Aurélio da língua portuguesa, é “beleza, elegância ou atrativo de forma, de aspecto, de composição, de expressão, de gestos ou de movimentos” e “elegância de estilo” (FERREIRA, 2010).

Nesse sentido, estaria a professora fazendo menção ao aspecto visual do recurso educacional? Seria uma expectativa acerca do potencial imagético do experimento, seja em sua estrutura física, ou em suas funcionalidades?

Se considerarmos que um experimento remoto, em geral, limita a completa visualização do equipamento, talvez isso seja um fator a ser mais bem considerado no desenvolvimento futuro desses aparatos experimentais.

Em relação ao termo “chamar à atenção” é provável que a professora tenha procurado expressar seu desejo de despertar um estado de espírito mais engajador do aluno pela atividade.

Entretanto, para além do senso comum, chamar à atenção seria despertar, no aluno, o interesse, a curiosidade ou ambos? Que diferença existe entre o interesse e a curiosidade? Qual é o cuidado que o professor deve ter ao tentar despertar o interesse ou curiosidade do aluno para a aprendizagem?

Segundo L’Ecuyer (2017), a curiosidade provoca o interesse. Nesse sentido, despertar a curiosidade é apenas o primeiro passo para se tentar despertar o interesse no aluno. Assim, o interesse seria o motor propulsor da motivação para aprender, no seu sentido formal.

Porém, Freire (2017) alerta que existem dois tipos de curiosidades: a curiosidade ingênua e a curiosidade epistemológica. A primeira, não leva à um engajamento num processo de aprendizagem formal e esgota-se tão logo seja satisfeita, enquanto a segunda é mais duradoura, incômoda e exigente e é promotora da aprendizagem significativa.

Desta forma, podemos acreditar que também existem dois tipos de interesses, que poderíamos chamar de interesse ingênuo e interesse epistemológico, em analogia às ideias de Freire (2017). O primeiro, seria o resultado de uma curiosidade ingênua e, portanto, não reforçaria o engajamento do aluno em um processo significativo de aprendizagem. Já o segundo, seria o tipo de interesse resultante de uma curiosidade epistemológica, mais duradoura e exigente, que impulsionaria o aluno para aprender de forma significativa, que é o desejado.

Muito possivelmente, a professora estaria fazendo menção ao interesse epistemológico, aquele que pode ser utilizado em prol do processo de aprendizagem escolar.

A opinião da professora reforça a ideia de que os experimentos devem ter o potencial de despertar o interesse do aluno. Por isso, ela acredita que se os experimentos estiverem mais relacionados ao contexto do aluno, eles teriam mais possibilidades de serem atrativos.

Entretanto, para ela, o potencial de despertar o interesse do aluno não é exclusivo das atividades didáticas experimentais, podemos perceber isso quando ela diz que “*Tudo o que você usa de diferente [...] tem uma vantagem*”, pois desperta o interesse.

A professora Marie Curie, quando questionada sobre que tipo de experimentos seria interessante desenvolver remotamente, respondeu que experimentos relacionados ao conteúdo de mecânica seriam válidos para a realização de cálculos com o objetivo de encontrar a velocidade e “*confirmar*” a teoria.

Além disso, ela considera que as aulas de laboratório de física da universidade foram desenvolvidas com a mesma finalidade. Quando perguntamos como foram suas experiências nessas aulas de laboratório ela respondeu: “*Foi mais ou menos. Foi mais para **comprovar** o que a gente tava [sic] vendo na teoria. Simplesmente, **demonstrar valores**”.*

Fica evidente, portanto, a influência das metodologias do curso de licenciatura em física na formação da concepção do professor.

Araújo e Abib (2003) ressaltam que

[...] apesar da pesquisa sobre essa temática revelar diferentes tendências e modalidades para o uso da experimentação, essa diversidade, ainda pouco analisada e discutida, não se explicita nos materiais de apoio aos professores. Ao contrário do desejável, a maioria dos manuais de apoio ou livros didáticos disponíveis para auxílio do trabalho dos professores consiste ainda de orientações do tipo “livro de receitas”, associadas fortemente a uma abordagem tradicional de ensino, restritas a demonstrações fechadas e a laboratórios de verificação e confirmação da teoria previamente definida, o que sem dúvida, está muito distante das propostas atuais para um ensino de Física significativo e consistente com as finalidades do ensino no nível médio (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 177).

Em outras palavras, essa concepção de comprovar a teoria pela experimentação é reforçada nos cursos de graduação de física e nos materiais de apoio ao professor, os quais ainda não abordam diferentes tendências e modalidades para o uso das atividades didáticas experimentais.

A professora Elizabeth Blackwell também manifestou essa concepção e sua sugestão para a criação de experimentos de mecânica foi a seguinte: “*Se for as leis de Newton, poderiam ser experimentos que ele possa **aplicar a lei, ou verificar a lei, sei lá, chegar na lei com os dados do experimento e verificar lá que a lei tá ok***”.

Esse tipo de objetivo também não contribui para a construção do conhecimento científico, que tem por base os questionamentos, argumentação e validação desses argumentos.

Qual a importância de se utilizar um experimento para coletar dados, substituí-los em uma equação e encontrar um resultado previsto pela teoria? Isso não difere muito de um simples exercício de física. E, ainda, mascara o fato de que as construções teóricas são impregnadas de simplificações e considerações idealizadas que as afastam dos acontecimentos/fenômenos reais.

Outra concepção recorrente entre os professores entrevistados foi o uso das atividades didáticas experimentais com o objetivo de facilitar a aprendizagem de física.

Quando questionamos a professora Marie Curie sobre que tipo de experimentos seria interessante para ser desenvolvido remotamente, ela sugeriu a construção de experimentos sobre óptica geométrica, que possibilitasse a visualização de imagens formadas por espelhos e lentes.

E justificou que esse conteúdo confunde os alunos e um experimento desse tipo poderia facilitar a aprendizagem dos conceitos de imagem real e virtual, por exemplo. Assim, a partir da observação do fenômeno, os alunos poderiam compreender melhor alguns conceitos que são mais abstratos. A professora Elizabeth Blackwell também sugeriu experimentos do mesmo tipo e com o mesmo objetivo.

Mas o que essas concepções podem dizer sobre os desafios e possibilidades da experimentação remota em física? É possível interferir nessas concepções, ou melhor, é possível criar situações experienciais que contribuam para uma melhor

conceituação da atividade experimental em física e, conseqüentemente, favoreça o uso da experimentação remota?

### **3.1.2 As Concepções e a Experimentação Remota em Física: Desafios e Possibilidades**

Acreditamos que o maior **desafio** para que os professores de física adotem a experimentação remota como um recurso didático seja a concepção que possuem de atividades didáticas experimentais. Principalmente, em relação aos objetivos conceituais, procedimentais e atitudinais inerentes às essas atividades.

Quando o professor não possui uma concepção mais ampla das atividades didáticas experimentais, ele pode não perceber a importância de desenvolver esse tipo de atividade; dessa forma, se o maior objetivo do professor for o de despertar o interesse dos alunos, existem outras estratégias e recursos didáticos para atingir esse objetivo que demandam menos esforço e menos trabalho de sua parte.

Se o intuito do professor for facilitar a aprendizagem do conteúdo de física e/ou ilustrar a teoria, esses objetivos também podem ser atingidos de diferentes maneiras. Nessa concepção, as atividades didáticas experimentais não se fazem necessárias, são apenas mais um tipo de recurso didático.

Além disso, o objetivo de comprovar a teoria pela realização de uma experimentação deve ser superado, pois representa e reforça uma concepção de ciência que não condiz com a realidade (SILVA et al., 2009).

Tal concepção não encontra suporte epistemológico, pois a teoria sempre é uma construção idealizada da realidade física observada e, como tal, desconsidera ou simplifica diversos fatores físicos presentes em um fenômeno real.

Esse fato é agravado pelas condições normalmente envolvidas em uma prática experimental de física, de natureza didática, na qual:

- a) o controle das condições ambientais em que o experimento é realizado é mínimo por parte dos alunos, o que significa a introdução de interferências indesejáveis no funcionamento dos equipamentos experimentais;
- b) o procedimento experimental didático nem sempre é o mais recomendável para a investigação pretendida;
- c) uma quantidade insignificante de medidas é realizada para uma mesma grandeza física e o tratamento estatístico dos resultados

experimentais não é realizado, o que significa apropriações imprecisas dos valores medidos;

- d) os aparatos experimentais didáticos não representam, necessariamente, os melhores equipamentos científicos para a investigação pretendida e é possível ajustar diferentes curvas aos dados experimentais, o que não serve para confirmar qualquer equação teoricamente prevista.

Assim, o máximo que se pode conseguir, nesse sentido, é mostrar uma plausibilidade entre a previsão teórica e o evento analisado, com possibilidades de divergências consideráveis entre os valores previstos teoricamente e aqueles obtidos experimentalmente.

Além disso, a realização de uma prática experimental em física permite aprendizagens que não são possíveis no trato puramente teórico, como por exemplo: identificar empiricamente a relação de dependência ou não de grandezas físicas em um dado evento, incluindo seu tipo de dependência; reconhecer a transposição do conhecimento físico teórico para o conhecimento prático na concepção, desenvolvimento e funcionamento dos próprios equipamentos experimentais; testar hipóteses de forma empírica, com possibilidade imediata e confiável de validação ou refutação das mesmas; preocupar-se com o funcionamento e preservação dos equipamentos laboratoriais; planejar e executar procedimentos empíricos etc.

Dessa forma, a concepção do professor representa um **desafio** para a apropriação da experimentação remota para o ensino e aprendizagem de física. Visto que a ER, além de envolver ensaios didáticos investigativos com aparatos físicos, que é trabalhoso e inseguro para o professor, também envolve o uso de tecnologias digitais, que representam um esforço adicional e demandam mais tempo de aprendizagem por parte do professor.

Não temos o intuito de julgar o professor por suas concepções. Essas concepções foram construídas ao longo de sua formação, desde aluno da educação básica, por meio de sua vivência enquanto aluno da graduação e em sua docência.

No entanto, apesar dos docentes acreditarem na importância das aulas experimentais, não há uma evidência de reflexão crítica da categoria sobre os potenciais objetivos específicos desse tipo de aula (GALIAZZI et al., 2001).

Dessa forma, grande parte dessa responsabilidade é dos cursos de formação inicial de professores e há “[...] a necessidade de discutir esse tema com os formadores” (GALIAZZI et al., 2001). Assim,

[...] para mudar a realidade das atividades experimentais é preciso superar reducionismos e deformações sobre seus objetivos, sobre a natureza da ciência, sobre o cientista, muito presentes nas concepções de professores em exercício e em formação (GALIAZZI et al., 2001, p. 261).

Por isso, defendemos que uma **possibilidade** para provocar uma mudança na concepção dos professores sobre as atividades didáticas experimentais é que esses aspectos sejam explorados não apenas na sua formação inicial, mas durante toda a formação escolar. No intuito de evidenciar o seu uso, seus objetivos intrínsecos, sua importância e os meios para se atingir os diversos objetivos específicos dessa atividade.

Segundo Araujo e Abib (2003),

[...] o emprego de metodologias mais eficientes de ensino de Física precisa ser considerado também no nível de formação de professores, procurando capacitá-los para uma nova prática pedagógica que os tornem mediadores do processo de desenvolvimento dos alunos, permitindo que elaborem situações que possibilitem aos seus alunos realizarem análises, reflexões e generalizações (ARAUJO; ABIB, 2003, p. 190).

Contudo, a formação continuada **pode** ser uma alternativa para se buscar corrigir essa deficiência no aspecto formativo inicial do professor que já se encontra em exercício profissional. Para Coelho, Nunes e Wiehe (2008),

A falta de apoio material e pedagógico das escolas para o desenvolvimento de metodologias que privilegiem atividades experimentais investigativas, bem como limitações na formação acadêmica do professor em relação ao saber experimental são fatores que contribuem para a ausência ou realização não sistemática de experimentação na realidade escolar do ensino de Física nos níveis Fundamental e Médio. A formação continuada tem, assim, um importante papel por possibilitar aos professores o conhecimento de novas metodologias aplicáveis ao ensino experimental de Física (COELHO; NUNES; WIEHE, 2008, p.9).

No entanto,

[...] apesar da importância que as atividades experimentais têm para o ensino de Ciências e do expressivo número de trabalhos e pesquisas na linha temática Ensino Experimental, é possível dizer que esta pesquisa ainda parece carecer de “foros” de discussão e de divulgação sobre a sua relevância, eficiência e benefício para o processo de ensino-aprendizagem de Física (PENA; RIBEIRO FILHO, 2009, p.8).

Dessa maneira, é de fundamental importância repensar a formação inicial e continuada. A fim de produzir uma mudança de concepção em relação à importância, às diferentes categorias de objetivos e às estratégias relacionadas às atividades didáticas experimentais, de tal forma, que possa provocar uma mudança no ensino de física, que caracterize uma inovação no processo de ensino-aprendizagem e que promova a construção do pensamento científico.

Para não permanecer no discurso reivindicatório recursivo e não construtivo, é preciso entender a origem do problema e apontar possíveis soluções.

Nesse sentido, basta entendermos que a formação inicial de professores de física no Brasil ainda tem sido feita, predominantemente, por físicos e matemáticos sem formação pedagógica, por razões históricas.

A inserção do currículo de física na educação básica foi instituída em 1837 (MORAES, 2011). As primeiras universidades no país surgiram em 1909 (ARAUJO; VIANNA, 2010) e a primeira Faculdade de Educação surgiu com a criação da USP em 1934 (Ibidem, 2008).

Pelo decreto 1190/39 de 1939, após a conclusão do curso de bacharelado, os alunos de física poderiam realizar um curso complementar de didática, que lhes conferia o diploma de licenciado (ARAUJO; VIANNA, 2010). Este fato caracterizou o início da formação de professores de física nos moldes prévios ao que concebemos hoje.

O formato atual de formação de professores de física ocorreu tão somente com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), em 1996 (ARAUJO; VIANNA, 2010). Desta forma, justifica-se, parcialmente, os problemas de formação dos profissionais da área.

Em relação às possibilidades de uma melhor formação inicial, é relevante iniciar-se a discussão da pertinência da criação, nas universidades, das faculdades ou institutos de licenciatura em ciências e matemática. Essa unidade acadêmica, para além dos interesses específicos de cada área, poderia ter um corpo docente formado por pesquisadores em ensino de ciências, biologia, física, química,

educação e educação matemática, com projetos curriculares e aulas verdadeiramente interdisciplinares.

Nesse contexto, todas as teorias psicopedagógicas contemporâneas veiculadas em trabalhos de pesquisa da área educacional poderiam, de fato, serem abarcadas, disseminadas e, acima de tudo, praticadas, como exemplo prático aos futuros professores.

Desta forma, poderiam ser atendidas diversas expectativas de formação docente, como aquela expressa por Bassoli (2014), de que

[...] as numerosas investigações recolhidas na literatura confirmam a extensão da imagem distorcida e empobrecida da ciência e da tecnologia, assim como a necessidade de transcendê-la, de modo a atrair o interesse dos estudantes e proporcionar sua imersão numa cultura científica. Estas pesquisas sinalizam, portanto, a importância de se problematizar aspectos epistemológicos da ciência no âmbito da formação de professores” (BASSOLI, 2014, p. 586).

No tocante às possibilidades educacionais da experimentação didática na área de física e não manifestadas pelos professores entrevistados, sintetizamos no Quadro 10 nossa concepção a respeito. Essa concepção relaciona os tipos de aprendizagens com seus respectivos objetivos educacionais.

**Quadro 10 - Possibilidades de aprendizagens inerentes à experimentação didática em física.**

TIPO DE APRENDIZAGEM	OBJETIVOS EDUCACIONAIS
<p><b>Aprendizagens Conceituais</b></p>	<p>a) Aprender o conceito de investigação experimental em física, diferenciando-o de investigação teórica, compreendendo como a teoria não pode resultar diretamente da experimentação;            b) Reconhecer limitações do tratamento teórico de fenômenos físicos na sua manifestação em eventos reais e que efeitos isso ocasiona;            c) Reconhecer equipamentos, componentes e dispositivos experimentais e suas funções;            d) Diferenciar equipamentos analógicos de digitais;            e) Construir a pergunta de pesquisa e as hipóteses, objeto da investigação experimental;            f) Saber o que são hipóteses científicas sobre fenômenos físicos e de que forma elas podem ser testadas por meio da investigação experimental;</p>

	<p>g) Reconhecer os princípios físicos que regem o funcionamento de equipamentos, componentes e instrumentos reais, identificando as grandezas físicas associadas;</p> <p>h) Compreender como a associação de equipamentos físicos para constituir um aparato experimental permite produzir um efeito que possa ser observado e mensurado experimentalmente.</p> <p>i) Diferenciar erro de incerteza no processo experimental;</p> <p>j) Esclarecer e perceber a presença inevitável de incertezas em medidas experimentais;</p> <p>k) Inferir conhecimento científico a partir de dados experimentais;</p> <p>l) Estimar incertezas em medidas com instrumentos analógicos ou digitais.</p>
<p><b>Aprendizagens Procedimentais</b></p>	<p>a) Planejar sequências procedimentais para testar hipóteses científicas experimentalmente;</p> <p>b) Adotar procedimentos seguros de manipulação do aparato experimental;</p> <p>c) Montar/desmontar o aparato experimental, realizando/desfazendo as conexões físicas necessárias para seu funcionamento/acondicionamento;</p> <p>d) Manipular o aparato experimental para produzir o fenômeno de interesse para a investigação;</p> <p>e) Atuar adequadamente no aparato experimental para obter variações nos valores das grandezas físicas dependentes, a fim de investigar a relação real entre as grandezas;</p> <p>f) Selecionar e saber utilizar instrumentos de medida analógicos ou digitais;</p> <p>g) Conectar corretamente instrumentos de medida ao aparato experimental;</p> <p>h) Realizar medidas de grandezas físicas, efetuando leituras em instrumentos de medidas;</p> <p>i) Representar e tratar matematicamente os dados experimentais, realizando os cálculos necessários para se obter os resultados investigados;</p> <p>j) Representar e tratar resultados experimentais;</p> <p>k) Produzir e apresentar comunicações científicas sobre o processo investigativo experimental.</p>
<p><b>Aprendizagens Atitudinais</b></p>	<p>a) Desenvolver postura investigativa;</p> <p>b) Trabalhar colaborativamente para realizar o experimento;</p> <p>c) Negociar procedimentos para desenvolver a prática experimental;</p> <p>d) Zelar pela preservação do equipamento experimental e dos instrumentos de medida utilizados;</p> <p>e) Concentrar-se na atividade, uma vez que a natureza da atividade experimental exige esse comportamento;</p>

- |  |  |
|--|--|
|  | f) Questionar resultados obtidos experimentalmente;<br>g) Desenvolver senso crítico a partir do experimento realizado. |
|--|--|

Fonte: a autora.

Acreditamos que esses objetivos educacionais são inerentes à prática experimental no ensino de física e são relevantes para uma aprendizagem científica básica e de qualidade.

Uma outra questão que nos moveu nessa pesquisa foi acerca da receptividade do professor para a adoção ou não de novos recursos didáticos e, em especial, da experimentação remota.

Na próxima seção discutiremos nossos resultados e análises.

### 3.2 Inovação<sup>8</sup> e Experimentação Remota

A forma atual de inferir o resultado da aprendizagem do aluno em física consiste em olhar a aprovação no ano escolar, ou em processos seletivos ao ensino superior, ou o seu desempenho em provas avaliativas como o ENEM ou PISA.

Se esses resultados forem positivos, na média, a tendência é a manutenção da estratégia de ensino que os viabilizaram.

Entretanto, qualquer processo mecânico de aprendizagem, que não envolva uma aprendizagem significativa, uma assimilação estável e consistente, mas apenas uma retenção temporária de conhecimentos ou procedimentos padronizados, é capaz de produzir resultados satisfatórios de aprovação. Desde que essas avaliações sejam realizadas dentro de um período em que tais conhecimentos ainda estejam retidos na memória do aluno. Nossa experiência pessoal revela isso.

E esse resultado “positivo” pode trabalhar a favor da manutenção de uma cultura escolar que não resiste ao tempo ou à uma avaliação menos padronizada, como acontece no Pisa, por exemplo.

E, deve ser considerado que o desempenho nacional dos alunos da educação básica nas provas de ciências do Pisa tem sido, historicamente, é decepcionante (BÜHER; IGNÁCIO, 2020).

Mas a profa. Lorena ilustra nosso comentário, ao afirmar que “A maioria se acomoda mesmo. Tá fazendo isso há tantos anos, **tá dando certo**, pra que mudar?” (Profa. Marie Curie)

Como justificar, então, a permanência de um sistema de ensino de física que não apresenta resultados sequer satisfatórios em avaliações desta natureza? De onde provém a resistência para mudar a forma de ensinar física?

A seguir, discutiremos o que foi possível extrair das falas dos professores entrevistados em relação à cultura do ensino de física vigente.

---

<sup>8</sup> Estamos considerando como inovação o ato de buscar algo novo com o intuito de promover um ensino e aprendizagem dos alunos com maior qualidade.

### **3.2.1 A Cultura do Ensino de Física**

A introdução e incorporação de diferentes recursos didáticos e/ou metodológicos pelos professores da educação básica é algo que sofre uma grande resistência deles por diversos motivos.

Apesar de acreditarmos que um dos principais fatores que impedem essas mudanças seja devido às concepções que os professores formaram sobre as atividades didáticas experimentais, existem outras questões que merecem ser ressaltadas. Por exemplo, a falta de tempo, a inexistência ou inadequação da infraestrutura escolar, a falta de apoio institucional, a ausência de material para experimentação, entre outros.

O discurso nesse sentido, que é o da carência, pode favorecer os profissionais que são resistentes à mudança. Dessa forma, o problema é sempre devido a fatores externos (LABURÚ; BARROS; KANBACH, 2007).

Esses problemas não justificam totalmente o fato de o professor não realizar atividades diferentes das suas aulas tradicionais, pois colegas em semelhantes condições têm sucessos em suas iniciativas (LABURÚ; BARROS; KANBACH, 2007). Mas eles devem ser contornados, pois dificultam, e muito, a inovação nas escolas.

Nesse sentido, algumas questões que investigamos com os professores foram relacionadas aos desafios, do ponto de vista deles, para a implementação e uso da experimentação remota nas escolas e como contornar esses desafios.

Além disso, indagamos sobre a opinião deles em relação à possível aceitação de outros professores que não conhecem esse tipo de recurso educacional.

A estratégia de indagar os entrevistados sobre o outro foi, fazer com que eles se revelassem de uma forma mais confortável, pois a sua exposição não seria necessária. Além, obviamente, de captar a impressão deles sobre seus colegas.

Para Kaufmann, um “informante” pode usar táticas com o intuito de não se expor pessoalmente. Uma dessas táticas é a explicação indireta: “falar de si através do que se diz dos outros” (KAUFMANN, 2018, p. 112).

Entretanto, o “grau de implicação pessoal” pode variar. Em certas situações ele se identifica inteiramente em sua fala sobre o outro e, em outras, essa identificação é em um menor grau (KAUFMANN, 2018).

Em nossa pesquisa, as percepções dos entrevistados sobre seus colegas foram muito relevantes, pois, elas carregam um conhecimento pessoal e um conhecimento social.

Buscamos apreender um “conhecimento social incorporado pelos indivíduos” (KAUFMANN, 20018, p. 46) e, por isso, não buscamos identificar o grau de implicação pessoal. Quer dizer, não é relevante para a nossa pesquisa o quanto o professor de física se identifica com suas respostas sobre o outro. Assim, não procuramos investigar o grau de implicação pessoal nessas falas.

Percebemos que essa estratégia funcionou muito bem com o professor Max Planck. Ele se sentiu muito mais à vontade, revelando-se a partir de suas percepções sobre os colegas. Destarte, a maioria das suas falas gravadas foram opiniões sobre seus colegas.

Por esses motivos, neste tópico iremos discutir sobre alguns motivos que podem representar **desafios** para a apropriação pedagógica de diferentes metodologias de ensino e aprendizagem e/ou de recursos didáticos, em particular da experimentação remota.

Durante as conversas com os professores, percebemos que diversos fatores podem representar uma dificuldade em realizar atividades diferentes das que eles já estão acostumados, ou seja, diferentes das suas aulas tradicionais.

De forma geral, consideramos que as aulas tradicionais de física são aquelas em que o professor escreve o conteúdo no quadro, explica esse conteúdo e passa exercícios para os alunos resolverem sobre o assunto.

Nesse tipo de aula, o livro texto determina a sequência e o conteúdo curricular se além à física clássica, com raríssimas inserções de física moderna e contemporânea.

Nossa intenção não é renegar totalmente as aulas tradicionais, mas ressaltar que a adoção de apenas esse tipo de aula não consegue atingir objetivos educacionais que consideramos essenciais para o desenvolvimento do aluno, como por exemplo, a sua autonomia.

Avaliamos que o aluno precisa participar de atividades que oportunizem mais o seu envolvimento, de uma forma mais ativa, para potencializar, principalmente, a aprendizagem procedimental e atitudinal.

No caso das atividades didáticas experimentais em física, quando trabalhadas adequadamente, elas também possuem o potencial para o

desenvolvimento de habilidades de elaborar e testar hipóteses, manipular, questionar, investigar etc.

Por isso, defendemos que as atividades didáticas experimentais são fundamentais para o ensino e aprendizagem de física. E a experimentação remota pode suprir diversas barreiras que inviabilizam a sua realização.

Assim, identificamos que existem vários obstáculos para o professor fazer algo diferente. Vamos discutir aqueles que nos chamaram mais à atenção.

Um desses obstáculos, talvez o maior deles, está relacionado à concepção dos professores sobre as aulas, as quais denominamos como tradicionais.

Esse tipo de aula está centrado na figura do professor, em que ele é o único expositor, detentor de todas as falas e do conhecimento, enquanto o aluno assume uma postura passiva diante no seu processo de aprendizagem.

A frase do professor Niels Bohr exemplifica essa situação, quando ele diz que *“Eu **tenho que fazer** uma coisa que eu sei que é **chato**, eu ponho eles na **posição passiva**, que eu sou o **semi-deus** dali, o **detentor do conhecimento** [...]”*.

Além disso, em relação ao uso da experimentação remota, ou outros recursos didáticos e/ou metodológicos diferentes, por colegas, o professor Niels Bohr também acredita que esse processo seja difícil de ocorrer pois, *“a forma de fazer essa transposição aí (aulas tradicionais) já tá consagrado [...]”*.

Essa “consagração” é refletida inclusive na escolha do livro texto de física, pois, segundo a profa. Lorena, “Eles [professores mais antigos] são resistentes até na escolha do livro didático. É Beatriz Alvarenga e pronto”.

Durante a entrevista com o professor Niels Bohr, identificamos que ele é bastante tradicional em suas aulas, apesar de ser uma pessoa que gosta de tecnologias, que grava e edita vídeos-aula e as disponibiliza na internet. Ele defende que é necessário explicar o conteúdo e resolver exercícios e confessa que desenvolveu atividades diferenciadas raríssimas vezes.

Esse tipo de atitude do professor é um desafio para a adoção da ER. É possível realizar atividades didáticas experimentais nesse formato tradicional, com o professor no centro do processo de ensino-aprendizagem. Porém, como já foi discutido na seção anterior, isso não é o desejável para desenvolver uma aprendizagem que envolva, também, as aprendizagens atitudinais e procedimentais relacionadas à uma prática experimental.

Um professor que acredita que as aulas tradicionais são fundamentais realizaria uma atividade em que o aluno se torna o centro do processo de ensino-aprendizagem?

O professor Max Planck tem essa mesma postura em relação às aulas tradicionais. Segundo ele: *“Hoje a aula do professor é muito quadradinha, ele sabe que ele **tem que dar uma determinada disciplina (conteúdo)**, dar exemplo pra essa disciplina e vamos passar pra próxima [...]”*.

Ele ressalta a necessidade desse tipo de aula. Quando diz que *“tem que dar uma determinada disciplina”*, ele faz referência ao tipo de aula expositiva. E o exemplo que cita são, basicamente, os exercícios resolvidos. Não há tempo para inovações, tem mais conteúdo para “dar”, o conteúdo de física para o ensino médio é muito extenso para o número de aulas disponíveis. Se o professor sentir a necessidade de ministrar todo o conteúdo livresco de forma transmissiva, realmente não há tempo para inovações.

Mas, e o aluno? Consegue aprender o que deve? E a qualidade da aprendizagem? Realmente é necessário ministrar todo esse conteúdo “exigido”? Se o aluno for o centro do seu processo de aprendizagem, com participação ativa e com a atitude de buscar o conhecimento, seria necessário que o professor assumisse sozinho a responsabilidade de ministrar todo esse conteúdo?

Consideramos que a qualidade da aprendizagem e o desenvolvimento de atitudes no aluno, como buscar o conhecimento, desenvolver a curiosidade e o interesse, são mais fundamentais do que ficar sentado em uma cadeira, ouvindo o professor que tenta transmitir um conhecimento.

Entretanto, isso se constitui um desafio enorme para o professor por diversos motivos. Por exemplo:

- i. o professor precisa mudar sua postura: aceitar não ser o centro do processo de ensino e aprendizagem, e colocar o aluno para exercer uma postura mais ativa. Deixar de ser um transmissor para ser um orientador;
- ii. é necessário muito mais tempo do que aquele despendido nas aulas tradicionais para uma aprendizagem de qualidade de um determinado conteúdo. Ou seja, deverá existir uma ênfase diferenciada no conteúdo que geralmente é exigido para o ensino médio. Será necessário fazer escolhas e conceber que a aprendizagem conceitual

não é mais importante do que as aprendizagens atitudinais e procedimentais;

- iii. é mais difícil lidar com a disciplina dos alunos em uma metodologia considerada ativa, pois, os alunos não ficam sentados um atrás do outro olhando para o professor;
- iv. o professor precisa reconhecer que não é o detentor do conhecimento, precisa assumir seus limites e inseguranças e entender que não sabe de tudo e não precisa ter todas as respostas prontas. O conhecimento deverá ser construído junto aos alunos, que também buscarão por respostas.

Mas, por que as aulas de física ainda são tão “quadradas”, mesmo depois de tantas pesquisas relacionadas à inovação no ensino?

Essa tradição no formato de ensinar física se caracteriza pela cultura escolar, que é socialmente partilhada e “com força suficiente para contrariar propósitos, deliberados ou não de mudança” (FINO, 2009, p. 259).

Fino (2009) define essa representação comum de escola como um invariante cultural, presente mesmo em quem não foi submetido a algum processo de escolarização.

A escola como a conhecemos foi modelada há dois séculos, devido às necessidades do mercado de trabalho relacionadas à revolução industrial. A produção em massa, que caracterizava a indústria na época, gerou um paradigma de educação em massa.

Em consequência disso, reproduziu-se na escola o ambiente industrial, com muitos alunos em uma sala, sentados um atrás do outro, com horários rígidos e exigindo uma disciplina que era necessária para o mercado de trabalho (FINO, 2009).

Entretanto, a sociedade vem mudando muito rapidamente, principalmente, ao longo dos últimos cinquenta anos. De acordo com Fino (2009, p. 47),

De repente, começou a ser evidente que as escolas não eram mais capazes de preparar as pessoas como no passado, porque a sociedade para a qual tinham sido desenhadas já não era exatamente a mesma e tinha começado a transformar-se. O número de alunos tinha aumentado, dentro das escolas, até atingir cifras imaginadas. O estatuto social dos professores, cujo número aumentava, tinha começado a diminuir em proporção inversa. Os

alunos tinham deixado de ser aqueles grupos homogêneos, todos provenientes da mesma vizinhança. As escolas foram adquirindo novas, mas menos nobres, funções, como a de serem armazéns onde os adolescentes esperavam, cada vez mais tempo, a sua vez de baterem à porta do mercado de trabalho. E, para complicar ainda mais as coisas, as escolas deixaram de ser suficientemente grandes para conter todo o conhecimento (ou será informação?) relevante no interior dos seus muros. Para não mencionar o fosso cultural entre a sociedade e as escolas, crescendo inexoravelmente para lá do ponto de não retorno (FINO, 2009, p. 47).

Porém, não podemos dizer que as escolas não evoluíram, mas não conseguiram acompanhar a velocidade de mudança da sociedade (FINO, 2011).

Além disso, as novas tecnologias fazem emergir novos meios e possibilidades para o ensino-aprendizagem (FINO, 2011). Apesar dessa evolução tecnológica e do potencial de seu uso no processo educacional, não percebemos inserções significativas nas escolas. Existem muitas pesquisas e estudos relacionados ao tema e várias aplicações pontuais.

É consenso entre todos os envolvidos no processo educacional que as mudanças são necessárias. Um caminho para provocar essas mudanças deve ser iniciado nas universidades, com os cursos de formadores de professores e as pesquisas na área.

As universidades desenvolvem todos os anos diversas pesquisas e produtos sobre ensino e aprendizagem, mudanças curriculares, novas tecnologias para a educação, recursos didáticos, novas metodologias educacionais etc. Mas, além dessas pesquisas não chegarem verdadeiramente nas escolas, os cursos de formação de professores também precisam evoluir. Não adianta solicitar novas formas de ensinar, sendo que os cursos de licenciatura em física também ensinam de forma tradicional. Pois,

Ninguém garante, no entanto, que, apenas pela exposição a estas teorias, os futuros professores se tornem educadores realmente inovadores. Talvez ainda prevaleça, no final, o peso da tradição, notoriamente difícil de desmontar (FINO, 2011, p.52).

Ainda segundo Fino (2011),

[...] apesar de clamarem pela necessidade da mudança, e apesar do aparente consenso geral em redor dessa ideia de mudança, os formadores de professores raras vezes se apercebem da

contradição que existe entre o propósito de formar professores verdadeiramente e inovadores e fazê-lo sob a influência de um sistema que foi fundado para responder às necessidades de uma sociedade que já não existe [...] (FINO, 2011, p. 45).

Outro fator que dificulta a inovação nas escolas é a necessidade de o professor ministrar todo o conteúdo livresco, considerado obrigatório no currículo de física para o ensino médio.

O professor Max Planck afirma que, “*Ele (o professor) tem outras prioridades para fazer*”. Essas prioridades estão relacionadas ao conteúdo ministrado de forma tradicional.

Durante a conversa com o professor Max, percebemos que suas ações em sala de aula são basicamente essas aulas “quadradas”, como ele denominou. O conteúdo que ele sente a necessidade em ministrar é considerado muito extenso para o tempo disponível em sala de aula.

Nesse sentido, ele ressalta que: “*Aí eu vou criar um problema grande. O tempo que eu vou gastar vai ser alto. Aí eu vou sacrificar alguma disciplina, algum conteúdo*”.

Dessa forma, para ele, não há espaços para outras estratégias e recursos didáticos. Pois, segundo ele, “*Você é obrigado a falar daquele conteúdo, naquele momento*”.

Consideramos que esse tipo de concepção representa um desafio para a implementação de qualquer outro tipo de proposta. Pois, para o professor, o importante é ministrar os conteúdos que são considerados obrigatórios e segundo uma prescrição tradicional. Ou seja, com a explanação da matéria e a resolução de exercícios, basicamente.

Qualquer outra atividade é vista como opcional. Se o professor tiver tempo e disposição para realizá-la, ele pode fazer. Na verdade, isto é considerado como algo positivo, mas não essencial.

Essa concepção reforça o fato de que a aprendizagem de atitudes e procedimentos não é considerada como prioridade para o ensino de física. Os únicos momentos em que os alunos saem da postura passiva, diante do seu processo de aprendizagem, é quando ele precisa resolver os exercícios propostos. Então, o foco do ensino e da avaliação é centrado na reprodução do conteúdo.

Porém, não podemos culpar os professores por essas concepções. Não podemos esquecer dessa cultura escolar enraizada na nossa sociedade há mais de dois séculos (FINO, 2011).

Percebemos a tentativa dos cursos de formação de professores em promover alguma inovação, porém, como afirma Fino (2011)

É indubitável que os futuros professores são educados, não apenas pela influência direta dos formadores, mas também pela cultura escolar que absorvem enquanto são educados. Assim, os futuros professores correm o risco de serem expostos a influências ambíguas e contraditórias: um possível encorajamento em direção à inovação, por parte dos seus formadores, e o poder imenso da cultura centenar escolar embebida nas rotinas e nas paredes das escolas (FINO, 2011, p.53).

Essas concepções no formato de ensinar trazem outros desafios conjugados, como por exemplo a falta de tempo.

Além dos professores considerarem que não existe tempo suficiente para ministrar todo o conteúdo necessário e ainda conseguir realizar outros tipos de atividades. Essas atividades não são consideradas como prioritárias e eles precisam considerar o tempo para planejá-las. Pois muitos professores possuem uma carga de trabalho muito alta e, além do trabalho dentro da escola, os professores precisam corrigir provas, elaborar trabalhos, preparar aulas, preencher diários etc.

Dessa forma, qualquer trabalho extra, advindo de atividades diferentes das que os professores estão acostumados, pode ser considerado como inconveniente, pois demanda mais tempo e mais trabalho. E, como pudemos perceber, o professor não quer, ou não consegue, ou não precisa de mais trabalho.

Nesse sentido, a professora Maria Mayer afirma que,

*O uso de qualquer um deles (experimentação remota, simulação, aplicativos etc), eu acho que **exige muito mais tempo**, você tem que preparar o aluno para a abstração daquilo ali, você tem que ter consciência de que você tem que trabalhar [...] (Maria Mayer)*

A questão do tempo também foi determinante para que a professora Elizabeth Blackwell decidisse por não usar a ER: “*Nunca tive **tempo**, pra falar a verdade!*”.

O tempo destinado às atividades escolares tradicionais é muito importante e não pode ser “perdido”.

Como foi mostrado na nossa pesquisa realizada durante o mestrado (CARDOSO, 2016), os professores têm uma sensação de perda quando realiza atividades diferentes, como a ER, pois esse tipo de atividade não é considerado essencial.

Por isso a professora Maria Mayer diz que, “*Independente se é para a experimentação remota, quanto para qualquer outro tipo de atividade, **quando você propõe, você precisa ceder o horário. Seus horários de aula***”. Isto é, a professora não considera que essas atividades fazem parte das suas aulas. A impressão que temos é que chega a ser inconveniente realizá-las, pois a professora está perdendo o tempo de suas aulas.

Referente à quantidade de trabalho que o professor possui e que prejudica a demanda do tempo para utilizar outros recursos didáticos, a professora Lise Meitner enfatiza que, [...] *o professor de escola pública, ele tem o diário online que não é brincadeira, entendeu? **Ele tem muita coisa!** e a maioria tem que trabalhar dois cargos [...]*”.

Por isso, a professora Elizabeth Blackwell se preocupa com o investimento do trabalho: “*Qualquer coisa que você se propõe a fazer, diferente do de sempre, dá trabalho, dá trabalho, demanda tempo. E o professor tem que estar pensando no **investimento** do trabalho dele*”.

Será que, para o professor, compensa dispensar tempo e trabalho com algo que possa ser inovador?

Nesse mesmo sentido, o professor Max Planck se preocupa com o risco de um professor investir o seu tempo com essas novas propostas: “*Eu não sei se ele gostaria de **arriscar***”.

Esses fatores indicam uma resistência à mudança, à adoção de novas propostas, à inovação.

A professora Elizabeth Blackwell acredita que a quantidade de trabalho extra pode ser decisiva para essa resistência. Segundo ela, “*das escolas que eu já passei, públicas e privadas, a gente vê que a iniciativa de buscar algo novo, como **dá muito mais trabalho** do que fazer o de sempre, muitos resistem, né?!*”.

Esse trabalho extra também é uma preocupação da professora Marie Curie. Ela foi a professora que aplicou a ER durante o mestrado. Com essa experiência

ela percebeu que: “da *forma como eu apliquei (a ER) foi muito conturbada. É ... porque eu tive muito **trabalho** para fazer, né?! Porque não foi só o experimento, foi **toda uma sequência didática** envolvida ali no processo.*”

Ou seja, existem dificuldades relacionadas a adotar algo novo em suas aulas. No caso de uma atividade experimental, é preciso que haja todo um planejamento para executar esse tipo de aula, o que acarreta mais trabalho para um professor que, em muitos casos, já trabalha demais.

Por mais que seja papel do professor planejar suas aulas, aulas diferenciadas podem ser consideradas por eles um transtorno, pois eles não têm o costume, ou a experiência, ou o conhecimento necessário para esse tipo de planejamento.

Dessa forma, a implementação da ER é considerada, pelos professores de física, como difícil de ser aceita, pois, “[...] *experimentar algo novo dá trabalho*” (Niels Bohr) e “[...] *exige muito mais tempo [...]*” (Maria Mayer).

O desafio de inovar no processo educacional é decorrente dessa cultura escolar. E, conforme Fino (2011),

[...] só um professor reflexivo, capaz de usar pensamento crítico, e bem equipado teórica e metodologicamente pode desafiar a ortodoxia, criando contextos de prática em que os seus alunos sejam os protagonistas. E essa pode ser a inflexão em direção a um novo paradigma de instituição educativa, a que não ousaria chamar escola, atendendo à conotação que essa palavra tem vindo a adquirir ao longo das últimas décadas: os professores migrando para a periferia do palco para que os projetores iluminem os aprendizes. É essa a esperança (FINO, 2011, p,52).

Porém, esse tipo de mudança, em que o aluno é o protagonista no processo de ensino-aprendizagem, coloca o professor numa posição que, historicamente, ele não está acostumado a ocupar, em que ele não tem todas as respostas e não tem o controle de todo o processo.

Durante as entrevistas percebemos outras dificuldades relacionadas a implementação da ER, como por exemplo:

- Levar os alunos ao laboratório de informática da escola é considerado um desafio. Em muitos casos, os laboratórios não têm um profissional para auxiliar e corrigir os problemas dos computadores; são poucos computadores no laboratório que funcionam; são muitos alunos por

computador; o professor “perde” muito tempo no processo de tirar os alunos da sala de aula, levá-los ao laboratório e ligar todos os computadores.

- A infraestrutura das escolas é muito precária relacionada aos laboratórios de informática; a internet; equipamentos etc.
- Os professores não têm o apoio da escola ou, até mesmo, são desencorajados pelos colegas quando cogitam fazer algo diferente.

Por mais que se justifique afirmar que, todos esses desafios não devem ser considerados como obstáculos para o professor, devemos ser empáticos e perceber que essas dificuldades não podem ser ignoradas.

Como ser inovador com todo esse peso da cultura escolar? Diante disso, como conseguir convencer um professor, que possui essa tradição enraizada na forma de ensinar, a utilizar a ER?

### ***3.2.2 A Cultura do Ensino de Física e a Experimentação Remota: Desafios e Possibilidades***

A cultura escolar, como conhecemos hoje, é responsável pelas concepções que os professores possuem sobre a forma de ensinar, sobre o que é importante e relevante nesse processo. Ela define a postura do professor e suas escolhas. Em relação às atividades experimentais didáticas, Andrade e Massabni afirmam que,

As atividades práticas são uma forma de trabalho do professor, e querer utilizá-las, ou não, é uma decisão pedagógica que não depende apenas da boa vontade do docente, seu preparo ou condições dadas pela escola. Os professores, ao decidirem como desenvolver suas aulas, realizam julgamentos pessoais sobre como devem agir, avaliando crenças, valores e conhecimentos adquiridos na formação e no exercício profissional. (ANDRADE; MASSABNI, 2011, p. 836)

Essa cultura é adquirida durante todo o processo de formação (que se inicia na infância) e da prática docente e representa um enorme **desafio** para a mudança de concepção dos professores em relação às atividades experimentais didáticas.

Como foi discutido na seção anterior, representa um desafio para a adoção da experimentação remota e para a inovação nos processos educacionais.

Fino (2011) ressalta vários aspectos da escola de hoje que precisam ser superados:

- As escolas já não preparam para a vida como antes preparavam.
- A cada dia que passa, a escola vai tendo menos que ver com o mundo que a rodeia atualmente, e mais com o mundo que a rodeou, no passado.
- As escolas tornaram-se num lugar onde muitos dos alunos aguardam não se sabe bem o quê.
- Escasseiam recursos nas escolas, nomeadamente tempo para reflexão e tecnologias atualizadas.
- Supõe-se que os professores devem fazer o máximo com o mínimo, não havendo, pelos vistos, limite para o mínimo.
- Os professores esforçam-se por ensinar, independentemente da vontade de aprender dos alunos.
- Aprender não é, nem nunca foi, uma consequência direta de se ser ensinado.
- Os alunos de hoje, finda a escolaridade, não terão um, mas vários empregos ao longo da vida, alguns dos quais para lá de qualquer conjectura que possamos tentar fazer no presente.
- Os professores não deviam ser educados tendo como referência uma escola imutável, concebida para durar eternamente. (FINO, 2011, p. 48)

Diante disso, qual o caminho para a mudança de paradigma? Para a inovação? Para a experimentação remota?

Defendemos que são as universidades, com seus professores e pesquisadores, que têm condições para iniciar esse processo. Mas, como afirma Fino (2011),

Um formador de professores [...] só pode orientar os seus formandos da mesma maneira que espera que estes orientem os seus futuros alunos na prática real de professores-como-facilitadores. (FINO, 2011, p. 53)

Ou seja, de que adianta um professor formador dizer para seus alunos que eles precisam ser inovadores se eles próprios não inovam? Do que adianta um professor formado ensinar que as aulas experimentais didáticas podem promover aprendizagens conceituais, atitudinais e procedimentais se seus alunos não vivenciam essa prática? De que adianta as pesquisas sobre experimentação remota, se a própria universidade não utiliza experimentos remotos com seus alunos? De que adianta desenvolver pesquisas sobre inovação nos processos de ensino e aprendizagem se a pesquisa não chega nas escolas e se os pesquisadores não conhecem a realidade escolar?

Essa última questão foi abordada pela professora Elizabeth em dois momentos, primeiro quando ela afirma que: “A maior queixa que eu escuto é isso. A pesquisa não chega lá!”, e

*Para muitos (professores) nas escolas, a universidade não tá só longe, tá alto, né! Tá num nível inalcançável. O que a gente escuta, o que a gente vê o pessoal comentando é que o pessoal da universidade está totalmente alheio e em um outro nível.” (Elizabeth Blackwell)*

Não basta pensar apenas na formação dos professores dentro das universidades se, depois que os formandos começam a ministrar aulas nas escolas, a cultura escolar durante a prática mostrar outra realidade.

Por isso, acreditamos que uma **possibilidade** para conquistar uma inovação com o uso da experimentação remota nas escolas seja com a aproximação universidade-escola.

Existe uma forma viável de participação oficial de pesquisadores universitários e professores de física da educação básica em atividades conjuntas de implantação da ER nas escolas. O dispositivo é o estabelecimento de um acordo de mútua-cooperação didático-pedagógica e intercâmbio técnico-científico e cultural entre essas instituições.

Por meio deste acordo, assinado pelos responsáveis legais de ambas as instituições, seria possível a presença de professores da educação básica no ambiente de pesquisa acadêmico e de pesquisadores universitários no espaço escolar, para o desenvolvimento das atividades pertinentes à implantação da ER na escola.

Esse dispositivo legal também permitiria uma série de atividades de ensino, pesquisa e extensão conjuntas entre a universidade e a escola.

Talvez a principal possibilidade seria a interação entre as escolas e o curso de licenciatura em física, para a formação inicial dos futuros professores e para o provimento de conhecimentos didáticos-pedagógicos atualizados aos professores de física em exercício nas escolas.

Uma outra possibilidade seria a coparticipação da escola em projetos de pesquisa acadêmicos, com financiamento por órgão externo às instituições conveniadas.

Acreditamos que essa aproximação universidade-escola possa ser um caminho para uma implementação efetiva da ER nas escolas. Além disso, esses trabalhos precisam ocorrer de forma a produzir uma mudança de paradigma educacional, em que o aluno seja o foco do processo educacional. Assim, professores, pesquisadores e alunos podem construir, juntos, uma nova cultura escolar, que atenda às necessidades dessa nova sociedade.

A adoção da ER pode promover uma inovação no processo educacional, pois:

- introduz Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) na sala de aula, ou seja, pode produzir inovação do ensino com tecnologia;
- supre a escola com um laboratório de física, sem a necessidade da destinação de um espaço físico específico para isso e permite realizar atividades experimentais didáticas. A falta de laboratórios de ciências é um dos desafios que são citados por professores;
- auxilia na aproximação universidade-escola pelo fato de que os experimentos remotos geralmente ficam localizados nas universidades, para uso das escolas, e o seu simples uso já promove a interação entre essas instituições;
- pode contribuir para mudar o conceito de atividades experimentais didáticas, quando adotada com uma metodologia apropriada, como por exemplo, o ensino por investigação;
- permite observar um evento físico real (ilustrar um evento) em aulas predominantemente teóricas, sem a necessidade de se realizar tomadas de dados e análises típicas das atividades didáticas experimentais;
- permite trabalhar a parte conceitual da física juntamente com a parte experimental, quando ocorre uma discussão teórica, já que é acessível de qualquer lugar e a qualquer hora. Isso aumenta a relação teoria-prática tão desejada pelos professores de física;
- contribui para a implantação do ensino remoto em física, que assumiu uma importância inesperada com o advento do isolamento social provocado pela pandemia do COVID-19;

- oportuniza o desenvolvimento de experimentos ajustados às necessidades dos professores de física, liberando-os das amarras dos livros didáticos;
- pode aproximar o professor de física e os pesquisadores universitários na concepção, desenvolvimento e aplicação dos ER, tornando os professores de física coautores dos seus recursos didáticos.

Para isso precisamos ser inovadores. Para Fino (2009),

Inovar é assim mesmo. Não se trata de procurar soluções paliativas para uma instituição à beira do declínio. Trata-se de olhar para além dela, imaginando outra, deixando de se ter os pés tolhidos pelas forças que conduzem inexoravelmente em direção do passado. (FINO, 2009, p. 276)

Concordamos com Fino (2011) de que não há garantias de que todas essas ações transformem, de fato, o professor de física em um agente inovador na escola. É possível que, ao final das contas, prevaleça o “peso da tradição”. Mas nosso pensamento se alia à ideia de Fino (2011), que alerta

Mas só um professor reflexivo, capaz de usar pensamento crítico, e bem equipado teórica e metodologicamente pode desafiar a ortodoxia, criando contextos de prática em que os seus alunos sejam os protagonistas. (FINO, 2011, p. 53)

Entretanto, essa transformação da cultura do sujeito só ocorre ao vivenciar experiências agradáveis que o façam adotar outras perspectivas, remodelar conceitos e percepções, conhecer outras faces possíveis da realidade que o cerca. Sentimo-nos plenamente atendidos pela constatação de Larrosa (2002) de que

É experiência aquilo que nos passa, ou que nos toca, ou que nos acontece, e ao nos passar nos forma e nos transforma. Somente o sujeito da experiência está, portanto, aberto à sua própria transformação (LARROSA, 2002, p. 26).

### 3.3 Desejos e Necessidades dos Professores

#### 3.3.1 A importância da Atenção

Em uma das escutas do áudio gravado da entrevista da professora Lise Meitner, uma expressão recorrente nos fez refletir: “*chamar à atenção!*”.

A professora Lise relacionou a questão da atenção com a afetividade quando disse que: “*Eu faço muita graça, sabe? Porque é o único jeito de eu ter a **atenção** deles, sabe? Então, assim, eles, geralmente, **gostam muito de mim**”.*

Por isso, o sentido da expressão “chamar à atenção” se tornou, para nós, o que Kaufmann nomeia de “chave de leitura”. Dessa forma, em uma nova escuta, identificamos que esse termo foi muito recorrente durante a conversa com os demais professores também.

O professor Max Planck, que não conhecia a ER e que pareceu ser mais resistente ao uso de atividades diferenciadas, mostrou essa preocupação em “chamar à atenção” do aluno, para que ele tenha interesse. Ele disse que, pela sua experiência, é muito difícil ter esse resultado, mesmo com uma simulação, ou um experimento remoto, ou “*qualquer outro tipo de coisa*”, pois,

*[...] **chamar a atenção dele (aluno) é algo que eu não consigo entender ainda como. [...] eu quero que ele tenha interesse, se eu conseguir que despertar o interesse dele, não importa o que eu tô fazendo. [...] agora, se ele não tem esse interesse, eu não sei o que eu faço.** (Max Planck)*

Para o(a) professor(a) é importante conquistar os alunos. A professora Elizabeth Blackwell mostrou isso, ao falar qual seria a maior vantagem em usar a ER: “*A **atenção** da turma eu acho que é a mais né?! Porque eu acho que se o menino vê acontecendo uma coisa que ele não sabia, que ele não esperava [...] **você ganha a turma.***”

Desta forma, acreditamos que a escolha da expressão “chamar à atenção” é bastante relevante para a análise. Percebemos que essa intenção não é exclusiva de um(a) único(a) professor(a): os demais entrevistados também buscaram a atenção dos alunos.

Ficou subjacente às falas dos professores que essa busca da atenção não é importante apenas para que os alunos se interessem pelo conteúdo, mas que se interessem também pela sua pessoa. Pois, “*Tem professor que **tá doido pra ter só***

**um olhar durante a aula, né?”** (Elizabeth Blackwell). Assim, esses fatores interferem no processo de ensino-aprendizagem e precisam ser levados em consideração.

Ao ser questionado por quê usaria a ER, o prof. Max Planck foi taxativo: “[...] para **ganhar a atenção** do menino”.

Na conversa sobre os tipos de experimentos que poderiam ser interessantes para serem transformados em experimentos remotos, Lise explicou que os experimentos deveriam ter o potencial de “*chamar à atenção*” dos alunos. Com o intuito de explicar como eles deveriam ser, ela diz:

*[...] eu acho que, o que seria mais **agradável**, é se, por exemplo, eles [os experimentos] fossem construídos não só com uma **cara de experimento**, entendeu? Mas tivesse uma contextualização do dia a dia maior. [...] e isso para os alunos, eu acho que faz muita diferença. O que eles procuram de experimento, tem que ter um **atrativo**. [...] uma significação dentro do contexto deles, senão, pra [sic] eles não têm **graça**. (Lise Meitner)*

A argumentação da professora sobre as características que os experimentos deveriam possuir nos despertou uma curiosidade. Por que os experimentos precisam ser agradáveis? Por que eles devem atrair os alunos? Por que precisam ter graça? Um experimento apenas com “*cara de experimento*” não é suficiente para “*chamar à atenção*” dos alunos?

Por que os aspectos mais relevantes, de acordo com a professora, não estão relacionados ao potencial do experimento em proporcionar uma aprendizagem mais significativa do conteúdo abordado? Ou, em relação ao potencial do experimento em desenvolver aprendizagens inerentes ao trabalho experimental, como no Quadro 10? Ou, até mesmo, ao fato de poder proporcionar a motivação do aluno para a aprendizagem do conteúdo relacionado? Ou seja, por que é tão importante “*chamar à atenção*”?

Os professores parecem valorizar recursos que agradam os alunos. Por mais que eles não considerem que as aulas tradicionais sejam agradáveis, quando acreditam que precisam fazer algo diferente, eles buscam por atividades que tenham o potencial de “*chamar à atenção*” dos alunos. Nessa situação, a principal característica do recurso didático escolhido para esse momento não está diretamente relacionada ao potencial de aprendizagem, mas sim, ao potencial de agradar os alunos, com o objetivo de “*chamar à sua atenção*”.

Notamos que é muito importante, para os professores, conseguir perceber que os alunos estão gostando de desenvolver as atividades, ou seja, a atenção que os alunos dispõem devido ao seu trabalho. Dessa forma, o trabalho, o esforço e o tempo despendido para realizar essa atividade parece ter sido valorizado de alguma forma.

Isso fica claro com a frase do professor Max Planck quando ele explica por que os professores, em geral, não realizam atividades diferenciadas. Quando questionado sobre o uso da ER, segundo esse professor, o principal motivo para um professor decidir usá-la ou não é o público: *“Ele (outros professores) tem um público que às vezes **não vai dar a atenção devida pelo trabalho que ele vai ter. E, isso aí, isso desmotiva**”*.

Nessa fala, explicita-se a questão do reconhecimento do professor pela sua iniciativa pedagógica. O conceito de “atenção” agora está mais fortemente relacionado ao reconhecimento do professor.

Percebemos, também, que esse reconhecimento não está apenas relacionado com o retorno que o professor tem por suas atividades, mas também em relação à interação professor-aluno.

A professora Lise Meitner demonstrou durante a entrevista que é muito importante, para ela, que os alunos gostem dela. Por esse motivo, o conteúdo que ela ministra, as atividades que ela realiza e sua forma de se portar durante as aulas têm esse objetivo, o de agradar os alunos como forma de buscar uma afetividade. Quando a questionamos sobre se ela acreditava que estava fazendo diferença na vida dos alunos ela respondeu o seguinte:

*Sim! Porque **eu tenho o reconhecimento deles, né! E eu sofro quando eu não tenho. Então, assim, eu sempre vou querer ter o reconhecimento deles** porque é da minha personalidade buscar essa... essa certificação deles”. “É uma coisa egoísta minha, porque **eu tô sempre procurando esse reconhecimento, sempre. Mas acaba sendo uma coisa boa [...] eu ajudo eles e eles me ajudam [...]**.  
(Lise Meitner)*

Os professores se sentem reconhecidos quando recebem atenção dos alunos, quando sentem que os alunos se interessaram pelas atividades que foram desenvolvidas, que exigiram tempo e demandou trabalho.

Esse reconhecimento pode motivar os professores a continuar a desenvolver essas atividades, a tentar utilizar outros recursos didáticos e tentar fazer a diferença

na vida do aluno. A seguinte frase da professora Elizabeth Blackwell reforça essa ideia: “*Eu tenho a impressão de que o **interesse** deles (alunos) **motiva** o professor*”.

Logo, a “desmotivação” na fala do prof. Max Planck e a motivação enunciada pela professora Elizabeth Blackwell nos trazem outro conceito à tona: a motivação.

Esse mesmo sentimento foi demonstrado pela profa. Maria Mayer, ao ser questionada sobre as vantagens em se utilizar a ER: “*Seria talvez um aspecto, a **motivação**, tanto por parte do professor, quanto por parte do aluno*”.

A sensação de satisfação/insatisfação do professor também emergiu das falas. A professora Marie Curie relatou que mudou a forma de usar um recurso didático devido ao gosto dos alunos. Ela disse que “*os alunos não gostam de slides*” e exemplificou uma situação em que se sentiu frustrada usando essa tecnologia. Por isso, hoje ela usa os slides apenas para ilustrar algo ou mostrar algum vídeo. Isso reforça a ideia de que agradar os alunos é importante para o professor.

A questão da afetividade, que surgiu logo na primeira fala da professora Lise Meitner, no início desta seção, também permeia outros discursos apresentados. Desta forma esse conceito também merece uma reflexão no sentido de modelo conceitual explicativo geral, envolvendo a atenção, a motivação, a satisfação, o reconhecimento e a afetividade.

Essa afetividade apresenta-se também no argumento da professora Elizabeth Blackwell, que conhece a ER mas nunca a utilizou. Quando questionada sobre a possibilidade de usá-la em suas aulas e sobre quais características a ER deveria possuir, disse: “*Eu tenho certeza que eles (os alunos) iriam **amar** fazer.*” e que “*Talvez fosse até um **estímulo** a mais para os estudantes.*” Porém, “*depende da gente conseguir **envolver** os estudantes*”.

As questões que nos confrontam agora são: Como podemos explicar esses sentimentos percebidos nas falas dos professores? De que forma as teorias comportamentais relacionam a afetividade, satisfação, motivação, atenção e reconhecimento?

Como esses sentimentos são universais, fomos buscar respostas em trabalhos de outras áreas do conhecimento.

Há tempos que o mundo dos negócios estuda questões relacionadas à motivação e satisfação no trabalho, porque esses termos constituem elementos chaves neste campo da atividade humana.

Dentre as teorias comportamentais utilizadas, as mais citadas e adotadas estão as de Abraham Maslow e Frederick Herzberg (GAWEL, 1996).

Maslow, psicólogo americano, é conhecido, principalmente, por sua Teoria da Motivação e por ter hierarquizado as necessidades humanas (SAMPAIO, 2009).

Essas necessidades foram categorizadas na seguinte ordem crescente de premência (BOHRER, 1982, p.44):

- necessidades de auto-realização;
- necessidades de estima;
- necessidades sociais;
- necessidades de segurança;
- necessidades fisiológicas.

A partir das falas dos professores entrevistados, importa-nos considerar apenas duas destas necessidades: as necessidades sociais e as necessidades de estima.

As necessidades sociais estão relacionadas ao afeto, aceitação, apreciação e pertença. Já as necessidades de estima envolvem a imagem da pessoa em relação a si mesmo e aos outros.

Em relação às necessidades de estima, Bohrer (1982) considera que “a procura de poder, de status, de prestígio, de reconhecimento, de apreço, de maestria, de competência ou suficiência indica a busca de satisfação das necessidades vinculadas a este nível” (BOHRER, 1982, p.44).

Desta forma, o reconhecimento é uma necessidade de estima e a afetividade é uma necessidade social.

Para Dejours (1993, 2009) o reconhecimento é “um processo de retribuição simbólica assentado em julgamentos sobre o fazer das pessoas” (BENDASSOLLI, 2012, p.38). Podemos dizer que o reconhecimento é um aspecto pessoal que ressoa no aspecto social, isto é, o reconhecimento de si pelo outro.

Zimerman (2009, p. 25) afirma que todo ser humano tem “[...] uma necessidade vital de vir a ser reconhecido e aceito pelos demais como igual, valorizado, respeitado, desejado e amado”.

Para Zimerman, é “relevante destacar que até mesmo qualquer pensamento, conhecimento ou sentimento requer reconhecimento pelos outros para adquirir uma existência [...]” (ZIMERMAN, 2009, p. 131).

Demoramos meses para encontrar um referencial sobre o reconhecimento profissional do professor que não fosse na esfera organizacional ou financeira. Finalmente, encontramos em Dotta (2014) e Nogueira e Brasil (2013) as ideias que balizaram nossa construção conceitual nesse tema.

Para Dotta (2014), é “no trabalho com crianças e jovens que os educadores/professores/ formadores procuram o sentido da sua atividade e o reconhecimento dos outros.” Para esse autor, esse reconhecimento é considerado uma “mais-valia nas configurações identitárias” do professor.

Sabemos que a atenção dos alunos não é a única forma do professor obter reconhecimento ou afeto. Mas as nossas análises indicaram que esse é um fator muito relevante para esse processo.

Segundo Nogueira e Brasil (2013),

Além do reconhecimento entre os pares, o reconhecimento advindo dos estudantes contribui para vivência de prazer e sofrimento no trabalho. Quando este é reconhecido pelos estudantes, assegura de forma mais sustentada o sentido do seu trabalho, pois é o resultado, o valor que o trabalho tem para alguém. (NOGUEIRA; BRASIL, 2013, p. 102)

Os aspectos citados por esses autores podem ser encontrados, especialmente, nas falas das professoras Lise Meitner e Elizabeth Blackwell, já apresentadas nesta seção.

Porém, apenas o reconhecimento advindo dos estudantes não é capaz de satisfazer plenamente os professores, como mostram os dois casos a seguir.

A professora Elizabeth Blackwell demonstrou ter uma excelente autoestima. Ela acredita no seu potencial e demonstra muita segurança em sua forma de ser professora. Além disso, possui um relacionamento muito bom com os alunos. Ou seja, ela considera que tem o reconhecimento e o afeto por parte dos alunos.

Porém, não considerava que era suficientemente reconhecida no aspecto financeiro. Assim, buscou uma outra forma de obter esse reconhecimento: prestou um concurso e hoje trabalha em uma instituição federal. Agora recebe um salário mais satisfatório em relação ao do cargo na escola estadual que ela trabalhava.

Outro exemplo é a professora Lise Meitner, a professora que ministra a “*aula showzinho*”. Para ela, esse tipo de aula é importante para conquistar a atenção dos

alunos e, assim, ela também sente que os alunos gostam. Na entrevista, ela relatou a importância da afetividade com os alunos para o seu bem estar na sala de aula. Mas, apesar de gostar muito de ser professora e perceber a diferença que faz na vida dos alunos, ela disse que pretende cursar engenharia elétrica futuramente, apenas por questão salarial.

O amor pelos alunos e pela escola nem sempre é suficiente para manter um professor na escola ou na profissão. Eles precisam do reconhecimento dos alunos, mas também precisam do reconhecimento da escola, do governo e dos seus pares.

Por isso, o reconhecimento é importante para o professor, pois, possibilita a “oportunidade de transformação de si mesmo”, a “realização no campo social”, dá sentido ao trabalho e demonstra um retorno do investimento do professor. Mas, quando esse reconhecimento não acontece produzirá sofrimento e afetará a prática docente (NOGUEIRA; BRASIL, 2013).

Assim, concordamos com Nogueira e Brasil (2013, p. 97) que “além do trabalho, o professor quer fazer a diferença na vida do sujeito, quer ser reconhecido.”

Os estudos que encontramos sobre a afetividade na educação geralmente focam o aluno. Discutem como o professor pode desenvolver a afetividade do aluno em cada fase de desenvolvimento e como esses resultados podem colaborar para a aprendizagem dos alunos. Entendemos que esse tipo de estudos também deveria ter o foco no professor.

Uma aproximação ao nosso objetivo está no trabalho das autoras Marroney e Almeida (2004), o qual versou sobre a afetividade e o processo de ensino e aprendizagem, com base na teoria de desenvolvimento de Henri Wallon. Elas defendem que a relação interpessoal professor-aluno é um fator determinante para o processo de ensino e aprendizagem.

Segundo as autoras, a teoria psicogenética de Henri Wallon sobre a questão da afetividade “[...] dá subsídios para compreender o estudante e o professor, e a interação entre eles” (MARRONEY; ALMEIDA, 2005), fornecendo

[...] elementos para uma reflexão de como o ensino pode criar intencionalmente condições para favorecer esse processo, proporcionando a aprendizagem de novos comportamentos, novas ideias, novos valores. (MARRONEY; ALMEIDA, 2005, p. 15)

Por isso, a busca pela afetividade é um processo importante para uma relação entre professores e alunos e quando as necessidades afetivas não são satisfeitas “[...] estas resultam em barreiras para o processo ensino-aprendizagem e, portanto, para o desenvolvimento, tanto do estudante como do professor” (MARRONEY; ALMEIDA, 2005, p.26).

Percebemos que os professores buscam essa afetividade, pois eles tentam agradar os alunos, eles querem atenção e querem que os alunos gostem deles. Essa busca pode não estar apenas relacionada à preocupação do professor em facilitar a aprendizagem, mas pode estar relacionada à satisfação e motivação do professor.

Mas o que dizer sobre a satisfação e a motivação?

Nesse contexto, o psicólogo americano Frederick Herzberg propôs a teoria dos dois fatores: fatores higiênicos e fatores motivacionais, que constituem um paradigma bidimensional de fatores que afetam as atitudes das pessoas (GAWEL, 1996).

Os fatores higiênicos (extrínsecos ao indivíduo) são aqueles relacionados ao ambiente de trabalho, como política da empresa, condições de trabalho e salário. Os fatores motivadores (intrínsecos ao indivíduo) são aqueles que enriquecem o trabalho.

Herzberg também difere motivação de satisfação, sendo a motivação “[...] uma propensão para a ação originada em uma necessidade” e a [...] satisfação é algo que sacia a necessidade” (PILATTI, 2004, p.57).

Assim, “a satisfação no trabalho é condição necessária para levar o indivíduo a fazer opção para a realização da tarefa, que acontece através dos fatores motivadores” (PILATTI, 2004, p.21).

Desta forma, tanto a motivação, quanto a satisfação são sentimentos desencadeados por uma necessidade, seja ela social ou de estima.

Em uma pesquisa feita com professores do ensino fundamental, ensino médio e ensino superior, Dotta (2014) mostra que eles expressaram sentimentos de satisfação pessoal e profissional o fato de se relacionarem positivamente com os alunos, no aspecto didático-pedagógico ou no simples convívio nos intervalos das aulas e que

Manifestaram ainda o sentimento de que podem fazer a diferença

na vida dos alunos e que eles mais tarde vão reconhecer, vão recordar como foi importante a influência que o professor teve na sua formação acadêmica e na construção da visão do mundo. (DOTTA, 2014)

Sentimento semelhante foi manifestado pela professora Lise Meitner e já relatado nesta seção.

Quando formulamos a hipótese de que a atenção do aluno é uma forma de obter um reconhecimento, a partir dos dados advindos das entrevistas, começamos a procurar um referencial teórico que corroborasse com essa ideia. Essa pesquisa não foi fácil.

Existem vários trabalhos sobre reconhecimento profissional, satisfação no trabalho e motivação. Porém, não existem tantas pesquisas sobre o assunto no tocante à profissão do professor quanto para as demais profissões.

Conforme Moreira (1997),

[...] a qualidade do ensino e a satisfação do professor no trabalho estão intimamente ligadas e que é improvável melhorar a qualidade do ensino sem primeiro entender quais as expectativas, motivos e interesses que ainda sustentam os professores em uma profissão em constante desvalorização (MOREIRA, 1997, p. 88).

Pudemos perceber desses estudos que, além do reconhecimento ser uma necessidade humana, ele ainda é importante para a motivação no trabalho.

No caso dos professores entrevistados, eles indicaram que se sentem satisfeitos quando obtém a atenção dos alunos. E que, a depender da situação, essa atenção pode saciar a necessidade de reconhecimento ou de afeto.

Quando o professor obtém esse tipo de resposta, ou seja, quando ele tem essas necessidades saciadas, esse fator pode gerar uma motivação para que o professor procure recursos didáticos, metodologias e/ou atividades que satisfaçam essas condições.

Todas essas relações conceituais estão sintetizadas no mapa conceitual mostrado na Figura 3, a partir do nosso entendimento sobre as relações entre necessidade, necessidade de estima, necessidade social, reconhecimento, afetividade, atenção, satisfação e motivação.

Desta forma, a questão da atenção possui dois aspectos complementares relacionados aos desafios interpostos ao professor: um, é despertar a atenção dos

alunos para si para gerar satisfação pessoal e outro, ser reconhecido pelo seu trabalho.

A considerar as falas dos professores apresentadas nesta seção, o grande desafio é conseguir a atenção do aluno. Concordamos com os professores e com a observação de Filatro e Cavalcante (2018), de que

A economia da atenção afeta consideravelmente os modelos de educação tradicional focados em transmissão de informações, pois nenhum professor ou especialista em conteúdo no mundo é capaz de competir em quantidade de dados com a web. (FILATRO; CAVALCANTE, 2018, p.69)

**Figura 3** - Mapa conceitual sobre os conceitos relevantes desta seção.



Fonte: a autora.

Desta forma, percebemos dois aspectos complementares relacionados aos desafios interpostos ao professor relacionados a questão da atenção: um, é

despertar a atenção dos alunos para si para gerar satisfação pessoal e outro, ser reconhecido pelo seu trabalho.

A considerar as falas dos professores apresentadas nesta seção, o grande desafio é conseguir a atenção do aluno. Concordamos com os professores e com a observação de Filatro e Cavalcante (2018), de que

A economia da atenção afeta consideravelmente os modelos de educação tradicional focados em transmissão de informações, pois nenhum professor ou especialista em conteúdo no mundo é capaz de competir em quantidade de dados com a web. (FILATRO; CAVALCANTE, 2018, p.69)

Desta forma, pensamos que as possibilidades de superar esse problema não se encontram no modelo tradicional de ensino da física. As próprias argumentações dos professores entrevistados em busca de alternativas didáticas reforçam esse pensamento.

As autoras supramencionadas também apontam a dificuldade da consecução desse objetivo se for preservado tal modelo, pois

[...] a educação presencial tem sofrido sérios golpes em sua capacidade de capturar e manter a atenção, e se vê ameaçada por novos letramentos e novas epistemologias digitais. (FILATRO; CAVALCANTE, 2018, p.70).

Entretanto, também consideramos que a superação dessa necessidade passa por uma completa reorganização do ensino de física, tanto na educação básica, quanto nos cursos de formação inicial de professores de física. Não apenas na questão teórico-metodológica, mas também na questão de ênfases curriculares, do papel e postura do professor e do aluno no processo de ensino e aprendizagem.

Assim, o desafio da busca e manutenção da atenção do aluno da educação básica, nessa disciplina, não pode ser superada apenas por inserções pontuais de estratégias didáticas. Necessita, fundamentalmente, de uma mudança na cultura escolar, de forma a incluir alternativas pedagógicas harmônicas, persistentes e eficazes no processo educacional.

É claro que essa mudança não pode ser disruptiva, mas precisa ocorrer aos poucos e de forma constante. No próprio grupo de pesquisa de que participamos, o Nutec, já existem exemplos de possibilidades com resultados positivos, como o trabalho de Neri (2020), que podem ser implementados e aperfeiçoados. E a

solução é comunitária e não localizada espacialmente: devem ser utilizadas as competências de múltiplos agentes educacionais, que inclui os alunos, além de espaços de aprendizagem que extrapolam os muros das escolas.

Portanto, o grande desafio para a busca da atenção dos alunos, é maximizar a imbricação de *ensino e aprendizagem* de física. Isto é, atuar na lógica do Ensino Investigativo (AZEVEDO, 2004) e do ensino argumentativo (SÁ; KASSEBOEHMER; QUEIROZ, 2014), em que aluno e professor trabalham e discutem colaborativamente sobre o objeto do conhecimento (BORGES, 2020).

Entretanto, essas competências devem ser construídas. Logo, o ciclo só se inicia quando a formação inicial dos professores de física priorizar esses objetivos, para formar profissionais com conhecimentos suficientes para atuar com segurança nos moldes não tradicionais.

Ao mesmo tempo, essa necessidade é justificada, como apontam Filatro e Cavalcante (2018), que

[...] se antigamente os alunos precisavam “merecer” a atenção de seus professores, hoje em dia cada vez mais é o professor que – entre tantos estímulos concorrentes – deve ganhar a atenção dos alunos (FILATRO; CAVALCANTE, 2018, P. 70).

No tocante ao reconhecimento, manifestado em algumas falas dos professores entrevistados, é preciso considerar que

[...] o reconhecimento ocupa um lugar fundamental para o sujeito, pois reveste de sentido o trabalho, transforma o sofrimento em prazer e contribui para a construção da sua identidade. (NOGUEIRA; BRASIL, 2013, p. 105)

Como o reconhecimento é a valoração do professor pelo que ele faz e diz em sala de aula, pela identidade que o representa, pela atenção que desperta ao agir e falar, essa busca docente é perfeitamente justificada.

O desafio é propiciar esse reconhecimento em uma nova concepção de ensino de física, como mencionado anteriormente. Como adicionar reconhecimento à figura do professor nesse modelo de ensino investigativo e argumentativo em física?

Uma possibilidade é instituir um mecanismo coletivo de construção de um novo perfil do professor, nos moldes projetados pelas pesquisas e orientações governamentais. Porém, algo que não atribua mais esforço de trabalho unicamente

a esse profissional, ou que o esforço adicional seja compreendido, pelo mesmo, como inerente ao seu maior reconhecimento profissional.

Percebemos uma possibilidade viável na mudança de paradigma de um professor de física usuário de recursos instrucionais para um professor produtor desses recursos. Um professor que participa da construção, utilização e distribuição de seus próprios materiais didáticos. Um professor liberto dos livros-textos, das apostilas, dos simuladores, dos vídeos etc. produzidos por terceiros. Um professor-autor, trabalhando em uma coletividade formada por outros colegas, todos autores de materiais educacionais compartilháveis e de acordo com suas reais necessidades.

Nessa perspectiva, a atenção e reconhecimento reclamados pelos professores entrevistados teriam mais chances de ocorrer.

### ***3.3.2 A Questão da Atenção e a Experimentação Remota: Desafios e Possibilidades***

Percebemos que, quando um professor decide sair da sua zona de conforto e escolhe uma atividade, recurso didático e/ou metodologia diferenciada, ele prioriza algo que tenha o potencial em conquistar atenção dos alunos.

A questão da aprendizagem de física que o uso desse recurso pode proporcionar se torna secundária nesse cenário. Não que ela seja desconsiderada, mas o fator decisivo para o professor, conforme as falas colhidas, é o potencial que esse trabalho tem em “chamar à atenção do aluno”.

Quando o professor alcança esse objetivo, ele satisfaz suas necessidades sociais e de estima. Dessa forma, a busca para saciar essas necessidades pode ser um fator motivador para que o professor decida sair de sua zona de conforto e superar todos os desafios e obstáculos que envolve essa atitude.

Por isso, para que um professor decida usar a experimentação remota em suas aulas de física é necessário que ela desponte com o potencial de “chamar à atenção” do aluno e isso representa um **desafio** para a aceitação da ER nas escolas.

Ou seja, além do aparato experimental e do respectivo ambiente virtual de aprendizagem precisarem ser desenvolvidos de tal forma que capture a atenção dos alunos, o professor também deve perceber essa possibilidade, para ser

convencido a inserir a ER em suas aulas. Isso representa um desafio a ser superado.

Para que a ER em física contemple esses objetivos, é necessária uma pesquisa muito mais próxima dos professores e alunos. É necessário compreendê-los, descobrir como a atenção do aluno é capturada e como os professores poderiam se sentir satisfeitos, em relação às necessidades sociais e de estima, com o uso da ER.

Desta forma, não basta criar experimentos remotos que são importantes para a aprendizagem, que desenvolvam aprendizagens conceituais, atitudinais e procedimentais, se ela não capturar a atenção do aluno. Para que essas aprendizagens ocorram, é necessário que o aluno dispense tempo e atenção à essas atividades. Isto é, seja envolvido emocionalmente pelo aparato.

Assim, os estudos e pesquisas relacionados à atenção são fundamentais para a **possibilidade** de inserção da experimentação remota nas escolas.

De um ponto de vista prático, é possível descobrir esse potencial atrativo para confeccionar um experimento remoto de física se o seu projeto e desenvolvimento ocorrer com a colaboração dos personagens alvos.

Essa ideia encontra suporte na afirmação de Moreira (2018), de que

Na pesquisa em ensino, dar mais atenção à pesquisa translacional com participação de professores em serviço, ativos no ensino de Física na escola. Estimular a pesquisa em ensino dirigida a problemas reais da sala de aulas e apoiar a participação de professores nessa pesquisa. Valorizar a produção técnica. (MOREIRA, 2018, p.78)

Uma conversa com professores e estudantes pode ser útil para descobrir quais necessidades e expectativas existem para o ensino dos tópicos de física e quais dificuldades ou carências têm impedido a consecução dos objetivos educacionais.

Retornando à fala da professora Elizabeth Blackwell, fica claro que as aulas experimentais que teve no seu curso de formação inicial não lhe promoveram significado algum. Isto teria ocorrido apenas por causa da metodologia adotada? Seria pela sua incompreensão do objetivo da prática experimental? Seria pelo aparato experimental não ter lhe representado algo interessante?

Embora a professora Elizabeth Blackwell tenha demonstrado confiança em que os alunos iriam gostar de realizar experimentações remotas, é interessante recordar que a professora Maria Mayer citou que gostaria que os experimentos de física estivessem mais relacionados com o cotidiano/contexto do aluno, ser mais atrativos e ter graça.

Esse fato agrega outros **desafios**: Que adereços motivacionais poderiam ser atribuídos aos experimentos remotos para envolver os estudantes no seu uso? Como fazer para que esses adereços motivacionais não comprometam a aprendizagem de conteúdos da física?

Entretanto, recuperando a análise feita no item 3.1.2, acreditamos que desenvolver experimentos remotos que tenham o potencial de agradar os professores e alunos não seja suficiente para conseguirmos incorporar isso nas escolas se a concepção dos professores em relação às atividades didáticas experimentais não mudar.

Ao colocar a experimentação em física como um complemento secundário ou dispensável para a aprendizagem dessa disciplina, como insinuaram as falas dos professores, essa postura não vai contribuir para o seu uso. Acreditamos que esse deve ser o primeiro **desafio** a ser superado.

Nessa perspectiva, devem-se idealizar estratégias que possam promover a mudança da cultura do professor em relação às atividades didáticas experimentais em física. Como dizem Andrade e Massabni (2011).

As atividades práticas são uma forma de trabalho do professor, e querer utilizá-las, ou não, é uma decisão pedagógica que não depende apenas da boa vontade do docente, seu preparo ou condições dadas pela escola. Os professores, ao decidirem como desenvolver suas aulas, realizam julgamentos pessoais sobre como devem agir, avaliando crenças, valores e conhecimentos adquiridos na formação e no exercício profissional. Se o professor valoriza as atividades práticas e acredita que elas são determinantes para a aprendizagem de Ciências, possivelmente buscará meios de desenvolvê-las na escola e de superar eventuais obstáculos. (ANDRADE; MASSABNI, 2011, p. 836)

A **possibilidade** de convidar professores e alunos para auxiliar no desenvolvimento dos aparatos experimentais pode produzir essa mudança de concepção. Além disso, a autoria compartilhada certamente promove maior empoderamento desses agentes educacionais e favorece os sentimentos de

satisfação e motivação para esse tipo de atividade. E, conforme a relação conceitual apresentada da Figura 3, isso satisfaz as necessidades social e de estima, ao promover a sensação de reconhecimento, afetividade e pertencimento.

No caso dos alunos da educação básica, esses sentimentos puderam ser percebidos durante o desenvolvimento colaborativo de artefatos tecnológicos digitais voltados à educação (NERI, 2020). Presume-se que isso também possa ocorrer com os professores.

O uso da metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos por Neri (2020) demonstrou que a atenção e o envolvimento do aluno podem ser conseguidos por atividades de aprendizagem que se pautem na aprendizagem ativa e no uso de tecnologias digitais.

Moreira (2018) também recomenda o

Abandono do ensino tradicional, centrado no professor “dando a matéria”, em favor de um ensino centrado no aluno, na aprendizagem ativa e significativa, na qual os alunos trabalham em pequenos grupos com a mediação do professor que os ajuda a aplicar conceitos e procedimentos físicos em situações que lhes façam sentido. (MOREIRA, 2018, p.78)

Concordamos com esse autor quanto ao fato de que isso não exclui a possibilidade de, em determinados momentos, o professor fazer breves apresentações e explicações à toda a sala (MOREIRA, 2018).

E, como hoje está mais difícil conseguir a atenção dos alunos devido ao fato da tecnologia ter aumentado o volume de estímulos que são mais atrativos, este fator pode ser utilizado em prol do uso educacional com tecnologia. E a ER representa uma possibilidade, desde que planejada de forma que alcance esse objetivo.

Consideramos que são necessários mais estudos relacionados à obtenção da atenção por meio do uso da tecnologia na educação. Esses estudos já existem no mundo da economia. No caso educacional, o professor poderá não ter a atenção do aluno diretamente para si, mas, se os alunos derem a atenção para algo que ele proporcionou, talvez o professor já tenha esse reconhecimento que ele busca.

Filatro e Cavalcante (2018) alertam que

O problema é que a atenção humana é um recurso finito, assim como o tempo é um recurso inelástico, e a quantidade de

informação que as pessoas conseguem administrar individualmente tem representado uma sobrecarga cognitiva.” (FILATRO; CAVALCANTE, 2018, p. 70)

Daí, a importância de se minimizar essa sobrecarga cognitiva produzindo recursos tecnológicos dentro dos princípios de teorias provenientes da ciência cognitiva, como a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) de Sweller, Ayres e Kalyuga (2001).

Alguns estudos preliminares do uso da TCC no desenvolvimento de jogos digitais (CASASSANTA, 2017) por exemplo, apontam estratégias para elaborar recursos instrucionais que facilitem a aprendizagem sem sobrecarregar a memória de trabalho.

No caso da ER, tais cuidados devem ser tomados especialmente ao se construir a interface de comunicação entre o usuário e o experimento, geralmente, um ambiente virtual de aprendizagem.

Podemos dizer que a atenção é a moeda de troca do relacionamento humano. E, no mundo das tecnologias digitais da informação e comunicação, da qual faz parte a experimentação remota, ela é o elemento supervalorizado, não importa qual seja a natureza da comunicação envolvida, educacional ou não.

No próximo capítulo, nós reunimos outras possibilidades para o uso da ER na educação básica a partir dos nossos conhecimentos e vivências.

#### 4 O HORIZONTE AMPLIADO

Face às constatações dos desafios que percebemos nessa pesquisa, podemos agregar outras possibilidades para o uso da ER na educação básica (Quadros 11,12 e 13), que unem o que foi expresso ou percebido nas falas dos professores entrevistados, em articulação com o que pensamos a respeito desse tema, a partir das nossas vivências em pesquisas anteriores.

As possibilidades que apresentamos podem proporcionar novos desafios para os pesquisados, professores e gestores das instituições. Mas, consideramos que isso é uma característica da busca e a implementação de novas propostas. Uma inovação pode ser acompanhada de desafios, mas isso não pode nos impedir de seguir.

No Quadro 11, destacamos as possibilidades referentes ao desafio da mudança de concepção em relação às atividades didáticas experimentais.

**Quadro 11** - Possibilidades para o desafio da mudança de concepção do professor de física em relação às atividades didáticas experimentais.

<b>DESAFIO 1</b>			
Como estimular a mudança de concepção dos professores de Física em relação às atividades didáticas experimentais?			
<b>POSSIBILIDADES</b>			
<b>Âmbito do Pesquisador</b>	<b>Âmbito do Professor</b>	<b>Âmbito do gestor escolar</b>	<b>Âmbito do gestor universitário</b>
Institucionalizar o desenvolvimento de projetos de pesquisa na área de ensino de física atrelados aos cursos de licenciatura em física e com a participação de professores em exercício e em formação	Criar e participar mais ativamente de comunidades de práticas de ensino de física para descobrir novas maneiras de ensinar essa disciplina, especialmente com o uso da experimentação	Atuar de forma pedagogicamente empreendedora, para servir de ponte entre os resultados das pesquisas com uso da experimentação didática em física e os professores da área.	Estruturar os cursos de licenciatura em física para atuarem no contexto do que as pesquisas em educação apontam para o ensino investigativo com uso da experimentação

Fonte: a autora.

Em relação às possibilidades que competem ao pesquisador, existe a carência da institucionalização de projetos de pesquisa permanentemente

vinculados aos cursos de licenciatura em física, com participação discente, com dois objetivos principais:

- a) Permitir o acesso dos futuros professores aos conhecimentos hodiernos no ensino experimental em física;
- b) Estabelecer nos futuros professores a cultura da busca por resultados de pesquisas na área e que versem sobre atividades didáticas experimentais.

Concernente às ações de responsabilidade dos professores da educação básica, a forma mais viável de minimizar esforços para planejar aulas e realizar atividades didáticas experimentais em física é o compartilhamento de conhecimentos e experiências em rede.

Nesse sentido, as comunidades de práticas de ensino em física, baseadas nas ideias das comunidades de práticas de Wenger, Mc Dermott e Snyder (2002)<sup>9</sup>, poderiam otimizar o processo de planejamento de aulas, trocas de conhecimentos e experiências sobre atividades didáticas experimentais, economizando esforços ao professor de física.

É fundamental que existam pesquisadores em ensino de física e profissionais das áreas científicas e tecnológicas nessas comunidades de práticas, para evitar o vício do pensamento de pares e possibilitar divulgar ideias inovadoras para o ensino experimental na área.

Deve-se considerar que o próprio estabelecimento e funcionamento dessas comunidades de práticas de ensino de física em rede já constituem uma mudança da cultura escolar.

No tocante às possibilidades dos gestores escolares, sua atuação deveria ser mais empreendedora no campo pedagógico do que robotizada no campo administrativo.

No que tange à sua contribuição para a mudança da concepção dos professores de física em relação às atividades didáticas experimentais, seria interessante o desenvolvimento de um trabalho de aproximação dos professores de

---

<sup>9</sup> Segundo os proponentes deste conceito, as comunidades de práticas são grupos de pessoas que compartilham uma preocupação, um conjunto de problemas ou uma paixão acerca de um tópico e compartilham seus conhecimentos e expertise na área, em prol da solução de problemas de interesse comum.

física aos resultados de pesquisas no tema. Indicações de artigos, eventos, experimentos etc. seriam úteis para a melhoria do ensino na área.

No âmbito universitário, compete aos cursos de licenciatura em física executarem o que ensinam e propõem para a educação básica. Ainda é inadmissível uma formação de professores de física que não pratica em sala de aula o que se espera que deve ser a postura didático-pedagógica do futuro professor.

Nessa lógica, falar em interdisciplinaridade sem exercê-la, em ensino investigativo sem praticá-lo, em inserção de tópicos de física Moderna e Contemporânea sem exemplificar de que maneira, em ensino focado no aluno, gamificação no ensino de física, aprendizagem baseada em projeto e até em experimentação remota sem demonstrar como, não faz sentido.

O desafio para que a experimentação remota contribua com a inovação no ensino de física passa pela mudança de concepção do professor de física em relação à atividade didática experimental. Mas isto só não basta.

Desta forma, em que pode a ER ser favorecida nesse processo e o que ela pode favorecer para essa mudança conceitual?

O Quadro 12 apresenta uma síntese de possibilidades que concebemos nesse contexto.

Nessa acepção, no âmbito das possibilidades de contribuição do pesquisador em ensino de física para o uso da ER como elemento catalisador do processo de mudanças no ensino de física, é fundamental envolver o professor no projeto e desenvolvimento do experimento remoto para uso em suas aulas. Essa atitude favorece:

- a) Uma maior aceitação do experimento remoto para uso didático e estabelece segurança ao professor no seu uso;
- b) A compreensão detalhada das diversas possibilidades de uso didático do experimento pelo professor.

Uma estratégia para envolver a maior quantidade possível de professores de física na concepção e desenvolvimento do experimento remoto pode ser por meio da mencionada comunidade de práticas de ensino de física em rede.

Discussões, desenhos, apresentações visuais das etapas de construção do experimento e, inclusive, testes preliminares e avaliações, podem ser feitos utilizando-se esse expediente interativo.

Portanto, esses aspectos já contribuem para as possibilidades do professor também.

**Quadro 12** - Possibilidades para o desafio da inovação no ensino de física por meio da experimentação remota.

<b>DESAFIO 2</b>			
Como a experimentação remota pode contribuir para uma inovação efetiva no ensino de física?			
<b>POSSIBILIDADES</b>			
<b>Âmbito do Pesquisador</b>	<b>Âmbito do Professor</b>	<b>Âmbito do gestor escolar</b>	<b>Âmbito do gestor universitário</b>
Planejar e desenvolver experimentos remotos e metodologias de ensino associadas, conjuntamente com os professores de física, de tal forma a atender suas necessidades no contexto de um ensino investigativo	Utilizar a experimentação remota para abordar conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais no ensino de física, no contexto do ensino investigativo e argumentativo.	Empreender no campo didático-pedagógico nas aulas de física, com o uso de metodologias de ensino experimental, presencial e remota, por meio da ER, ampliando o espaço escolar para além dos muros da escola.	Empreender no campo didático-pedagógico nos cursos de licenciatura em física, em metodologias de ensino experimental, presencial e remoto, intensificando a produção e uso de ER para balizar futuros professores da área.

Fonte: a autora.

Ainda em relação às possibilidades para o professor de física, é relevante entender como usar o experimento remoto para atingir os objetivos de aprendizagem descritos no Quadro 10 (das possibilidades de aprendizagens conceituais, procedimentais e atitudinais).

Novamente, isso pode ser viabilizado por meio da sua participação na comunidade de práticas em ensino de física em rede. Colegas e especialistas poderão sugerir formas de utilização didática para atingir tais objetivos.

Para os gestores escolares, o incentivo ao uso de experimentos remotos por professores de física representaria uma inovação no campo didático-pedagógico nas aulas de física. Além disso, com a possibilidade do uso de metodologias de

ensino experimental, presencial e remota, ampliaria o espaço escolar para além dos muros da escola.

A contribuição dos gestores universitários à inovação do ensino de física na educação básica poderia vir de duas formas:

- a) Reconhecimento da importância do apoio às pesquisas em ensino experimental de física que se utilizam de experimentos remotos;
- b) Empreendimento de metodologias de ensino experimental, presenciais e remotas, nos cursos de licenciatura em física, com uso dos ER.

A primeira contribuição viabilizaria a intensificação de projetos e desenvolvimento de ER e de metodologias de ensino associadas, tanto para o ensino básico, quanto para o ensino superior.

A segunda, balizaria o uso desses recursos educacionais pelos futuros professores de física, tanto no ensino presencial, quanto no ensino remoto.

Quanto às possibilidades do ER contribuir para superar o desafio de satisfazer o professor de física em sua prática educacional, apresentamos nossa proposta no Quadro 13.

**Quadro 13 - Possibilidades para o desafio de satisfazer o professor de física por meio da experimentação remota.**

<b>DESAFIO 3</b>			
Como satisfazer o professor de física em sua prática educacional com uso da ER?			
<b>POSSIBILIDADES</b>			
<b>Âmbito do Pesquisador</b>	<b>Âmbito do Professor</b>	<b>Âmbito do gestor escolar</b>	<b>Âmbito do gestor universitário</b>
Ofertar oportunidade de participação do professor de física no projeto e desenvolvimento de ER e de metodologias de ensino associadas, preferencialmente com oferta de bolsa para o professor	Participar do projeto, desenvolver e aplicar a metodologia de uso do ER e divulgar seu trabalho colaborativo junto aos colegas	Adotar e divulgar na escola o Experimento Remoto e a metodologia de ensino associada, desenvolvidos cooperativamente pelo professor	Estabelecer e manter um programa de formação continuada permanente com professores de física, incluindo o ensino experimental com uso da ER

Fonte: a autora.

A parte concernente às possibilidades do pesquisador nesse interim está relacionada à oferta de oportunidade de participação do professor de física no projeto e desenvolvimento de ER e de metodologias de ensino associadas, preferencialmente com oferta de bolsa para o professor.

Essa possibilidade de receber uma bolsa poderia suprir a necessidade de o professor ter que trabalhar o terceiro turno em outra escola para complementar o seu salário. Ao invés da ampliação da carga horária didática, o docente poderia investir esse tempo na sua formação técnica, conceitual e procedimental, participando do desenvolvimento de um recurso didático de seu interesse profissional.

No âmbito do professor, a sua participação no projeto permitiria tornar-se coautor de um produto educacional, cujo uso poderia lhe render o almejado reconhecimento pela comunidade escolar.

Os gestores escolares contribuiriam adotando e divulgando na escola o experimento remoto e a metodologia de ensino relacionada, desenvolvidos pelo seu docente de forma colaborativa com pesquisadores universitários.

Esse reconhecimento e autonomia institucional ao professor, para promover inovações no ensino de física, certamente estimularia outras iniciativas semelhantes, o que contribuiria para a melhoria do ensino de física nesse nível da educação nacional.

Apesar de reconhecer que essas possibilidades geram outros desafios, nossa intenção é apresentar perspectivas que possam ser discutida e, de preferência, implementadas.

Se é possível que o uso da experimentação remota não resolva todos os problemas por que passa o ensino de física na educação básica, esta pesquisa procurou apontar caminhos viáveis para a superação de, pelo menos, uma parte desse problema.

Acreditamos que o prosseguimento de pesquisas e ações efetivas na área são necessárias para uma maior valorização do profissional e melhoria do ensino de física e, conseqüentemente, da formação científica nacional.

As possibilidades sugeridas em nosso trabalho não são os únicos caminhos para a inserção da experimentação remota nas escolas. Porém, é um caminho que consideramos viável, interessante e que possibilita o desenvolvimento de

aprendizagens que consideramos muito relevantes para o ensino-aprendizagem de física. Devido a todos os fatores que discutimos no decorrer desse trabalho.

Tampouco, os desafios percebidos são os únicos desafios que podem dificultar a inserção da ER. Mas, são os desafios que nos chamaram mais à atenção e que sobressaíram durante as entrevistas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A carência de experimentação nas aulas física é percebida como uma preocupação por professores e pesquisadores da área. Nossas pesquisas bibliográficas apresentadas no início da tese evidenciaram esse fato.

Nesse sentido, a experimentação remota é um recurso didático que tem o potencial para contribuir com o ensino e aprendizagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

No entanto, esse recurso ainda é pouco difundido e utilizado até mesmo por professores que conhecem a experimentação remota.

Por isso, como objetivo geral, esta pesquisa teve a intenção de desvelar quais são os aspectos que favorecem ou não o uso da experimentação remota por professores de física da educação básica.

Para alcançar tal objetivo, entrevistamos 6 professores de física que atuam em Uberlândia-MG, para buscar entender como emergem os desafios e possibilidades do uso da experimentação remota na educação básica, a partir de suas falas.

Nesse intento, jamais nos preocupamos em analisar o pensamento, a postura ou as ações do professor de física para criticá-lo ou culpabilizá-lo. Entendemos que esses fatores carregam marcas culturais.

A intenção sempre foi descobrir a razão do estabelecimento do seu pensamento ou atitude em confronto com os seus contextos vivenciais. Estes contextos, sim, foram objetos de reflexão, questionamentos e críticas.

Portanto, a preocupação foi fundamentalmente procurar entender como e/ou porque o professor se constituiu com a sua personalidade. A sua personalidade, porém, não foi alvo de adjetivação ou questionamentos.

Para orientar a nossa pesquisa, nós usamos a Entrevista Compreensiva, que nos deu suporte no processo de investigação, desde a coleta de dados até a escrita do texto.

Na proposta de Kaufmann (2018) a elaboração teórica progride diariamente com hipóteses forjadas no campo, que vão ganhando força e se transformando em conceitos com a progressão do trabalho. Esse caminho nos proporcionou descobertas e conhecimentos inesperados e que foram muito relevantes para o nosso crescimento e amadurecimento intelectual.

Para compreender as falas dos professores e explicar os conceitos envolvidos, fomos buscar e estudar elementos de diversas áreas do conhecimento, como a sociologia e a psicologia.

Foi por meio desse processo que descobrimos que os desafios, referentes à adoção da ER, estão relacionados com fatores muito mais fundamentais do comportamento humano e externos aos aspectos inerentes à ER. E esses fatores representam desafios não só para o uso da ER, mas também para adoção de qualquer instrumento inovador.

Pudemos perceber isso quando procuramos os aspectos mais pessoais dos professores, que poderiam indicar o favorecimento ou não do uso da ER, por eles, no ensino de física na educação básica. Esses aspectos pessoais, que estão relacionados com nossos objetivos específicos, incluem a relação do professor com atividades experimentais, sua receptividade para a adoção de novos recursos didáticos e seus sentimentos e juízos relacionados à adoção da experimentação remota.

Na busca de identificar a relação de cada professor com as atividades didáticas experimentais, para procurar entender o papel que a experimentação adquire em suas concepções, descobrimos que o desafio está relacionado à seguinte questão, emergente das suas falas: como estimular a mudança de concepção dos professores em relação às atividades experimentais em física?

Acreditamos que esses desafios envolvem um problema que não se restringe à figura do professor de física. E nem é criado por ele. A cultura escolar, tanto em nível de educação básica, quanto em nível de educação superior, é a responsável por moldar essas concepções nos professores.

Portanto, o **desafio** maior é modificar a cultura escolar vigente. Esse é um desafio de natureza mais social, que envolve a influência imposta ao indivíduo professor pelo meio que o circunda e que o define. Ainda que o professor possa contribuir para mudar esse meio, o resultado não depende exclusivamente dele.

Os professores não enunciam ou deixam transparecer possibilidades para a mudança de sua concepção. Entendemos que as **possibilidades** de mudança da cultura escolar incluem uma maior aproximação entre universidade e escola por meio de projetos conjuntos. E, também, demandam mudanças políticas e pedagógicas dos cursos de licenciatura em física e da gestão escolar.

Outra preocupação foi compreender a receptividade do professor para a adoção ou não de novos recursos didáticos, em especial, da experimentação remota.

A esse respeito, podemos dizer que o desafio constatado na conversa com os professores é: como a ER pode contribuir para uma inovação efetiva no ensino de física?

Desta forma, o **desafio** principal é inovar o ensino de física com uso das tecnologias da informação e comunicação.

As possibilidades viáveis para a inovação do ensino de física, com o uso da ER, abrangem a introdução TDIC, viabilização da experimentação durante as aulas teóricas, a observação de fenômenos físicos na introdução da abordagem do tema, verificação de algumas hipóteses durante aulas predominante teóricas, oportuniza a argumentação e aproxima teoria e prática.

Finalmente, buscamos identificar sentimentos e juízos dos professores que podiam impactar na aceitação da experimentação remota.

Podemos concluir com relação a esse ponto que o aspecto relevante observado foi em relação à satisfação de suas necessidades pessoais e profissionais, principalmente em como buscar a atenção dos alunos e ser reconhecido.

Nesse contexto, o desafio percebido pode ser enunciado da seguinte maneira: Como satisfazer o professor de física em sua prática educacional com uso da ER?

Esse **desafio** de satisfazer o professor de física é de natureza mais pessoal, embora estimulado pelo ambiente com o qual interage. A satisfação é um sentimento; logo uma característica comportamental inerente ao indivíduo, embora construída pelo convívio social.

Nesse sentido, uma forma de viabilizar a satisfação do professor é inseri-lo no processo de desenvolvimento da experimentação remota. Com isso, atender às expectativas dos professores e alunos, viabilizando uma maior motivação para a utilização de experimentos remotos.

Após essas análises, decorrentes das falas dos professores entrevistados, interpuseram-se dois eventos que produziram uma grande interferência para a prosseguimento deste trabalho. O resultado combinado desses eventos nos trouxe

a percepção de que o desenvolvimento de experimentos remotos não é uma prioridade para o Instituto de física da UFU.

Esta constatação foi possível a partir de dois fatos:

- a) A dificuldade de se conseguir um espaço físico na universidade adequado para a alocação dos experimentos remotos desenvolvidos pelo Nutec e dos experimentos remotos doados pelo Laboratório de Experimentação Remota – RExLab da UFSC, como resultado da parceria técnico-científica com aquele grupo de pesquisa;
- b) A destinação de uma futura vaga na área de ensino para uma área que não contempla os trabalhos desenvolvidos pelo Nutec.

Em relação à solicitação do espaço físico, ela foi indeferida pelo Conselho da unidade acadêmica. Em razão da inadequação do espaço provisoriamente utilizado para alocar os experimentos remotos da UFSC, eles acabaram sendo devolvidos ao RExLab, pois estavam inoperantes devido aos contínuos problemas na rede internet no local.

Por outro lado, os experimentos remotos desenvolvidos pelo Nutec estão inoperantes pela mesma razão.

No tocante à vaga para a área de ensino, ela será destinada a candidatos que sejam astrofísicos ou astrônomos.

Se considerarmos:

- as análises dos Quadro 3 e 6 que mostram os trabalhos publicados sobre a ER no ensino;
- o fato mencionado na seção 1 de que a experimentação remota existe no Brasil há mais de 20 anos;
- as falas dos professores entrevistados em relação à atenção e necessidade de reconhecimento;
- as dificuldades de financiamento governamental que as áreas de ciência, tecnologia e educação têm tido,

Podemos enunciar que “O maior **desafio** para a experimentação remota em física é ser **reconhecida** como um importante recurso educacional para a formação científica de alunos do ensino médio ou superior”.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000400005>
- ANDREAE, S. W.; LAFORE, R. W.; KIRSTEN, F. A. **Design and use of a data link for high-energy physics experiments**. Lawrence Berkeley National Laboratory. Disponível em <https://escholarship.org/uc/item/7z54w6w7>. Acesso em 04/05/2020.
- ANGELO, C. B.; MENDES, I. A. Entrevista Compreensiva: Desvelando os Sentidos da Autonomia Docente no Desenvolvimento Curricular. **REMATEC**, v. 10, n. 19, p. 29-41, mai./ago. 2015. DOI: <https://doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2015.n19.p%p.id39>
- ANTÚNEZ, G. C.; PÉREZ, S. M.; PETRUCCI, D. Concepciones de los docentes universitarios sobre los trabajos prácticos de laboratorio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 1, 2008.
- ARAÚJO, M. S. T. de; 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.
- ARAUJO, R. S.; VIANNA, D. M. A história da legislação dos cursos de licenciatura em Física no Brasil: do colonial presencial ao digital a distância. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 4, p. 4403-1-4403-11, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172010000400010>
- ARGUEDAS-MATARRITA, C.; CONCARI, S. B.; MARCHISIO, S. T. Una revisión sobre desarrollo y uso de Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Física en Latinoamérica. *In*: Simpósio Ibero-Americano de Tecnologias Educacionais, 1., 2017, Araranguá. **Atas** [...], Araranguá: RExLab, 2017.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de aula. *In*: CARVALHO, A. M. P. (Org). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.
- BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência (s): mitos, tendências e distorções. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000300005>
- BENDASSOLLI, P. F. Reconhecimento no trabalho: perspectivas e questões contemporâneas. **Psicologia em estudo**, v. 17, n. 1, p. 37-46, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-73722012000100005>
- BIZZO, N. **Ciências: fácil ou difícil**. São Paulo: Ática, 2002.
- BOHRER, R. S. Motivação: abordagem crítica da teoria de Maslow pela propaganda. **Revista de Administração de Empresas**, v. 21, n. 4, p. 43-47, 1981. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-75901981000400004>

BOHUS, C. **Implementing Remote Laboratories for Control Engineering: Foundations for Distance Learning**. 65f. Dissertação (Master of Science in Computer Science), Oregon State University, Oregon, 1996.

BOHUS, C., CROW, L.A., AKTAN, B., SHOR, M.H. **Running Control Engineering Experiments Over the internet**. Technical Report. Oregon State University, Corvallis, OR, USA, 1996.

BORGES, J. R. A. **O Desenvolvimento da Argumentação no Ensino de Física por Investigação**. 2020. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

BRASIL. Câmara dos Deputado. **Projeto de Lei 6356/2019**. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1844213/](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1844213/). Acesso em 02/04/2020.

BÜHER, J.; IGNÁCIO, P. Políticas Públicas Educacionais Implicadas no Bom Desempenho em Ciências no Pisa: um estudo comparativo entre Singapura, Finlândia e Brasil. *Olhar de Professor*, v.23, p. 1-18, 2020

BZUNECK, J. A. Como motivar os alunos: sugestões práticas. *In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A.; GUIMARÃES, S. E. R. (Orgs.). Motivação para aprender: Aplicações no contexto educativo* Petrópolis, RJ: Vozes, 2010, p. 13-42.

CALIMAN, L. V. Os valores da atenção e a atenção como valor. **Estudos e pesquisas em psicologia**, v. 8, n. 3, p. 632-645, 2008.

CARDOSO, D. C. **A Descoberta Do Elétron Como Tema Gerador de um Ensino de Física Mediado por Experimentação Remota**. 2016. 165f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

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**. Belo Horizonte; v. 8, n. 2, 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. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Atas** [...], Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2015.

CASASSANTA, P. C. **TracIM, concepção de um jogo digital educativo para o estudo de imagem real em lente convergente**. Dissertação (Mestrado em Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

CAVALCANTI, T. C. **Tradição e Juventudes em ALAGOAS**: o grupo de coco de roda Xique-xique. 2018. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

CLEMENT, L, TERRAZAN, E.A, NASCIMENTO, T.B. Resolução de Problemas no ensino de física baseado numa abordagem investigativa, *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 9. 2013, Águas de Lindóia, SP. **Atas** [...]. Águas de Lindóia: ENPEC, 2013.

COELHO, S. M.; NUNES, A. D.; WIEHE, L. C. N. Formação continuada de professores numa visão construtivista: contextos didáticos, estratégias e formas de aprendizagem no ensino experimental de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 7-34, 2008.

CU BOULDER. **PhET Interactive Simulations. University of Colorado Boulder**. Disponível em [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Acesso em 04/05/2020.

DOS REIS SAMPAIO, Jáder. O Maslow desconhecido: uma revisão de seus principais trabalhos sobre motivação. **Revista de administração-RAUSP**, v. 44, n. 1, p. 5-16, 2009.

DOTTA, L. T. et al. O papel das crianças e dos jovens na constituição das identidades profissionais de educadores/professores/formadores de professores. **Aletheia**, v. 43, p. 9-23, 2014.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio da língua portuguesa**. Curitiba: Positivo, 2010. 2272 p.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 101-106, 2010.

FERREIRA, V. S. Artes e manhas da entrevista compreensiva. Artes e manhas da entrevista compreensiva. **Saúde e Sociedade**, v. 23, p. 979-992, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-12902014000300020>.

FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias inov-ativas na educação presencial, a distância e corporativa**. São Paulo :Saraiva Uni, 2018.

FINO, C. N. Demolir os muros da fábrica de ensinar. **Humanae**, v. 1, p. 45-54, 2011.

FINO, C. N. Inovação e Invariante (cultural). **Políticas educativas: discursos e práticas**, p. 192-209, 2009.

FRANCISCO JR, W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação Problematicadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. **Química Nova na Escola**, v. 30, n. 4, p. 34-41, 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática docente**. 55. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2017.

FÜCHTER, S. K. **Incorporação de Novas Tecnologias de Informação e Comunicação na área empresarial: Um estudo de caso.** 1999. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

GALIAZZI, M. do C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200008>

GAWEL, J. E. Herzberg's theory of motivation and Maslow's hierarchy of needs. **Practical Assessment, Research, and Evaluation**, v. 5, n. 1, p. 11, 1996.

GUERRERO, R. C. RExLab: **Abordagem para a automação em uma usina açucareira.** 1999. 184 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

GUIMARÃES, H. M. Concepções, crenças e conhecimento—afinidades e distinções essenciais. **Quadrante**, v. 19, n. 2, p. 81-102, 2010.

GUTIÉRREZ, E. Sobre o prazer excedente: de Marcuse a Aristóteles. **Discurso**, v. 36, p. 241-253, 2007. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2318-8863.discurso.2007.38079>

INEP. Notas Estatísticas - Censo Escolar 2018. Brasília: Ministério da Educação, 2018.

INEP. Sinopse Estatística da Educação Básica 2019. Brasília: Inep, 2019. Disponível em <<http://portal.inep.gov.br/sinopses-estatisticas-da-educacao-basica>>. Acesso em 02/04/2020.

KAUFMANN, J. C. **A entrevista compreensiva: um guia para pesquisa de campo.** Petrópolis, RJ: Vozes; Maceió: Edufal, 2018.

KLITZKE, M. **Protótipo de um transmissor de imagens via padrão serial RS-485.** 1999. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Curso de Ciências da Computação, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 1999.

L'ECUYER, C. **Educar na Curiosidade: como educar num mundo frenético e hiperexigente?** São Paulo: Fons Sapientiae, 2017. 160 p.

LABURÚ, C. E. Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores. **Investigações em Ensino de ciências**, v. 10, n. 2, p. 161-178, 2005.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; KANBACH, B. G. A relação com o saber profissional do professor de Física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 3, p. 305-320, 2007.

LARROSA, J. Notas sobre a experiência e o saber da experiência. **Revista Brasileira de Educação**, n. 19, p. 20-28, 2002.

LEWIN, A. M. F.; LOMASCÓLO, T. M. M. La Metodología Científica em La Construcción de Conocimientos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 2, p. 147-510, 1998.

MAHONEY, A. A.; ALMEIDA, L. R. Afetividade e processo ensino-aprendizagem: contribuições de Henri Wallon. **Psicologia da Educação. Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação: Psicologia da Educação**, n. 20, 2005.

MENDES, M. A. **Ferramentas Virtuais na educação tecnológica a distância: o caso dos Laboratórios virtuais e softwares de simulação**. 2001. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

MORAES, J. U. P. O Livro Didático de Física e o Ensino de Física: suas relações e origens. **Scientia Plena**, v. 7, n. 9, pp. 2011-2015, 2011.

MOREIRA, H. A investigação da motivação do professor: a dimensão esquecida. **Revista Educação & Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 88-96, 1997.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.

NASCIMENTO, P. B. S. **Professoras Raízes de Umbuzeiro: A Prática de Professoras de Escolas da Zona Rural**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação e Contemporaneidade, Universidade do Estado da Bahia, Salvador, 2018.

NERI, H. G. F. **Aprendizagem Baseada Em Projeto Na Formação Complementar De Estudantes Da Educação Básica**. Dissertação (Mestrado) - Programa De Pós-Graduação Em Ensino De Ciências E Matemática) - Universidade Federal de Uberlândia, 2020.

NICOLETE, P. C. **Integração de tecnologia na educação: Grupo de trabalho em experimentação remota móvel (GT-MRE): um estudo de caso**. 2016. 221 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016.

NOGUEIRA, S. T. O.; BRASIL, K. T. R. O lugar do reconhecimento no trabalho docente. **Revista Exitus**, v. 3, n. 2, p. 93-107, 2016.

OLIVEIRA, L. F. Paixão, criação, ética e cientificidade nas pesquisas compreensivas. **Cadernos de Pesquisa**, v. 45, n. 158, p. 990-995, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172010000400010>

OLIVEIRA, V. S. **Ser bacharel e professor: sentidos e relações entre o bacharelado e a docência universitária**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-

Graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

PAIXÃO, M. S. E. **Trajetórias construídas em caminhos (não) planejados: os sentidos formativos da escrita no estágio supervisionado obrigatório do curso de Pedagogia da UFMA.** 2015. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

PALDÊZ, R. A. **O uso da internet na educação superior de graduação: estudo de caso de uma universidade pública brasileira.** 1999. 169 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 1999.

PENA, F. L. A.; RIBEIRO FILHO, A. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, 2009.

PILATTI, L. A. Qualidade de vida no trabalho e a teoria dos dois fatores de Herzberg: possibilidades-limite das organizações. **Qualidade de vida no ambiente corporativo**, v. 1, 2004. DOI: [10.3895/S2175-08582012000100003](https://doi.org/10.3895/S2175-08582012000100003)

PREDKO, M. **Programming and Customizing the 8051 Microcontroller.** 1.Ed. Scott Grillo: McGraw-Hill, 1999.

QUEIROGA, A. L. F. **Sobre o processo de construção de um “inédito viável”:** sentidos do currículo integrado IFPB campus de João Pessoa (2004-2014). 2017. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

QUEIROZ, L. R. **Um Laboratório Virtual de Robótica e Visão Computacional.** 1998. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

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 (Belo Horizonte)**, v. 16, n. 3, p. 147-170, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172014160307>

SANTOS, A. N. **Quando o agricultor não chega à escola: Programa Nacional de Alimentação Escolar da Agricultura Familiar.** Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Brasileira, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SANTOS, F. H.; ANDRADE, V. M.; BUENO, O. F. A. **Neuropsicologia hoje.** Porto Alegre: Artmed, 2015.

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

SILVA, R. DE F. E. Compreender a “Entrevista Compreensiva”. **Revista Educação em Questão**, v. 26, n. 12, p. 31-50, 15 ago. 2006.

SILVA, R. T. et al. Contextualização e experimentação uma análise dos artigos publicados na seção “Experimentação no Ensino de Química” da Revista Química Nova Na Escola 2000-2008. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 2, p. 245-261, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172009110206>

STRAUSS, A. CORBIN, J. **Pesquisa Qualitativa: Técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

SWELLER, J; AYRES, P.; KALYUGA, S. **Cognitive Load Theory**. New York: Springer, 2011.

TAKAHASHI, E. K.; CARDOSO, D.C. A Construção de Experimentos Remotos e a Aprendizagem de Jovens. *In*: SILVA, R. B.; BLIKSTEIN, P. (org.). **Robótica Educacional: experiências inovadoras na educação brasileira**. Porto Alegre: Penso, 2020, p. 151 – 168.

WENGER, E.; MC DERMOTT, R.; SNYDER, W. M. **Cultivating Communities of Practice**. Massachusetts: Harvard Business School Publishing. 2002.

WISINTAINER, M. A. RExLab: **Laboratório de Experimentação Remota com o microcontrolador 8051**. 1999. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: Como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZANATTA, S. C.; LEIRIA, T. F. Uma Análise da Natureza Epistemológica das Atividades Experimentais. **Ensino & Pesquisa**, v. 16, n. 1, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422004000200027>

ZIMERMAN, D. E. **Fundamentos básicos das grupoterapias**. Porto Alegre: Artmed, 2009

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 67, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172011130305>

ZUBÍA, J. G.; ALVES, G. R. **Using remote labs in education: two little ducks in remote experimentation**. Bilbao: Deusto Digital, 2012.