

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - PPGEC

**CÍNTIA TORRES LEMES GALVÃO**

LABORATÓRIOS REMOTOS NO ENSINO DE FÍSICA: compreensões de  
professores e licenciandos

Itajubá  
2021

CÍNTIA TORRES LEMES GALVÃO

**LABORATÓRIOS REMOTOS NO ENSINO DE FÍSICA:** compreensões de  
professores e licenciandos

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal de Itajubá, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências.

**Área de Concentração:** Educação e Tecnologias

**Orientador:** Prof. Dr. Mikael Frank Rezende Junior

Itajubá

2021

CÍNTIA TORRES LEMES GALVÃO

**LABORATÓRIOS REMOTOS NO ENSINO DE FÍSICA: compreensões de  
professores e licenciandos**

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal de Itajubá, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências.

Itajubá, 30 de março de 2021.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Mikael Frank Rezende Junior (orientador)

---

Prof. Dr. Newton de Figueiredo Filho (membro interno)  
Universidade Federal de Itajubá

---

Prof. Dr. José Francisco Custódio Filho (membro externo)  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria Célia e Tarcísio, e à minha irmã, Helenita, por sempre me apoiarem na busca pelos meus sonhos.

## AGRADECIMENTOS

Ao longo desse meu pequeno percurso acadêmico, tive o privilégio de conhecer pessoas queridas que contribuíram de forma inestimável para a minha formação e para a visão de mundo que tenho hoje. Como não conseguiria citar tudo que vivenciei e todos que fizeram parte desses meus seis anos na Universidade Federal de Itajubá, agradeço à instituição e desejo que continue oferecendo um ensino público, gratuito e com qualidade para muitos jovens no futuro.

Em especial, agradeço ao professor Mikael pela orientação e confiança, mas acima de tudo pelo incentivo, apoio para desbravar as possibilidades da pesquisa e pela amizade.

Aos professores José Custódio e Newton, agradeço por aceitarem o convite para participar da banca e por todas as contribuições feitas ao trabalho. A pesquisa exige dedicação, envolvimento, mas também colaboração.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, agradeço por todas as oportunidades de formação.

Agradeço aos professores Adhimar, Agenor, João Ricardo, Luciano, Mikael, Newton e Thiago por toda contribuição à minha formação e por serem grandes exemplos de dedicação e empenho à profissão docente. Obrigada por me inspirarem a ser sempre melhor.

À professora Alessandra, agradeço por ter feito parte do meu processo de formação nesses últimos três anos, especialmente por meio do grupo de pesquisa TecDEC, e por ter me mostrado o “poder” da escrita. Também agradeço aos demais professores e integrantes do grupo por terem feito dos nossos encontros ricos momentos de troca e aprendizagem.

Aos meus pais, Maria Célia e Tarcísio, à minha Irmã Helenita, e à minha afilhada Anna Alice, agradeço por todo apoio, carinho e amor.

Também agradeço àqueles que têm feito parte dessa minha pequena trajetória, com os quais tenho compartilhado algumas angústias, mas também muitos momentos de alegria: Amanda, Brenda, Brenner, Ana Caroline, Daniele, Edilson, Elias, Evelim, Gabriel, Giovanna, Gleice, Maria Paula e Marcos Paulo.

Agradeço aos professores e licenciandos que aceitaram participar da minha pesquisa, sem os quais a investigação e as contribuições deste trabalho não seriam possíveis.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Por fim, agradeço Àquele que permite que, mesmo diante das tempestades, eu siga em frente e mantenha a esperança em um mundo melhor.

A todos, muito obrigada!

*“Argumentar que o laboratório, independente da metodologia ou forma, ajuda a aprender é indiscutível. Ajudar é prerrogativa e não necessidade” (ALVES FILHO, 2000, p. 79).*

## RESUMO

Com o objetivo de identificar quais são as possibilidades de uso dos laboratórios remotos no ensino de Física na educação básica, nossa pesquisa buscou compreender quais as dificuldades do uso e que contribuições podem trazer para o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes. Para isso, realizou-se entrevistas semiestruturadas com professores e licenciandos de Física que conheciam e haviam utilizado e/ou observado o uso de experimentos de laboratórios remotos em uma prática pedagógica. A análise foi realizada por meio dos procedimentos da análise textual discursiva e nos mostrou que, mais do que uma alternativa para a falta de laboratórios e de equipamentos para o estudo da Física, os laboratórios remotos se configuram como uma opção que pode oferecer o acesso a atividades experimentais mais robustas, além de poder despertar a criatividade e o senso crítico dos alunos com o estudo de fenômenos mediados pelas tecnologias digitais de informação e comunicação. Das implicações para o uso do recurso, a infraestrutura e a estrutura do sistema escolar se configuram como grandes impeditivos ao optar pelo recurso, mas que, adaptadas às diferentes realidades educacionais, podem oferecer novas possibilidades ao estudo da Física. A função docente, assim como uma boa formação para exercer essa função, foram citadas como essenciais para utilizar os laboratórios remotos de forma significativa no processo de ensino e aprendizagem, podendo tornar-se uma implicação para o seu uso, pois além de conhecê-lo, a pesquisa identificou que é necessário que o professor desenvolva conhecimentos especializados que garantam a integração adequada e adaptada dos laboratórios remotos às diferentes realidades educacionais.

**Palavras-chave:** Experimentos controlados remotamente. Weblab. Atividades experimentais mediadas pelas TIC. TPACK.

## ABSTRACT

In order to identify the possibilities of using remote laboratories when teaching Physics in basic education, our research sought to understand the difficulties of using them and what contributions they can bring to the teaching and learning process of students. Thus, semi-structured interviews were conducted with teachers and Physics undergraduates who knew and had used experiments from remote laboratories in a systematic way. The analysis was carried out through the procedures of discursive textual analysis and showed that, more than an alternative to the lack of laboratories and equipment for the study of Physics, remote laboratories are an option that can offer access to more robust experimental activities, in addition to being able to awaken students' creativity and critical sense by studying phenomena mediated by digital information and communication technologies. As for the implications on the use of the resource, the infrastructure and structure of the school system are major impediments when opting for and using the resource. The teaching role, as well as a good training to suit it, was mentioned as essential to use the remote laboratories in a significant way in the teaching and learning process of students, which can become an implication for their use, because in addition to knowing it, the research identified necessary for the teacher to develop specialized knowledge that guarantee an adequate and adapted integration to the different educational realities.

**Keywords:** Remotely controlled experiments. Weblab. Experimental activities mediated by ICT. TPACK.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

**Figura 1:** A estrutura dos conhecimentos de professores de Física

**Figura 2:** Modelo TPACK e os componentes do seu conhecimento

**Quadro 1:** Definição e exemplos do TPACK em dimensões gerais e aplicado ao uso nos LR

**Quadro 2:** Experimentos controlados remotamente para o estudo da Física encontrados na literatura

**Figura 3:** Exemplo da comunicação entre usuários e um experimento do laboratório remoto

**Quadro 3:** Trabalhos selecionados na revisão bibliográfica

**Quadro 4:** Identificação dos sujeitos da pesquisa

**Figura 4:** Experimento Anel de Thomson em fase de elaboração

**Figura 5:** Experimento Remoto Trilho de Ar

**Figura 6:** Experimento Remoto Ondas Estacionárias

**Figura 7:** Experimento Remoto Óptica Física

**Quadro 5:** Categorias e Subcategorias emergentes da análise

**Quadro 6:** Implicações para o uso dos laboratórios remotos no ensino de Física na educação básica

**Quadro 7:** Função docente no uso dos laboratórios remotos

**Quadro 8:** Possibilidades do uso dos laboratórios remotos no ensino de Física

## LISTA DE SIGLAS

Ambiente Virtual de Aprendizagem – AVA  
Análise Textual Discursiva - ATD  
Atividades Experimentais - AE  
Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio – BNCC  
Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação – CETIC  
Estados Unidos – EUA  
Física Auto-instrutiva – FAI  
Grupo de Estudos em Educação e Tecnologias – GEETEC  
Grupo de Estudos em Tecnologias de Ensino de Física – GETEF  
Knowledge Content (Conhecimento do Conteúdo) – CK  
Laboratórios Remotos – LR  
Orientações Curriculares para o Ensino Médio – PCNEM  
Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+  
Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN  
Pedagogical Content Knowledge (Conhecimento Pedagógico do Conteúdo) – PCK  
Pedagogical Knowledge (Conhecimento Pedagógico) – PK  
Physical Science Study Committee – PSSC  
Projeto Brasileiro de Ensino de Física – PBEF  
Projeto de ensino de Física – PEF  
Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF  
Technological Content Knowledge (Conhecimento Tecnológico de Conteúdo) – TCK  
Technological Knowledge (Conhecimento Tecnológico) – TK  
Technological Pedagogical Content Knowledge (Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo) – TPACK  
Technological Pedagogical Knowledge (Conhecimento Pedagógico da Tecnologia) – TPK  
Tecnologias de Informação e Comunicação – TIC  
União das Repúblicas Socialistas Soviéticas – URSS  
Universidade Aberta do Brasil – UAB

## SUMÁRIO

<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>14</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>1. LABORATÓRIOS REMOTOS: ONDE SE INSEREM NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA?.....</b>	<b>22</b>
<b>1.1. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA E O SEU PAPEL NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM.....</b>	<b>22</b>
1.2. As TIC no ensino de Física: uma articulação necessária entre objetivos educacionais e os conhecimentos especializados do professor .....	29
1.3. Laboratórios Remotos no ensino de Física: uma revisão bibliográfica das propostas de uso na educação básica .....	37
<b>2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>47</b>
2.1. Delineamento da pesquisa.....	47
2.2. Instrumento de análise de dados .....	49
2.3. Contexto dos sujeitos .....	51
<b>3. LABORATÓRIOS REMOTOS NO ENSINO DE FÍSICA: COMPREENSÕES DE PROFESSORES E LICENCIANDOS.....</b>	<b>61</b>
3.1. Implicações para o uso dos Laboratórios Remotos no ensino de Física.....	62
3.2. Quando, por que e como utilizar os laboratórios remotos: compreensões quanto à função docente .....	71
3.3. Laboratórios remotos: possibilidades para o ensino de Física.....	81
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>89</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>93</b>
<b>REFERÊNCIAS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>104</b>



## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Como muitos que chegam ao ensino médio, a minha busca por uma profissão começou bem cedo. A habilidade que eu achava que tinha com a matemática me direcionou aos poucos pela busca de cursos da área de exatas e fiquei interessada pela engenharia. Apesar de vir de uma família com pouca instrução, sempre fui incentivada a estudar e a buscar um ensino superior, mas como não conhecia a área, resolvi entrar em um curso técnico de eletrônica para conhecer o ramo. Comecei o curso de forma concomitante ao terceiro ano do ensino médio e terminei no ano seguinte, concomitante a um estágio.

Até o cursinho preparatório, um ano após terminar o curso técnico, não havia pensado em fazer licenciatura, mas ao participar de uma semana das profissões e ao conversar com alguns graduandos comecei a me interessar. No entanto, a dificuldade que sentia em me comunicar e o medo de tudo o que ser professor podia representar fazia com que o curso fosse uma segunda opção.

Após os processos seletivos, ingressei em Física no ano de 2015 em uma universidade federal e, mesmo com algumas dúvidas, resolvi conhecer o curso. Logo ao entrar, conheci um projeto de extensão que tinha como uma de suas atividades mediar visitas em um Centro de Ciências da universidade, o que me mostrou a possibilidade de descobrir se me encaixava na profissão docente. Outro aspecto do projeto que me interessou foi a possibilidade de fazer pesquisa com um tema que ainda me interessava muito, a eletrônica.

O meu interesse pelo desenvolvimento dos experimentos controlados remotamente se deu logo ali, ao entrar no curso de Física Licenciatura e, no segundo semestre, quando tive a oportunidade de entrar para o projeto de extensão, também passei a fazer pesquisa no laboratório remoto que estava sendo construído na universidade. Ao longo dos dois primeiros anos da faculdade, pude acompanhar o desenvolvimento de alguns experimentos e aprender alguns elementos do seu processo de automatização, mas com o decorrer do curso e com os estudos que realizei no laboratório, novas questões passaram a me intrigar.

Pesquisas, assim como minha atuação como mediadora no centro de ciências, apontavam ricas contribuições do uso de atividades experimentais na compreensão dos fenômenos físicos. Os estudos sobre o uso de recursos tecnológicos na educação, incluindo nesse conjunto os Laboratórios Remotos (LR), também indicavam proporcionar um maior acesso a instrumentos para mediar o ensino de Física.

No período de estágio, ao ter que planejar e aplicar uma sequência didática utilizando um experimento do laboratório remoto, percebi algumas dificuldades para o seu uso, mas também me questionei sobre as possibilidades e potencialidades que o recurso poderia oferecer ao ensino de Física. Como o meu contato com essas atividades dentro do contexto escolar ainda era limitado, sob orientação de um professor, a primeira questão que nos dispusemos a investigar foi para qual finalidade os LR estavam sendo construídos para o estudo da Física.

No meu trabalho final de graduação, em um estudo do tipo estado da arte, pude perceber que, no contexto brasileiro, os LR estão sendo pensados como meios para apoiar os processos de ensino e aprendizagem, a princípio com um número grande de trabalhos na área de engenharia e mais recentemente na área de ciências. Na área de Física em específico, os desenvolvedores também têm pensado em materiais para apoiar o seu uso e aplicação com turmas de diferentes níveis para avaliar aspectos técnicos e possibilidades da sua utilização. Com a pesquisa pude perceber que, embora grande parte dos trabalhos foque em descrever como o experimento foi construído, também trazem outros elementos na sua discussão e apresentam a necessidade de apoio pedagógico, mostrando que o foco não é o desenvolvimento instrucional, mas utilizar os LR como recurso didático para apoiar o processo de ensino e aprendizagem.

A partir das leituras dos trabalhos sobre LR e com a participação em um grupo de estudos sobre educação e tecnologias percebi que, assim como aconteceu em grandes projetos a partir de 1960, que buscavam renovar o ensino de Física por meio de materiais instrucionais inovadores, mais uma vez poderíamos estar discutindo um novo recurso e novas propostas sem antes consultar a realidade escolar daqueles que podem inserir o recurso no processo educacional: os professores. Acredito que compreender as demandas daqueles que elaboram as práticas pedagógicas é um passo fundamental para produzir, aprimorar e tornar efetivos novos recursos no processo de ensino e aprendizagem. Desse modo, nossa pesquisa busca investigar como professores e licenciandos compreendem o uso dos laboratórios remotos no ensino de Física na educação básica.

O objetivo deste trabalho surgiu das recentes propostas de uso dos LR para a educação básica como forma de suprir as demandas por atividades experimentais, e do entendimento de que para aderir ao uso de qualquer recurso ou metodologia de ensino, é preciso que os professores compreendam por que e para que utilizá-las. Para isso, a partir do contexto e da justificativa expostos na introdução, no primeiro capítulo desta dissertação construímos o referencial para discutir com quais objetivos as atividades experimentais e os recursos

tecnológicos estão sendo pensados para o ensino de Física, para então identificarmos na literatura as demandas e possibilidades dos laboratórios remotos; no segundo capítulo descrevemos a pesquisa segundo os procedimentos metodológicos; no terceiro trazemos a análise dos dados com as categorias e subcategorias criadas a partir das unidades de significado; e no quarto capítulo, as considerações finais com algumas sugestões de continuidade do trabalho.

## INTRODUÇÃO

Das discussões que alavancaram as pesquisas no ensino de Física, que no Brasil receberam destaque com a tentativa de implementação educacional do projeto internacional *Physical Science Study Committee* (PSSC), o uso de Atividades Experimentais (AE) se destaca como um dos recursos que podem propiciar situações ricas para construção do conhecimento. Apesar dessas contribuições serem questionadas hoje em dia, alguns autores defendem que, quando devidamente articuladas ao processo de ensino e aprendizagem, elas podem favorecê-lo.

Gaspar (2014) considera que essas podem despertar o interesse dos alunos, além de tornar o seu estudo mais concreto e compreensível. Ainda, o seu uso pode estimular a participação ativa dos estudantes, despertando a curiosidade e proporcionando o desenvolvimento de habilidades, atitudes e competências que vão favorecer o envolvimento do aluno com a sua aprendizagem (ARAÚJO, ABIB, 2003).

Oliveira (2010) cita que, quando planejadas e aplicadas com objetivos bem definidos, as AE podem: motivar e despertar a atenção dos alunos; desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo; estimular a criatividade; torná-los mais ativos para tomarem suas próprias decisões; favorecer a construção do conhecimento científico; aprimorar a capacidade de observação, de registro de informações, de habilidades manipulativas; ensinar os alunos a analisar dados, propor hipóteses, detectar e corrigir erros; mostrar as relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade; além de ajudá-los a compreender a natureza da ciência e o papel do cientista em uma investigação. Para Trindade (2016), esse envolvimento do uso de AE nas aulas de ciências depende de diversos fatores, mas muitas vezes se torna atrativo, podendo motivar os alunos, pela dinâmica que trazem para as práticas habituais, que são baseadas em uma posição passiva por parte dos alunos.

No entanto, apesar das discussões em torno das implicações que o uso das AE pode trazer para o processo educacional não serem recentes, ainda hoje as dificuldades para o seu uso permanecem e a literatura indica a falta de equipamentos, de ambientes adequados para as práticas laboratoriais, de preparo dos professores, um número insuficiente de aulas na carga horária e más condições de trabalho como justificativas por ser uma prática esporádica (LOPES, 2007; PENA, RIBEIRO FILHO, 2009; GASPAR, 2014; SIM, 2016).

A dificuldade instrumental foi atenuada com o advento das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TIC<sup>1</sup>), quando os espaços e o acesso a recursos que facilitem a compreensão de fenômenos físicos foram ampliados, oferecendo novas possibilidades aos professores e estudantes. No Brasil, a relação do uso dessas tecnologias com o ensino de Ciências teve uma das primeiras ações em 1973, com o uso de simulações para o ensino de Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e para o ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ALMEIDA, VALENTE, 2016). Desde então, diversos instrumentos têm sido pensados para contribuir com os estudos das Ciências de forma geral, e da Física em particular.

Dentre esses elementos, os Laboratórios Remotos<sup>2</sup> (LR) vêm sendo indicados no ensino de Física como um novo recurso para suprir a ausência e as dificuldades das escolas quanto ao uso de atividades experimentais (SIEVERS JUNIOR, GERMANO, ALMEIDA, 2007; CARDOSO, 2016; SILVA, 2016; NICOLETE, 2016; HECK, 2017; CHITUNGO, 2018; SOUZA, 2018; RIBEIRO, 2018; LUCIANO, FUSINATO, 2018). Esses laboratórios são constituídos por experimentos reais, que passam por um processo de automatização e podem ser acessados em tempo real por meio de um dispositivo com acesso à internet (SILVA, 2006; SILVA, 2016; SIM, 2016; CAETANO, 2019).

Essa possibilidade vem sendo considerada porque, levando em consideração o acesso a laboratórios de ciências, os laboratórios de informática e o acesso a dispositivos que podem se conectar a essa ferramenta estão se tornando mais frequentes nas escolas. Como apresentado por Sim (2016) e Ribeiro (2018), embora muitas escolas não tenham condições de ter um laboratório de ciências com uma gama de experimentos desejada, é cada vez mais comum a presença de computadores conectados à internet.

Segundo o censo escolar do ano de 2019<sup>3</sup>, recursos tecnológicos para alunos do ensino médio – como computadores de mesa – são encontrados em cerca de 93,3% das escolas da rede federal, 78,7% na rede estadual, 61,7% na rede municipal e de 75,8% na rede privada; dispositivos portáteis como computador e *tablet* são encontrados com uma frequência um pouco menor, sendo de 44,9% e 25,8% nas escolas da rede federal, 38,5% e 15,4% na

---

<sup>1</sup> Segundo Costa (2013), as TIC são tecnologias digitais em rede. Na literatura os termos TIC e TDIC são encontrados para se referir a essas tecnologias. Por uma questão de convenção e acordo com os nossos referenciais, optamos pela sigla TIC no nosso trabalho.

<sup>2</sup> Neste trabalho iremos considerar laboratórios remotos como espaços em que experimentos controlados remotamente estão alocados, sendo ao longo do texto utilizado os termos “laboratórios remotos”, “experimentos controlados remotamente” e “experimentos remotos em razão dos referenciais”.

<sup>3</sup> Nesses dados do Censo escolar do ano de 2019, participaram da pesquisa 586 escolas da rede federal, 19678 escolas estaduais, 188 escolas municipais e 8408 escolas privadas (BRASIL, 2020).

rede estadual, de 35,1% e 7,4% na rede municipal e de 49,2% e 30,7% na rede privada, respectivamente; já a internet para os processos de ensino e aprendizagem são encontrados em 86,2% das escolas da rede federal, em 65,8% nas escolas da rede estadual, 52,7% das escolas da rede municipal e em 72,3% da rede privada. Enquanto isso, o número de laboratórios de ciências e de conjuntos de materiais científicos são encontrados em 87% e 70% das escolas da rede federal; 40,9% e 34,7% das escolas da rede estadual; 30,9% e 21,1% da rede municipal; e de 62,4% e 51,9% nas escolas privadas, respectivamente. Embora esses dados não retratem as realidades locais e variem de acordo com o investimento de cada rede de ensino, é possível perceber que a presença das tecnologias e o acesso à rede tem se tornado mais presente nas escolas, podendo se tornar mais acessível do que uma gama de equipamentos específicos para práticas experimentais.

Na pesquisa do ano de 2019 do Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (CETIC) foi constatado que, dos alunos de escolas localizadas em áreas urbanas, 83% eram usuários de internet. Desses, 98% eram usuários que afirmaram ter acessado à rede por meio do telefone celular; no entanto, para 18%, o acesso pelo dispositivo foi o único meio, sendo a proporção maior entre os estudantes da escola pública. Os dados coletados com os gestores das escolas revelam que houve uma melhoria nas faixas de velocidade de conexão à Internet nas escolas públicas, podendo contribuir para que os professores desenvolvam atividades por meio desses dispositivos com os alunos (CETIC, 2020)<sup>4</sup>.

No entanto, embora uma infraestrutura adequada seja necessária e essencial, um uso efetivo dos LR exige que o experimento seja bem planejado (qualidade), que a situação aplicável seja favorável ao ensino e que os alunos e professores aceitem a proposta (SILVA, 2015). Silva (2015) destaca a importância do professor para determinar o sucesso ou o fracasso do seu uso, pois cabe ao docente a escolha pelo recurso e pela maneira como será utilizado. Almeida Jr. (2016) aponta que a eficácia do uso da experimentação remota depende da metodologia adotada para o desenvolvimento das aulas práticas. Luciano e Fusinato (2018) ressaltam que sem uma devida orientação metodológica é difícil garantir que AE sejam favoráveis ao aprendizado. Cardoso (2016), que propõe um experimento controlado

---

<sup>4</sup> A pesquisa TIC educação investiga professores, alunos, coordenadores pedagógicos e gestores de escolas públicas e particulares de áreas urbanas e rurais com o objetivo de identificar como é o acesso, o uso e a apropriação das tecnologias pela comunidade escolar. Nessa pesquisa, que foi realizada entre os meses de agosto e novembro de 2019, 11.361 alunos de 5º e 9º ano do Ensino Fundamental e 2º ano do Ensino Médio; 1.868 professores de Língua Portuguesa e de Matemática que lecionam para os anos iniciais do Ensino Fundamental; 954 coordenadores pedagógicos; e 1.012 diretores de áreas urbanas foram entrevistados presencialmente.

remotamente para determinar a razão carga/massa do elétron em uma perspectiva investigativa, indica o professor como orientador do processo de construção do conhecimento.

Contudo, percebe-se que, embora as propostas com laboratórios remotos o apontem para fins educacionais, não se encontram discussões que investiguem a fundo como esse recurso pode despertar o interesse dos professores, quais são as dificuldades ou por que empregá-lo. Como destacam Almeida e Valente (2016), o mercado da educação tem se dedicado à exploração dos recursos tecnológicos por meio da oferta de produtos, ficando em segundo plano questões cruciais como os objetivos educacionais, por que, como e para que utilizá-los. Segundo Amiel e Oliveira (2018), é preciso promover dinâmicas individuais e coletivas para que professores reflitam as práticas pedagógicas e a apropriação crítica das tecnologias, levando em consideração os saberes docentes e o seu contexto de atuação, pois “qualquer mudança nas práticas escolares só ocorrerá com a adesão de seu corpo docente” (AMIEL, OLIVEIRA, 2018, p. 4).

Campos (2019) destaca a necessidade de que os docentes compreendam a utilização das tecnologias em suas práticas para assumirem a importância do seu papel. Entretanto, há professores que utilizam essas ferramentas em sua vida cotidiana, mas optam por não integrá-la na sua prática profissional. Outros, mais desconfiados, adiam ao máximo a sua utilização por afirmarem que uma das maiores dificuldades é encontrar formas produtivas de incluir recursos tecnológicos no processo de ensino e aprendizagem (PONTE, 2000).

Cabe destacar que, na linha de pesquisa sobre o pensamento do professor, que surgiu entre as décadas de 1960 e 1970, investigar o que pensam os professores significa identificar

[...] o modo como os professores pensam, conhecem, representam a realidade educativa, a sua profissão e, conseqüentemente, como solucionam os problemas cotidianos inerentes ao ensino, como constroem suas convicções, seus planejamentos, suas histórias de vida. (BRAZ, 2007, p. 366)

Para Lyra (2019), essa linha de investigação entende que o professor atua, muitas vezes, sem ter suficiente reflexão quanto à influência de suas crenças sobre a forma como atua. Para Lyra e Custódio (2019), crenças educacionais são elaborações internas sobre como os professores concebem os processos de ensinar e aprender os conteúdos científicos.

Braz (2007) destaca que, normalmente, os professores recorrem às suas teorias e crenças para planejar, agir e interagir com os alunos, colegas de profissão e para recomendar ou argumentar determinados assuntos com os responsáveis, sendo que relacionar o pensamento com a ação docente pode identificar aspectos da experiência profissional que são capazes de “[...] promover uma base sólida para a formação dos professores, elevando a

contribuição para a inovação educativa e o processo formativo.” (BRAZ, 2007, p. 369). Para Almeida e Valente (2016) é importante criar espaços de interação, reflexão e produção conjunta entre os pesquisadores e os professores responsáveis pelo que ocorre em sala de aula para construir novas formas de integrar as tecnologias ao processo de ensino e aprendizagem.

Desse modo, visto que os laboratórios remotos têm sido indicados como um novo recurso que pode suprir as demandas por AE na educação básica e podem apresentar uma nova dinâmica ao processo de ensino e aprendizagem, questionam-se quais as suas potencialidades para o ensino de Física. Partindo do pressuposto de que, para inserir novos recursos de forma significativa ao processo de ensino e aprendizagem, precisamos compreender o valor que os professores concedem ao seu uso e identificar que demandas e dificuldades podem encontrar para tornar o recurso efetivo, suscitamos algumas questões de pesquisa: que dificuldades professores inseridos em diferentes contextos escolares e de formação encontram para empregar os laboratórios remotos? Que contribuições os LR podem trazer para o ensino de Física na educação básica? Para responder a essas questões, nosso objetivo neste trabalho foi identificar como professores e licenciandos de Física compreendem as possibilidades de uso dos laboratórios remotos na educação básica.

## **1. LABORATÓRIOS REMOTOS: ONDE SE INSEREM NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA?**

Como os laboratórios remotos estão inseridos no uso das atividades experimentais mediadas pelas tecnologias digitais de informação e comunicação, neste capítulo trazemos uma discussão sobre a ascensão do uso dessas atividades no ensino de Física articulada a um modelo de conhecimentos necessários para inseri-las ao processo educacional. Para isso, na primeira seção, resgatamos algumas discussões do uso de AE e de como a base de conhecimentos cunhada por Shulman (1986) apoia outros modelos para o desenvolvimento de conhecimentos específicos do professor de Física; na segunda seção apresentamos como as TIC vêm sendo utilizadas no ensino de Física e como o modelo de um Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo (TPACK) pode favorecer a integração dessas tecnologias ao processo de ensino e aprendizagem; e, por fim, na terceira seção apresentamos uma revisão bibliográfica da aplicação dos laboratórios remotos no ensino de Física, com o intuito de identificar que contribuições do seu uso no processo educacional são citadas na literatura.

### **1.1. Atividades experimentais no ensino de Física e o seu papel no processo de ensino e aprendizagem**

O ensino de Física recebeu certa atenção e passou a ser objeto de discussão e investigação na década de 1960, após a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) lançar o primeiro satélite artificial da Terra, o Sputnik (VILELA-RIBEIRO, et al., 2008; ROSA, ROSA, 2012; GASPAR, 2014). Esse período da Guerra Fria, que estabeleceu uma disputa política, diplomática e militar entre os Estados Unidos (EUA) e a URSS, impulsionou significativamente o desenvolvimento científico e tecnológico do mundo (WINTER; PRADO, 2007).

Como após a Segunda Guerra Mundial ficou evidente que a supremacia científica e tecnológica era decisiva para a conquista da hegemonia mundial, o lançamento do satélite fez surgir nos EUA o medo das escolas estarem perigosamente atrasadas, incentivando-os a reformular o ensino de Ciências (GASPAR, 2014). Entre as iniciativas do país, o *Physical Science Study Committe* (PSSC) foi um projeto formulado para o ensino de Física que envolveu renomados físicos norte-americanos para trazer uma nova proposta curricular.

Considerando as AE essenciais para se aprender Ciências, acreditava-se que “[...] por meio da realização de atividades experimentais previamente planejadas os alunos seriam capazes de redescobrir as leis da Física” (GASPAR, 2014, p. 23). Com a premissa de fazer com que o estudante tivesse uma participação mais ativa nas discussões com o professor (ALVES FILHO, 2000), acreditava-se também que a manipulação experimental e o uso de questões abertas poderiam incentivar os estudantes a ingressarem nas carreiras científicas (VILELA-RIBEIRO, et al., 2008; ROSA, ROSA, 2012).

Embora os resultados do PSSC não tenham sido animadores, Gaspar (2014) destaca que o projeto desencadeou um movimento de renovação no ensino de Ciências e desde então, outros projetos foram desenvolvidos.

Na Física, com abrangência internacional, podemos citar: o “*Nuffield Physics Project*” (Projeto Nuffield) elaborado na Inglaterra em 1962 que, assim como o PSSC, apresentava novos métodos de ensino baseados em atividades que desencorajavam a simples demonstração, buscando fazer com que, por meio da experiência com o projeto, os alunos compreendessem o que é ciência e o que é ser um cientista; o Projeto Piloto para o ensino de Física, desenvolvido entre 1963 e 1964 pela Unesco, quando engajada em um movimento de renovação do ensino de ciências na América Latina, que propunha o uso da experimentação por meio de novas técnicas como a instrução programada e o uso de matérias de baixo custo; e o *Project Physics Course* (Projeto Harvard), que teve a sua primeira versão em 1970 e foi lançado em 1975, apresentando um enfoque mais humanista, embora ainda enfatizasse o papel do laboratório didático como a melhor forma para se aprender Física (ALVES FILHO, 2000; TRINDADE, 2016).

Esses projetos provocaram importantes discussões no âmbito nacional, criando o desejo de adequá-los para a realidade brasileira (TRINDADE, 2016). Das propostas, foi desenvolvido o Projeto de Ensino de Física (PEF), proposto pela primeira vez em 1969 como “Projeto Inicial” em um curso de pós-graduação destinado a licenciandos e professores secundários de Física, que teve como objetivo, “[...] discutir e planejar a produção de textos e material instrucional de Física para o ensino secundário” (ALVES FILHO, 2000, p. 51). O projeto foi apresentado no I Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), mas só foi executado quando obteve verba, no período de agosto de 1970 a janeiro de 1971; paralelamente à sua execução, o PEF começa a ser elaborado e propõe, a partir da instrução programada, o uso de atividades experimentais incorporadas à teoria; o projeto Física Auto-instrutiva (FAI), formado pelo Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física (GETEF) que, composto por professores do ensino médio e coordenado por docentes da

Universidade de São Paulo (USP), se baseou em um ensino individualizado, que prometia o maior envolvimento o aluno no processo de ensino e aprendizagem por meio da instrução programada, mas que diferentemente do Projeto Piloto, as atividades experimentais eram propostas ao fim dos textos auto-instrutivos, não se constituindo como fundamentais para o aprendizado dos alunos; o Projeto Brasileiro de Ensino de Física (PBEF), que foi idealizado na Pontifícia Universidade Católica de Campinas entre 1957 e 1969, desenvolvido mais sistematicamente em 1970 pelo professor Rodolpho Caniato que apresentava uma abordagem específica com o objetivo geral de proporcionar uma educação científica, na qual as atividades de laboratório propostas ao final de cada seção eram vinculadas ao conteúdo teórico; e o GREF que, mesmo não sendo um dos grandes projetos, foi um material produzido por professores de escolas públicas e docentes universitários com a intenção de intervir no ensino de Física sem alterar os programas oficiais (ALVES FILHO, 2000; TRINDADE, 2016).

Com esses projetos, o laboratório didático – e conseqüentemente o uso de AE – recebeu grande destaque, em alguns casos como elemento essencial na aprendizagem da Física (PSSC, *Nuffield*, Projeto Piloto, *Harvard*, PEF e PBEF) e em outros como complemento (FAI e GREF), mas todos apresentaram propostas metodológicas que retiravam o papel central do professor e o traziam para o aluno (ALVES FILHO, 2000). Para Pinho Alves (2000)

[...] O laboratório didático, sem dúvida, foi uma espécie de “trunfo” dos intelectuais responsáveis pelo movimento renovador do ensino de ciências. Numa ótica mercadológica, necessária para o entendimento do contexto sócio-político da época, ele se mostrava um excelente instrumento para a quebra das estruturas antigas, onde o aluno era um elemento passivo no sistema educacional. (p. 212)

Historicamente, percebe-se que as tentativas de mudança curricular e de melhoria da qualidade do ensino de Física têm insistido na inserção das AE nas escolas (ALVES, 2006; MOREIRA; PENIDO, 2009). No contexto brasileiro, documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) que foi publicado no ano de 2000, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) de 2002, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio de 2006, e a Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio (BNCC) de 2017 destacam que as atividades experimentais podem assumir um papel importante no aprendizado da Física, dada a sua natureza. O PCN apresenta que “[...] o aprendizado de Física tem características específicas que podem favorecer uma construção rica em abstrações e generalizações, tanto de sentido prático como conceitual.” (BRASIL, 2000, p. 23), e que

[...] é indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. (BRASIL, 2002, p. 84)

A Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio, documento normativo recentemente aprovado de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da educação nacional (LDB) de 1996, que foi atualizada em 2017<sup>5</sup>, também aponta os laboratórios como possibilidade para a criação de situações de trabalho mais colaborativas, que podem favorecer o protagonismo dos estudantes (BRASIL, 2017). A lei apresenta que, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, os processos, as práticas e os procedimentos da investigação científica que são introduzidos no ensino fundamental sejam ampliados no ensino médio

[...] aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área. (BRASIL, 2017, p. 550)

No entanto, embora o uso de AE seja considerado por muitos autores uma das maneiras mais frutíferas para se favorecer a compreensão dos fenômenos físicos (ARAÚJO, ABIB, 2003; ALVES, 2006), Bassoli (2014) lembra que a concepção empírica sobre a ciência e seus métodos acaba atribuído um caráter eminentemente prático ao seu estudo, e gera em professores e pesquisadores um consenso equivocado de que o uso de AE é a salvação do ensino de Ciências. Assim como Gaspar (2014) destaca que a crença na aprendizagem individual do aluno por meio da interação com o material produzido foi um dos motivos pelos quais os grandes projetos fracassaram, Bassoli (2014) aponta a crença do uso das AE e dos seus métodos no ensino de ciências pelo “aprender fazendo” ou “descobrir fazendo”, sua utilização para motivar os estudantes e a necessidade de laboratórios de ciências para realizá-las, como mitos que derivam de uma visão deformada sobre a natureza da ciência, e que desconsidera a complexidade do processo educacional. Para Galiazzi e Gonçalves (2004) é preciso superar visões simplistas de que pela observação se chega às teorias aceitas pela comunidade científica ou as comprova, e de que as AE são intrinsecamente motivadoras e podem incentivar os jovens a seguir carreiras científicas.

---

<sup>5</sup> Lei nº 9.394/1996 de 20 de dezembro de 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm)>.

Do mesmo modo que não se deve supervalorizar a concepção empírica no ensino de ciências, não podemos reduzi-lo a um sistema abstrato de definições, leis e fórmulas (ALVES, 2006). As AE podem permitir que os estudantes estabeleçam e compreendam a relação existente entre o referencial empírico, os conceitos, as leis, as teorias e as diferentes linguagens e simbolismos utilizados em Física (SÉRÉ, COELHO, NUNES, 2003). Assim, devemos evitar a fragmentação entre as dimensões teórica e empírica do conhecimento científico, pois “a forma como se procura relacionar as práticas experimentais com os conteúdos é o que se apresenta como decisivo no sucesso do trabalho” (ALVES, 2006, p. 34). No entanto, ainda que a literatura defenda essa articulação entre as dimensões teórica e empírica, muitos professores encontram dificuldades para realizá-la.

Pereira e Moreira (2017) destacam que, embora muitos professores aleguem fazer uso de AE e a considerem indispensáveis, o seu papel no processo de ensino e aprendizagem ainda não é bem compreendido. Para os autores, as AE devem valorizar a criatividade e instigar desafios a fim de afastar a ideia de uma ciência neutra, que produz verdades absolutas e inquestionáveis, mostrando aos alunos que a atividade científica é uma atividade complexa e socialmente construída (SARAIVA-NEVES, CABALLERO, MOREIRA, 2006; PEREIRA, MOREIRA, 2017).

Outro fator que interfere na utilização de AE no ensino de Física é a falta de infraestrutura física e didática, pois o seu uso exige disponibilidade e organização, além de um amplo espectro de habilidades por parte dos professores e estudantes (PENA, RIBEIRO FILHO, 2009; PEREIRA, MOREIRA, 2017). Para Saraiva-Neves, Caballero e Moreira (2006), “[...] situações em que os alunos se limitam a seguir instruções ou observar experiências realizadas pelo professor são as que menos contribuem para a aprendizagem.” (p. 383), sendo preciso que o professor selecione a metodologia experimental mais adequada aos objetivos educacionais pretendidos, utilizando práticas pedagógicas inovadoras que proponham aos alunos análises, reflexões e generalizações para que o processo de ensino e aprendizagem possa ser mais significativo.

Tendo em vista essa perspectiva, a da necessidade de considerar que as ciências possuem um corpo de conhecimento que precisa ser transposto aos alunos de modo crítico para que sua aprendizagem seja significativa, entende-se que o desenvolvimento de um corpo de conhecimentos específicos para ensinar pode favorecer o planejamento de situações ricas para o processo educativo dos estudantes. Para Shulman (1987), o ensino começa com a compreensão do professor do que deve ser aprendido para como deve ser ensinado, quando transforma seus conhecimentos e habilidades em representações e ações pedagógicas.

Shulman (1987) destaca que quando as pesquisas tentam identificar os princípios de um ensino eficaz, elementos importantes como o assunto a ser ensinado, o contexto em que as turmas estão inseridas, as características físicas e psicológicas dos alunos e a realização de objetivos não avaliados em testes padronizados são ignorados no processo, sendo as fontes para se definir essa base de conhecimentos necessários para o ensino muito mais ricas e extensas. No entanto, para pensar a forma como os conhecimentos dos professores se desenvolvem ao longo de sua formação, ele propõe inicialmente três categorias de conhecimento que são: o Conhecimento do Conteúdo (*Content Knowledge*), Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (*Pedagogical Content Knowledge*) e o Conhecimento Curricular (*Curricular Knowledge*).

Shulman (1986) define Conhecimento do Conteúdo como a quantidade e a organização do conhecimento na mente do professor, que deve ir além do domínio de conceitos e fatos da área de ensino; o conhecimento curricular como o conhecimento do currículo e dos materiais, e estratégias que podem ser incorporadas ao processo de ensino e aprendizagem; e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo como o conhecimento de estratégias que representem melhor o conteúdo para torná-lo compreensível aos alunos. Como destaca Shulman (1986)

[...] Uma vez que não há uma única forma mais poderosa de representação, o professor deve ter em mãos um verdadeiro arsenal de formas alternativas de representação, alguns dos quais derivam de pesquisas, enquanto outros se originam na sabedoria da prática (tradução nossa, p. 9)

Para Etkina (2010), no que diz respeito ao ensino de Física, além de conhecer os conceitos, as leis físicas e os métodos de investigação científica (*Knowledge of Content – CK*), os professores devem ser capazes de criar ambientes favoráveis para a aprendizagem dessa ciência. Isso inclui conhecer como as pessoas aprendem e como as escolas funcionam (*General Pedagogical Knowledge or the knowledge of how people learn – PK*), e desenvolver conhecimentos e habilidades especiais de como integrar o conhecimento do conteúdo a elementos que promovam e facilitem a aprendizagem dos estudantes (*Pedagogical Content Knowledge - PCK*<sup>6</sup>) (ETKINA, 2010; CALDATTO, SILVA, 2019).

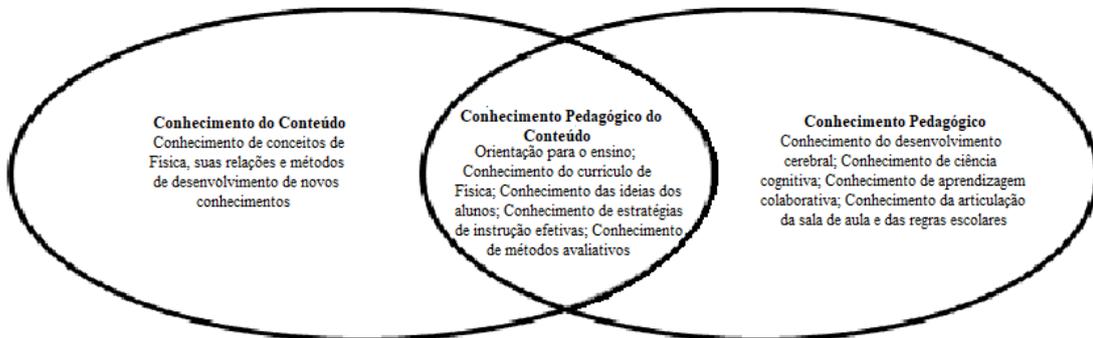
Etkina (2010) elabora uma estrutura de conhecimentos que os professores de Física precisam desenvolver, inspirada no modelo de Shulman (1986, 1987) e apresentada na figura 1, em que se tem o PCK como o conhecimento que relaciona o conhecimento de conteúdo ao

---

<sup>6</sup> Em nosso trabalho será utilizada a tradução dos termos que se referem aos conhecimentos especializados do professor, no entanto, as siglas em inglês permanecerão, por serem reconhecidas na literatura como sinônimos dos conceitos.

conhecimento pedagógico, ou seja, o conhecimento específico desenvolvido pelo professor para ensinar Física.

**Figura 1:** A estrutura dos conhecimentos de professores de Física



Fonte: adaptado de ETKINA (2010)

De modo geral, na estrutura de conhecimentos necessários aos professores de Física, Etkina (2010) apresenta que o conhecimento do currículo de Física, das ideias dos alunos, das estratégias instrucionais eficazes e dos métodos de avaliação (PCK) são desenvolvidos a partir do conhecimento dos conceitos físicos, suas relações e seus métodos para desenvolver novos conhecimentos (CK) com o entendimento dos processos de aprendizagem e de como as escolas funcionam (PK). Dessa base de conhecimentos dos professores, o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) é o que distingue o conhecimento científico do professor daquele elaborado pelo cientista (ETKINA, 2010). Para Shulman (1986), o PCK é um conhecimento da matéria para o ensino, ou seja, quanto maior a compreensão das especificidades do processo de aprendizagem dos alunos e quanto maior o arsenal de representações de um assunto, mais eficaz será a implementação do PCK por parte dos professores (VAN DRIEL, VERLOOP, VOS, 1998) e maior poderá ser o ganho na aprendizagem dos estudantes.

No que se refere ao uso de AE, enquanto parte do corpo de conhecimentos dessa ciência, quanto mais amplos os entendimentos dos professores do papel que esse recurso pode assumir no processo de ensino e aprendizagem da Física, maior será o ganho para o processo educacional. Assim, dentre as correntes teóricas que se debruçam sobre os conhecimentos do professor e que poderiam auxiliar nesta pesquisa, optou-se pela corrente teórica que se apoia em Shulman, por entendermos que os laboratórios remotos se inserem em um contexto específico que destaca o conhecimento de conteúdo. No ensino de Ciências é possível

encontrar vários autores que ampliaram a proposta inicial de Shulman na tentativa de explicar esses conhecimentos dos professores (FERNANDEZ, 2015), no entanto, como a intenção em nosso trabalho é identificar esses conhecimentos em um contexto específico referente ao uso de tecnologias, na próxima seção apresentaremos a base de conhecimentos apresentada por Punya Mishra e Matthew J. Koheler (2006), que se baseia na integração entre conteúdo, pedagogia e tecnologia.

## **1.2. As TIC no ensino de Física: uma articulação necessária entre objetivos educacionais e os conhecimentos especializados do professor**

Assim como o uso de AE, os recursos tecnológicos têm sido propostos como formas de apoiar e favorecer o processo de ensino e aprendizagem da Física. Fiolhais e Trindade (2003) apontam que a busca por meios pedagógicos modernos e a necessidade de diversificar métodos para combater o insucesso escolar conduziu ao uso crescente e diversificado dos computadores no ensino de Física. Os autores destacam que o uso do computador para aquisição de dados, modelização, simulação, multimídia, realidade virtual e uso da internet permitiram diversificar estratégias de ensino e proporcionar uma aprendizagem mais interativa das Ciências em geral, e da Física em particular.

Na revisão de literatura de Araújo e Veit (2004) sobre o uso de tecnologias no ensino de Física, os autores apresentam: a instrução e avaliação mediada pelo computador como forma de adaptar o ensino às individualidades dos estudantes; o uso de modelagem e simulação computacional com objetivos pedagógicos para dar suporte às atividades exploratórias; a coleta e análise de dados em tempo real como possibilidade para o aluno se concentrar na compreensão dos fenômenos; o uso de recursos multimídias para favorecer contextos didáticos; o uso do computador como ferramenta de comunicação, utilizado para avaliações a distância e para disponibilizar tarefas escolares; para resolver problemas físicos numérica ou algebricamente ou ainda para representá-los graficamente; e por fim, o computador como contexto pedagógico para favorecer a interação do aluno com o computador, com o professor ou com os colegas.

A proposta desse uso não é recente, o uso das TIC voltadas para a educação básica no contexto brasileiro teve início na década de 1980, juntamente com outros países que direcionaram políticas públicas para a sua implementação. No entanto, apesar de registros significativos quanto ao seu uso no Brasil, constatam-se dificuldades e desafios de diferentes

naturezas devido à sua dimensão continental, desigualdades socioeconômicas e diversidades regionais (ALMEIDA, VALENTE, 2016).

A pesquisa do Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (CETIC) do ano de 2018 indica que aspectos ligados à infraestrutura ainda são apontados como um dos principais desafios para a efetivação das TIC nas escolas, principalmente nas instituições da rede pública de ensino. Outro fator que a pesquisa destaca é que, apesar do acesso à rede estar praticamente universalizado nas escolas públicas e particulares das áreas urbanas, as variações na qualidade da conexão influenciam no uso para atividades pedagógicas. Esse cenário é um pouco pior para as escolas localizadas em áreas rurais, nas quais se concentram dificuldades maiores para o uso de internet (CETIC.BR, 2019). A pesquisa do ano de 2019 do CETIC indica que, entre 2018 e 2019, houve uma melhora na velocidade da conexão das escolas públicas, mas para que a conexão permita compartilhamento entre as redes administrativas e pedagógicas, mais investimentos são necessários na qualidade da conexão (CETIC. BR, 2020).

No entanto, mesmo nas localidades com maior acesso às TIC, o seu uso ainda tem sido limitado, pois a tecnologia por si só não basta, é preciso que os professores proporcionem aos alunos experiências de aprendizagem que combatam suas dificuldades (FIOLHAIS, TRINDADE, 2003). Como destacam Costa et al. (2012), a disponibilidade de acesso às TIC em diferentes espaços e tempos nem sempre garante o seu uso significativo, pois

[...] o potencial do uso educativo crítico, criativo e intencional das TIC explicita-se na personalização dos processos de aprendizagem, na reflexão, na construção da própria identidade, na democratização do acesso às informações e no desenvolvimento da capacidade de construir conhecimentos. (COSTA, et al., 2012, p. 12)

Como apontam Araujo e Veit (2004), o uso de recursos tecnológicos sem uma fundamentação sobre o processo de aprendizagem é um equívoco, pois não se melhora o ensino apenas utilizando recursos instrucionais sofisticados, sendo um dos maiores desafios do uso das TIC no ensino de Física fazer com que os estudantes a utilizem como ferramenta cognitiva de aprendizagem (PIRES, VEIT, 2006). Schuhmacher, Alves Filho e Schuhmacher (2017) apresentam que o domínio de estratégias didáticas faz com que as TIC possam ser inseridas e articuladas com sucesso ao currículo. Para os autores, a formação é fundamental nessa articulação, sendo que esse conhecimento desvinculado da formação abre brechas para um ensino mal formulado na integração das TIC.

Ao encontro dessa perspectiva, baseados nas discussões de Shulman sobre os

conhecimentos do professor para ensinar, Mishra e Koehler (2006) propõem um modelo<sup>7</sup> conceitual que abarca o fenômeno da integração das tecnologias digitais na educação. Embora seja difícil elaborar uma teoria para a tecnologia educacional por depender de uma compreensão detalhada de relacionamentos complexos entre contextos que variam de caso para caso, a teoria pode oferecer novas maneiras de perceber o fenômeno, além de disponibilizar informações que podem basear uma tomada de decisão sólida e pragmática (MISHRA, KOEHLER, 2006).

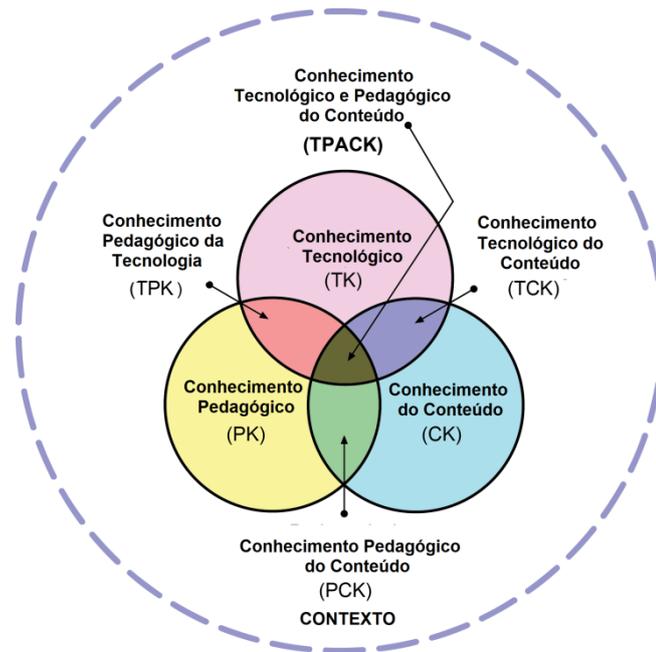
Partindo da compreensão de que “[...] ensinar é uma atividade altamente complexa, que se baseia em vários tipos de conhecimentos” (p.1020), Mishra e Koehler (2006) propõem um modelo de conhecimentos que o professor precisa desenvolver enfatizando conexões, interações, possibilidades e restrições entre conteúdo, pedagogia e tecnologia. Para os autores, além de olhar para esses componentes isoladamente, é preciso olhar para os seus pares, ou seja, para o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK), conhecimento tecnológico do conteúdo (TCK), o conhecimento pedagógico da tecnologia (TPK), e para a integração desses conhecimentos que constituem o conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo (TPCK/ TPACK<sup>8</sup>). Veja o modelo proposto pelos autores na figura 2.

---

<sup>7</sup> Em inglês os autores utilizam a palavra *Framework* para se referir à proposta que trazem para o conhecimento do professor. Segundo Cibotto e Oliveira (2017), *Framework* é o conjunto de conceitos que se relacionam para explicar um fenômeno.

<sup>8</sup> Na literatura, encontramos as duas abreviações para se referir ao conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo. Segundo Cibotto e Oliveira (2017), por ser mais facilmente pronunciada, em 2008 a sigla foi alterada de TPCK para TPACK por membros da comunidade de pesquisa.

**Figura 2:** Modelo TPACK e os componentes do seu conhecimento



Fonte: Adaptado de TPACK.org<sup>9</sup>

O modelo proposto apresenta o **Conhecimento do Conteúdo (CK)**, que é específico de uma área do conhecimento que deve ser aprendido ou ensinado. Para os autores, o conhecimento de conteúdo é de fundamental importância para o professor, sendo preciso que compreendam os fundamentos mais profundos das disciplinas que ensinam (MISHRA, KOEHLER, 2006; KOEHLER, MISHRA, 2009), pois cada campo de atuação exige do professor o domínio de diferentes conhecimentos da área para serem ensinados (CIBOTTO, OLIVEIRA, 2017).

O **Conhecimento Pedagógico (PK)**, que é oriundo de diferentes campos como Pedagogia, Didática e Currículo, se aplica ao aprendizado dos estudantes, buscando definir os objetivos, as estratégias e os valores educacionais dos processos e práticas de ensino (CIBOTTO, OLIVEIRA, 2017). É definido por Koehler e Mishra (2009) como uma forma genérica de conhecimento que se aplica à compreensão profunda de processos, práticas e métodos de ensino e aprendizagem. Esse conhecimento permite que o professor entenda como os alunos constroem o conhecimento, adquirem habilidades e desenvolvem disposição para aprender (MISHRA, KOEHLER, 2006).

Para Cox e Graham (2009), embora todo ensino tenha uma intencionalidade, algo a ensinar, para esclarecer os construtos do TPACK, o PK é considerado um conhecimento de

<sup>9</sup> Disponível em: <<http://www.tpack.org/>>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2021.

atividades pedagógicas gerais que podem ser utilizadas em qualquer área independente do conteúdo.

**Conhecimento Tecnológico (TK)**, que apesar da dificuldade em mantê-lo atualizado (CIBOTTO, OLIVEIRA, 2017), Koehler e Mishra (2009) se baseiam na ideia de um conhecimento que vai além das noções tradicionais da informática para uma compreensão mais profunda, que abarca o entendimento do processamento da informação, da comunicação e de como solucionar problemas a partir das tecnologias de informação e comunicação, permitindo que as pessoas consigam aplicá-la em suas vidas cotidianas e sejam capazes de reconhecer quando elas podem auxiliar ou não na realização de um objetivo.

A pesquisa de Cox e Graham (2009) esclarece que o conhecimento tecnológico se refere às tecnologias emergentes<sup>10</sup> para elucidar a diferença entre TPACK e PCK.

**Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK)**, que semelhante à ideia de Shulman, se refere ao conhecimento que é transformado para ensinar, ou seja, é a interseção e a interação entre o conhecimento pedagógico e o conhecimento específico de cada área que permitem ao professor desenvolver a habilidade de adequar as abordagens de ensino ao conteúdo (MISHRA, KOEHLER, 2006; CIBOTTO, OLIVEIRA, 2017).

**Conhecimento Pedagógico da Tecnologia (TPK)** “[...] refere-se à capacidade de utilizar criticamente os recursos tecnológicos em um contexto pedagógico.” (CIBOTTO, OLIVEIRA, 2017, p. 17), ou seja, é o conhecimento da existência de diversos componentes e recursos tecnológicos, das suas limitações e potencialidades e de como podem ser usados e adaptados aos ambientes educacionais em situações específicas (MISHRA, KOEHLER 2006; KOEHLER, MISHRA, 2009; CIBOTTO, OLIVEIRA, 2017).

Assim como no conhecimento tecnológico, esse conhecimento é independente de um conhecimento específico por poder ser aplicado a qualquer área do conhecimento (COX, GRAHAM, 2009).

**Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK)**, que se refere à maneira como o conteúdo e a tecnologia se relacionam, ou seja, o conhecimento que os professores precisam desenvolver para entender como o assunto (conteúdo) pode ser alterado pela tecnologia ou vice e versa (MISHRA, KOEHLER 2006; CIBOTTO, OLIVEIRA, 2017). O professor precisa conhecer a matéria a ser ensinada e como ela pode ser alterada pela aplicação das tecnologias para adaptar a sua prática, pois apesar de restringir algumas representações, ela pode ampliar e flexibilizar as suas possibilidades (MISHRA, KOEHLER, 2006; KOEHLER,

---

<sup>10</sup> Para Cox e Graham (2009), tecnologias emergentes são as que estão em constante evolução, que hoje são diferentes das tecnologias do giz, da caneta e do livro que se tornaram “transparentes” em sala de aula.

MISHRA, 2009).

E por fim, a inteseção entre o conhecimento do conteúdo, o conhecimento pedagógico e o conhecimento tecnológico, que foi denominado por **Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo (TPACK)**. É o conhecimento que engloba diferentes técnicas, métodos ou estratégias de ensino para utilizar as tecnologias ao ensinar um conteúdo de acordo com as necessidades de aprendizagem dos alunos (CIBOTTO, OLIVEIRA, 2017). Para Mishra e Koehler (2006), o TPACK vai além do conhecimento dos três componentes isolados para uma compreensão ampla das relações complexas existentes entre eles. Para os autores

[...] TPACK é a base de um bom ensino com a tecnologia e requer uma compreensão da representação de conceitos utilizando tecnologias; técnicas pedagógicas que utilizam as tecnologias de forma construtiva para ensinar o conteúdo; conhecimento de o que fazer com conceitos difíceis ou fáceis de aprender e como a tecnologia pode ajudar a corrigir alguns dos problemas enfrentados pelos alunos; conhecimento do conhecimento prévio dos alunos e das teorias da epistemologia; e conhecimento de como as tecnologias podem ser usadas para construir sobre os conhecimentos já existentes e desenvolver novas epistemologias ou fortalecer as antigas. (tradução nossa, p. 1028-1029)

Embora pouco referenciado na literatura sobre TPACK, o **contexto** também é um dos mais complexos e importantes componentes do modelo (OLIVEIRA, 2017). Em sua revisão sistemática da literatura, Oliveira (2017) identifica que

[...] não se deve ter apenas considerações sobre o conhecimento prévio dos alunos e suas dificuldades de aprendizagem, mas também as condições externas que fazem parte da vida do aluno. (p. 77)

Professores e alunos apresentam características únicas que vão influenciar as interações no processo de ensino e aprendizagem (OLIVEIRA, 2017). Para a autora, o perfil dos indivíduos, seus conhecimentos e suas crenças, o contexto escolar, o ambiente social, político, tecnológico e econômico no qual estão inseridos, as políticas educacionais nacionais e globais que incentivam a integração das TDIC, como por exemplo as políticas de formação de professores, o apoio dos colegas, o acesso a tecnologias funcionais e o suporte técnico oferecido para uso desses recursos fazem parte do modelo TPACK e são fatores que afetam a disposição dos professores em integrar as TDIC em sua prática pedagógica.

Oliveira (2017) destaca que apesar de algumas inconsistências serem encontradas no modelo, o desenvolvimento do TPACK tem influenciado significativamente a teoria, a pesquisa e formação de professores. Com base nas literaturas que revisam o modelo TPACK e devido à sua natureza de sobreposição, Chai, Koh e Tsai (2013) também encontram alguns equívocos nas definições. Para sintetizar a literatura, os autores elaboraram uma tabela para

definir e exemplificar os construtos que o modelo TPACK apresenta. Como nossa pesquisa busca relacionar esse conhecimento especializado do professor ao uso de um recurso específico, adaptamos a tabela proposta pelos autores, na qual foram inseridos exemplos dos conhecimentos necessários para uso dos laboratórios remotos dentro de cada construto que forma o TPACK, e são apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1:** Definição e exemplos do TPACK em dimensões gerais e aplicado ao uso nos LR

<b>Construtos TPACK</b>	<b>Definições</b>	<b>Exemplos gerais</b>	<b>Relação entre TPACK e LR</b>
TK (Conhecimento Tecnológico)	Conhecimento sobre como usar o <i>hardware</i> e <i>software</i> das TIC e periféricos associados	Conhecimento sobre como usar ferramentas da Web 2.0 (por exemplo, Wiki, Blogs, Facebook)	Conhecimento de como acessar o laboratório remoto por meio de recursos digitais (como se dá o acesso, como utilizar as ferramentas para acessar o site, nº de acessos por vez, disponibilidade)
PK (Conhecimento Pedagógico)	Conhecimento sobre a aprendizagem dos alunos, métodos de ensino, diferentes teorias educacionais e avaliação da aprendizagem para ensinar um assunto sem referências ao conteúdo	Conhecimento sobre como usar a aprendizagem baseada em problemas (PBL) no ensino	Conhecimento geral de abordagens, estratégias e metodologias que possam ser utilizadas no planejamento de atividades que façam uso dos LR para favorecer a aprendizagem dos alunos
CK (Conhecimento do Conteúdo)	Conhecimento do assunto sem consideração sobre o ensino do assunto	Conhecimento sobre disciplinas de Ciências ou Matemáticas	Conhecimento do conteúdo abordado no experimento do laboratório remoto
PCK (Conhecimento Pedagógico do Conteúdo)	Conhecimento de representar o conhecimento do conteúdo e de adotar estratégias pedagógicas para tornar o conteúdo / tópico específico mais compreensível para os alunos	Conhecimento do uso de analogias para ensinar eletricidade (ver Shulman, 1986)	Associação entre o conhecimento pedagógico e o conhecimento do conteúdo para pensar em elementos que, inseridos no planejamento de uma atividade com o uso dos LR, podem facilitar a aprendizagem dos alunos no ensino de Física (Exemplos citados por Harris, Mishra e Koehler (2009): conhecimento prévio dos alunos, estratégias alternativas de

			ensino e equívocos relacionados ao conteúdo, etc )
TPK (Conhecimento Pedagógico da Tecnologia)	Conhecimento da existência e das especificações das várias tecnologias para possibilitar abordagens de ensino sem referenciar o assunto	A noção de <i>Webquest</i> , KBC, usar as TIC como ferramentas cognitivas, aprendizagem colaborativa apoiada por computador	Conhecer as especificidades dos LR (TK) para adaptá-lo aos contextos, e reconhecer se o laboratório se encaixa em determinados contextos educacionais
TCK (Conhecimento Tecnológico do Conteúdo)	Conhecimento sobre como usar a tecnologia para representar/ pesquisar e criar o conteúdo de diferentes maneiras sem consideração sobre o ensino	Conhecimento sobre dicionário online, SPSS, ferramentas de TIC específicas da disciplina, por exemplo, o <i>Geometer's Sketchpad</i> , simulação de tópico específico	Conhecer como os LR representam os fenômenos (limitações e possibilidades da automatização) e como o fenômeno em estudo pode ser alterado pelo LR
TPACK (Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo)	Conhecimento de usar tecnologias variadas para ensinar e/ representar e/ facilitar a criação do conhecimento de conteúdos específicos de disciplinas	Conhecimento sobre como usar o Wiki como uma ferramenta de comunicação para elevar a aprendizagem colaborativa em ciências sociais	Conhecimento de como utilizar os LR para ensinar Física de modo que favoreça o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes

Fonte: Adaptado de Chai, Koh e Tsai (2013)

Assim, da mesma forma que precisamos estar atentos aos modos de transpor as ciências para articular as dimensões teórica e empírica, quando mediadas pelas tecnologias, as AE podem encontrar novas demandas. Desse modo, por entendermos que esse modelo serve como referência para nossa compreensão de que os professores precisam adquirir conhecimentos especializados – que favoreçam o uso de estratégias adequadas para inserir as TIC de modo significativo ao processo de ensino e aprendizagem da Física – de forma adaptada ao nosso objetivo, este trabalho buscou analisar como tais construtos se inserem nas compreensões dos professores ao pensar no uso dos LR na educação básica.

Souza (2018) destaca que se as TIC forem devidamente utilizadas e articuladas às práticas pedagógicas, elas podem favorecer a aprendizagem da Física. Ao utilizar um recurso tecnológico para desencadear interações sociais ao invés de uma mera ilustração do professor,

estamos ampliando as possibilidades de estudo e colocando os alunos em uma posição ativa, permitindo que levantem e testem hipóteses, que discutam modelos explicativos e que criem e revejam modelos mentais importantes para a compreensão dos fenômenos em estudo (SOUZA, 2018).

Para Oliveira, Ferreira e Mill (2018), práticas convencionais, como transpor o conteúdo do livro didático para uma mídia, se configuram em um uso limitado das TIC. O seu uso no ensino de Física exige mais do que técnica de manuseio, é preciso planejar e refletir sobre como utilizá-las em sala de aula visto que o seu uso não é suficiente para enfrentar a diversidade e os desafios educacionais (ibid. p. 151).

Nesse contexto, alguns estudos têm apontado o uso dos laboratórios remotos como alternativa ao uso de AE reais no ensino de Física, porém, ainda há poucas discussões sobre o seu real potencial. Mediante o exposto, podemos perceber que, como AE mediadas pelas tecnologias, os LR podem sugerir a necessidade de novos objetivos educacionais, assim como exigir o desenvolvimento de conhecimentos e habilidades por parte dos professores para que possam potencializar o seu uso e apresentar diferentes possibilidades no ensino de Física.

Como nosso objetivo é investigar as possibilidades de uso dos LR no ensino de Física na educação básica, na próxima seção será apresentada uma breve contextualização de como os LR se inserem no contexto educacional e uma revisão bibliográfica que discute como esse recurso pode contribuir para o ensino de Física nessa modalidade.

### **1.3. Laboratórios Remotos no ensino de Física: uma revisão bibliográfica das propostas de uso na educação básica**

Como trouxemos anteriormente, o uso de atividades experimentais – e dessas mediadas pelas TIC – vem sendo discutido na literatura por suas diferentes contribuições ao ensino de ciências e em especial, à Física. Desses recursos, os laboratórios remotos se enquadram em uma nova modalidade, relativamente recente e pouco explorada nas pesquisas em educação (ALMEIDA JR., 2016; RIBEIRO, 2018), mas que tem ganhado espaço e possibilitado novas oportunidades a diferentes níveis de ensino.

Desenvolvido em 1995 pela Oregon State University (Universidade do Estado do Oregon), localizada nos Estados Unidos, o primeiro laboratório remoto do mundo para fins educacionais ficou conhecido como *Second Best to Being There - SBBT* (a segunda melhor opção depois de estar presente - tradução nossa), e consistia em um braço robótico com três graus de liberdade, que podia ser controlado a distância (SILVA, 2006; RIBEIRO, 2018).

Segundo Shor, Bohus e Atkan (2011), o SBBT foi implementado apenas para um experimento e não foi usado em um contexto educacional uma vez que a Universidade do Oregon não tinha planos de utilizar o recurso em cursos de engenharia, e porque o grupo de pesquisa não tinha acordo com outras universidades. Outra dificuldade destacada pelos autores foi que na época o laboratório exigia uma largura de banda maior do que os usuários tinham por meio de modems em suas casas.

Dois anos depois, em 1997, pesquisadores da University of Illinois (Universidade de Illinois), Estados Unidos, apresentaram um laboratório completo de instrumentação eletrônica controlado remotamente (SILVA, 2006). Desde então, vários laboratórios estão sendo construídos ao redor do mundo e, embora os LR nas áreas de engenharia e tecnologia ainda sejam encontrados em maior número na literatura (SIEVERS JUNIOR, GERMANO, ALMEIDA, 2007; CARDOSO, TAKAHASHI, 2011; MATARRITA, CONCARI, 2015; SANTOS, FERNANDES, SILVA, 2017), os laboratórios voltados para o estudo de fenômenos físicos datam da década de 1990<sup>11</sup>, acompanhando o desenvolvimento desses laboratórios desde sua origem (KOFMAN, CONCARI, 2011), e vêm chamando a atenção de desenvolvedores e educadores que estão discutindo cada vez mais a possibilidade de uso do recurso no ensino de Física (GALVÃO, REZENDE JUNIOR, CAETANO, 2019).

Em um levantamento feito por Cardoso (2016), é possível encontrar diferentes tipos de experimentos controlados remotamente para estudo de fenômenos físicos (quadro 2):

**Quadro 2:** Experimentos controlados remotamente para o estudo da Física encontrados na literatura

Área da Física	Experimentos
Mecânica	queda dos corpos, movimento roto-translacional de uma roda, cinemática e dinâmica de rotação e translação, viscosidade de líquidos, movimentos oscilatórios, movimento em planos inclinados, lançamento de projéteis e Lei de Hooke
Óptica	absorção e reflexão da luz, refração da luz, equações de Fresnel, distância focal de lentes, determinação da velocidade da luz e Lei de Snell
Eletromagnetismo	indução eletromagnética, histerese magnética, campo magnético de solenoides, circuitos elétricos, estudo de carga e descarga de capacitores e potenciais eletrostáticos
	gás ideal e propagação de calor

<sup>11</sup> Não foram identificados os primeiros laboratórios para estudo de fenômenos físicos nem suas especificidades.

Termodinâmica	
Física Moderna e Contemporânea	difração de elétron, difração de micro-objetos, princípio da incerteza de Heisenberg, experimento de Millikan, efeito fotoelétrico, decaimento radioativo e determinação do tempo de meia-vida do Múon

Fonte: (adaptado de CARDOSO, 2016, p. 21 - 24)

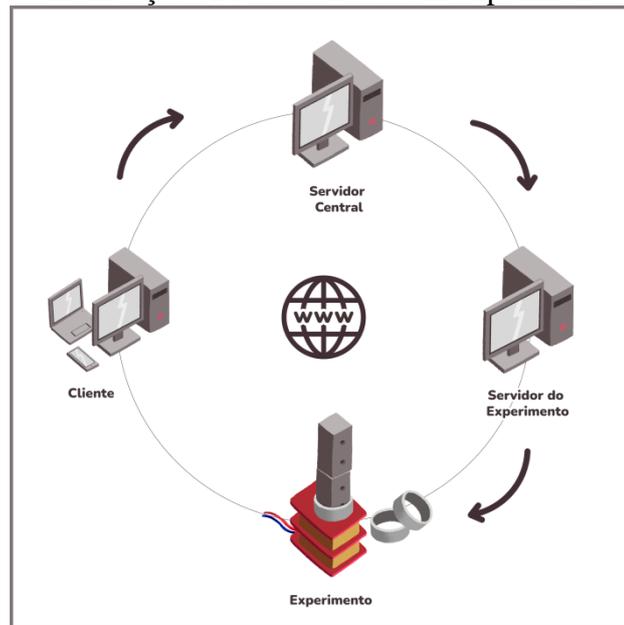
Por esse quadro, percebe-se uma variedade de experimentos controlados remotamente para estudo de fenômenos físicos, mas Ribeiro (2018), ao fazer uma análise de diferentes LR atualmente disponíveis, observa que, embora uma quantidade considerável de universidades ao redor do mundo esteja se dedicando ao desenvolvimento de laboratórios nessa modalidade, poucos são direcionados ao apoio da educação básica. Na revisão sistemática da literatura de Santos, Fernandes e Silva (2017) é constatado que aplicações de laboratórios virtuais e remotos são mais presentes no ensino superior, mas que as aplicações na educação básica demonstram ser um campo que deve ser mais explorado.

No entanto, diferente das simulações e laboratórios virtuais<sup>12</sup> que apresentam uma condição idealizada da realidade (LOPES, 2007; SIM, 2016), os laboratórios remotos, também conhecidos por laboratórios com acesso remoto aos experimentos ou WebLabs (CAETANO, 2019), são projetados com câmeras e automatizados para transmitirem em tempo real os fenômenos em estudo (SILVA, 2016). Neles, o usuário manipula e controla os experimentos de qualquer equipamento com acesso à internet por meio de uma interface gráfica (LOPES, 2007; ALMEIDA JR., 2016; NICOLETE; 2016). Segue na figura 3 uma ilustração com um exemplo de como pode se dar a comunicação entre os usuários e um experimento do laboratório remoto.

---

<sup>12</sup> Segundo Lopes (2007), os laboratórios virtuais são vídeos pré-filmados que podem ser descarregados da internet e instalados em um computador.

**Figura 3:** Exemplo da comunicação entre usuários e um experimento do laboratório remoto<sup>13</sup>



Como destacamos anteriormente, mesmo que o país tenha desafios de diferentes naturezas no que concerne ao acesso de recursos tecnológicos, os LR vêm sendo considerados pelas possibilidades didático-metodológicas de ampliar o estudo de diversas áreas e, especialmente, daquelas que requerem uma investigação prática como as Ciências da Natureza, Tecnologia, Engenharia e Matemática (CARDOSO, TAKAHASHI, 2011; SANTOS, FERNANDES, SILVA, 2017). No que diz respeito às Ciências da Natureza, e particularmente ao ensino de Física, por ser foco deste trabalho, essa modalidade de acesso à AE chama a atenção pelas dificuldades encontradas na realização dessas atividades na educação básica.

Como a revisão bibliográfica tem a intenção de contextualizar o tema em discussão, permitindo ao pesquisador cobrir uma gama mais ampla de fenômenos (PRADANOV; FREITAS, 2013; GIL, 2008), nesta seção será apresentado um levantamento de trabalhos que utilizaram os laboratórios remotos no ensino de Física na educação básica, no qual buscamos identificar com quais objetivos a utilização do laboratório remoto é proposta e que contribuições são citadas para o processo educacional.

Por entendermos que os objetivos nessa revisão foram amplos, optamos por analisar

<sup>13</sup> Ilustração feita a pedido por Marcos Paulo Cyrillo da Silva para esta dissertação; representa como se dá a comunicação entre usuários e o laboratório remoto. Inspirados na explicação dada por Caetano (2019), nosso desenho mostra que o cliente (usuário) se comunica por meio da rede de internet com um servidor central, responsável pelo website do laboratório e pelo banco de dados do laboratório. Após selecionar o experimento desejado por meio do website, o servidor central se comunica automaticamente com o servidor do experimento, que é responsável por fornecer as imagens das câmeras e se comunicar com os dispositivos responsáveis por enviar e receber comandos por meio da interface do experimento.

teses e dissertações por apresentarem um texto com um corpo teórico mais detalhado e aprofundado. Assim, o Catálogo de Teses e Dissertações de Capes foi escolhido como base de dados e uma combinação entre descritores e o operador booleano AND foi utilizada como filtro na busca. Os descritores utilizados foram "laboratório remoto" AND "física", "experimentação remota" AND "física", "laboratório com acesso remoto" AND "física", "weblab" AND "física", "remote lab" AND "physics", "remote laboratory" AND "physics", "remote laboratories" AND "physics", "remote experimentation" AND "physics" e "laboratórios remotos" AND "física". Dessa busca, desconsiderando os trabalhos que foram encontrados em mais de uma combinação de descritor, vinte e um trabalhos foram selecionados. Desses, nove foram inseridos na pesquisa e podem ser identificados no quadro 3.

**Quadro 3:** Trabalhos selecionados na revisão bibliográfica

<b>Título</b>	<b>Natureza</b>	<b>Programa de pós-graduação (PPG)</b>	<b>Autor</b>	<b>Ano</b>
Experimentação remota como suporte a ambientes de aprendizagem de física	Dissertação	PPG - Engenharia e Gestão do Conhecimento	Suenoni Paladini	2008
Weblab - um ambiente de laboratório de acesso remoto educacional	Tese	PPG - Engenharia Eletrônica e Computação	Fretz Sievers Junior	2011
Análise do uso de laboratórios de experimentação remota como ferramenta de apoio a aprendizagem	Dissertação	PPG - Modelagem Computacional de Sistemas	Raiane Silveira da Silva	2015
A descoberta do elétron como tema gerador de um ensino de física mediado por experimentação remota	Dissertação	PPG - Ensino de Ciências e Matemática	Dayane Carvalho Cardoso	2016
Experimento de física controlado remotamente: uma avaliação sobre processo de ensino e de aprendizagem	Dissertação	PPG - Educação para a Ciência	Amira Amaral do Sim	2016
Empreendedorismo, tecnologia e design thinking: proposta de oficina para alunos concluintes da educação básica	Dissertação	PPG - Tecnologia da Informação e Comunicação	Carine Heck	2017
Aprendizagem ativa por meio da experimentação	Dissertação	PPG - Ensino de Ciências e	Lorena Barbosa	2017

remota: um estudo da calorimetria		Matemática	Rodrigues	
Ensino de física por meio de atividades de ensino investigativo e experimentais de astronomia no ensino médio	Dissertação	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física	Rafael Assenso	2017
Potencialidades e limitações de laboratórios remotos: um estudo a partir de bachelard	Dissertação	PPG - Educação em Ciências	Ney Candido da Silva Ribeiro	2018

Fonte: a autora

Como citamos anteriormente, nosso interesse foi por trabalhos que houvessem utilizado os laboratórios remotos no ensino de Física na educação básica. Dos resultados da nossa análise, percebe-se que poucos trabalhos aplicaram-se nessa modalidade de ensino, sendo a sua maioria trabalhos de mestrados vinculados a programas de pós-graduação de diferentes áreas do conhecimento.

Das considerações dos trabalhos sobre as contribuições para o processo educacional, Sim (2016) apresenta em seus resultados que as pesquisas sobre laboratórios remotos no ensino de Ciências merecem certa atenção por serem uma alternativa às carências que as escolas apresentam quanto ao uso de AE, e por possibilitarem a realização de atividades complementares às atividades presenciais convencionais. Sim (ibid. p. 105) e Ribeiro (2018) concordam quanto à importância dos experimentos reais e quanto às habilidades que eles oferecem. Porém, os autores apontam que as potencialidades dos LR precisam ser investigadas, principalmente por oferecerem a possibilidade dos alunos fazerem uso de tecnologias e desenvolverem habilidades que estão presentes na formação de cidadãos contemporâneos.

Quando Ribeiro (2018) acompanha a construção de um experimento controlado remotamente (Anel de Thomson), para então aplicá-lo a fim de identificar as possibilidades que o recurso oferece para alunos de Física do ensino médio, superar obstáculos epistemológicos identifica que o laboratório remoto não oferece menos possibilidades, mas sim, possibilidades diferentes. Ao comparar o uso de um experimento presencial com o remoto, o autor observa que apesar dos alunos que realizaram a atividade presencial poderem utilizar outros sentidos ao longo da investigação que não apenas a visão, eles não o fazem. Já os alunos que utilizaram o experimento remoto ficaram mais focados e atentos à atividade. Para o autor, apesar de não poder garantir que os experimentos remotos estimulam esse comportamento mais focado, o fato deve ser investigado para identificar novas

potencialidades do recurso.

Na pesquisa comparativa entre o uso de uma atividade experimental presencial e outra remota para o estudo de fenômenos elétricos (1ª Lei de Ohm e circuitos elétricos) feita por Sim (2016) no terceiro ano do ensino médio, foi possível verificar que assim como a atividade presencial, a remota traz contribuições significativas para a aprendizagem dos alunos. A autora relata que, nas interações dialógicas após a realização da atividade experimental, os alunos foram capazes de construir argumentos que justificassem os dados obtidos por meio da resolução de problemas, levantamento e teste de hipóteses, verificação matemática de equações relacionadas aos conceitos científicos, além de estabelecer relações entre a experimentação realizada, os conceitos estudados e o cotidiano.

Ao fazer um estudo para analisar o uso da experimentação remota como ferramenta de apoio à aprendizagem da Física, Silva (2015) aplica o recurso com 10 alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola de uma comunidade quilombola no Tocantins e, no estudo sobre propagação de calor, constata que a experimentação remota é muito bem recebida em ambientes que carecem desses recursos, sendo equiparáveis aos laboratórios presenciais em termos de eficácia no processo de aprendizagem.

Na tentativa de identificar em que aspectos a experimentação remota pode contribuir para uma aprendizagem mais ativa, Rodrigues (2017) propõe uma sequência didática para o ensino de calorimetria para estudantes do segundo ano do ensino médio. A autora identifica que embora a inserção de novas metodologias no ensino seja um desafio tanto para alunos quanto para professores acostumados com práticas de ensino transmissivas, o experimento remoto permite que conceitos físicos mais próximos do mundo real sejam abordados fazendo com que novas indagações surjam no processo de ensino e aprendizagem.

Ao desenvolver uma proposta pedagógica com características de uma abordagem investigativa para o ensino de astronomia utilizando um laboratório remoto, Assenso (2017) identificou que o recurso permitiu que alunos da educação básica compreendessem de modo satisfatório o estudo de um fenômeno físico, dando a oportunidade de operar um telescópio semiprofissional, coletar dados e compreender o método científico.

Com o objetivo de propor e validar um método que contemple os objetivos educacionais do ensino por investigação, Cardoso (2016) utiliza um experimento remoto dentro de uma sequência didática para o estudo de eletromagnetismo e identifica que devido à imprevisibilidade dos resultados, a presença de atividades experimentais aliada a recursos tecnológicos pode exigir uma nova postura por parte do professor. Para o professor que acompanhou a atividade, esses imprevistos mostram a necessidade de buscar conhecimentos

de conteúdo específicos e pedagógicos para ampará-lo no processo de ensino e aprendizagem.

Com o objetivo de apresentar a utilização da experimentação remota como suporte a ambientes de ensino e aprendizagem da Física na modalidade presencial ou a distância, Paladini (2008) destaca que em um ensino a distância, a experimentação remota pode dinamizar a didática dos conteúdos abordados, oferecendo técnicas experimentais que podem facilitar o processo de aprendizagem dos alunos. Quando a autora propõe o uso do experimento em uma turma do terceiro ano do ensino médio, constata que os estudantes se sentiram motivados com o recurso para realizar as atividades propostas e que houve uma melhora no “espírito de grupo” e na colaboração entre os estudantes.

Sievers Junior (2011) apresenta um ambiente de laboratório remoto denominado Weblab com agentes pedagógicos para gerenciar as filas e personalizar o uso para cada estudante. Com o objetivo de superar as dificuldades de acesso único, o ambiente oferece atividades de aprendizagem, *feedbacks* e avaliações durante o processo de ensino e aprendizagem que guia os alunos enquanto o experimento é utilizado. Ao utilizar o recurso com alunos do ensino médio para validar o ambiente, o autor nota que os alunos tiveram um desempenho significativo na aprendizagem quando comparado aos alunos que realizaram o uso de atividades experimentais convencionais. Relata que os alunos ficaram motivados pelo uso do *Weblab* por ser uma atividade nova e pela sua interatividade.

O fator motivação também foi apontado nos trabalhos de Sim (2016) e Heck (2017), nos quais destacam que os LR provocam uma nova dinâmica na sala de aula, proporcionando um maior protagonismo por parte do aluno e distanciando do modo tradicional como as aulas são ministradas, muitas vezes baseadas na exposição de conteúdos descontextualizados da realidade.

No trabalho de Heck (2017), que teve o objetivo de mostrar como a experimentação remota móvel contribui para a formação prática da disciplina de Física na educação básica, a autora verificou que o recurso propiciou uma maior motivação para os alunos estudarem Física, uma compreensão mais ampla dos fenômenos, que pode favorecer a aprendizagem, e uma autonomia maior, que pode proporcionar novas formas de aprender para além da sala de aula, ao permitir que os alunos escolham qual o melhor lugar, horário e forma de estudar. Para Kenski (2012), ao mesmo tempo em que as TIC transformam os cenários educacionais tradicionais, elas impõem novos ritmos e dimensões à tarefa de ensinar e aprender.

Das contribuições citadas para o processo educacional, percebe-se que as práticas laboratoriais realizadas nos LR são equiparáveis às práticas dos laboratórios presenciais, oferecendo possibilidades de investigação amplas e favoráveis ao aprendizado dos fenômenos

físicos. Como esses laboratórios estão disponíveis nos sete dias da semana e vinte e quatro horas por dia, Cardoso e Takahashi (2011) apontam a possibilidade dos estudantes acessarem o recurso em sua residência, no trabalho ou de qualquer lugar que disponha de um computador com acesso à internet. Esse aspecto se tornou ainda mais acessível com a possibilidade de usá-los em uma perspectiva móvel.

O processo de interação com o professor é outro elemento que favorece a contextualização dos conceitos discutidos por meio do experimento (SIM, 2016). Heck (2017) destaca que “[...] a tecnologia por si só, não resolve todos os problemas do ensino de física, é necessário que o professor seja o mediador de todo o processo de ensino, buscando alternativas, seja por meio do uso da tecnologia em suas aulas, com laboratórios remotos, simulações, laboratórios presenciais juntamente com metodologia adequadas.” (p. 31). Para Costa et al. (2012), quando o professor compreende o potencial pedagógico das tecnologias, altera-se também a sua postura e o modo como intervém nas práticas educativas. Como colocado por Kenski (2014), usar recursos tecnológicos no processo de ensino e aprendizagem requer planejamento, reflexão e redefinição dos papéis de alunos e professores. A autora defende ainda que a formação de professores também precisa considerar a dinâmica proposta pela sociedade digital para que estes assumam o seu papel, considerando a escola como um espaço privilegiado para a sistematização contextualizada dos saberes e para formação de cidadãos críticos.

Apesar das possibilidades e contribuições aqui citadas, Almeida Jr. (2016) destaca que mais pesquisas são necessárias para encontrar os pontos fortes e fracos dos LR e qual papel podem assumir no currículo. Laguardia, Portela e Vasconcellos (2007) destacam a importância dos usuários – inseridos em diferentes contextos – avaliarem os recursos tecnológicos para indicar os efeitos esperados e inesperados, os problemas e as possibilidades que encontraram de acordo com os objetivos da investigação, para fornecer informações úteis na tomada de decisão referente à sua construção e sofisticação.

Assim, a partir das discussões apresentadas sobre o uso dos LR, é possível perceber algumas possibilidades de se favorecer o processo ensino e aprendizagem de Física por meio do recurso. No entanto, concordamos com Costa et al. (2012) que utilizar as TIC apenas para apoiar o ensino pode limitar o seu potencial transformador, e que vislumbrar o aluno como agente ativo no processo de ensino e aprendizagem pode oferecer uma utilização muito mais efetiva. Desse modo, partindo do pressuposto de que conhecimentos especializados podem levar os professores a compreender as TIC, e conseqüentemente os LR, de forma mais significativa no ensino de Física, nosso trabalho buscou investigar as compreensões dos

professores e licenciandos quanto à possibilidade de seu uso na educação básica.

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 2.1. Delineamento da pesquisa

Com o objetivo de investigar como professores e licenciandos de Física compreendem as possibilidades de uso dos laboratórios remotos na educação básica, o presente trabalho é de natureza qualitativa por ter os investigadores como principal instrumento de coleta de dados e por estabelecer “[...] estratégias e procedimentos que lhes permitam tomar em consideração as experiências e pontos de vista do informador.” (BOGDAN, BIKLEN, 1994, p. 51). Por considerar que há uma relação indissociável entre o mundo real e a subjetividade dos sujeitos, a pesquisa qualitativa busca, de forma descritiva, interpretar e atribuir significados aos fenômenos estudados (PRADANOV, FREITAS, 2013), interessando-se mais pelo modo como as definições se formam (BOGDAN, BIKLEN, 1994).

Como pretendíamos investigar compreensões sobre o uso dos LR no ensino de Física na educação básica, definiu-se como critério a escolha por professores e licenciandos de Física que conheciam e haviam realizado e/ou observado alguma prática educativa com experimentos dos LR de forma mais sistemática. Esse critério foi definido por entendermos que a formação e/ou atuação na disciplina de Física permite um conhecimento curricular e das dificuldades e necessidades da componente sob diferentes perspectivas e circunstâncias, e a utilização dos experimentos de forma planejada permite aos professores e licenciandos uma compreensão mais ampliada da potencialidade e das limitações que o recurso pode apresentar ao processo de ensino e aprendizagem.

Como a pesquisadora deste trabalho havia realizado pesquisa de iniciação científica em um laboratório remoto e tinha passado por uma disciplina ainda na graduação que propôs utilizar os laboratórios remotos na educação básica, foi possível fazer um levantamento de professores e licenciandos de Física que conheciam e haviam utilizado os LR de forma mais sistemática.

Assim, após identificar 19 possíveis sujeitos, incluiu-se na pesquisa 4 professores que estão atuando na educação básica, 2 professores recém-formados e 6 licenciandos do curso de Física. Os professores em atuação e os licenciandos foram incluídos na pesquisa por apresentarem as diferentes experiências de formação e atuação que buscávamos, e os dois professores recém-formados foram incluídos por terem realizado pesquisa de iniciação científica sobre os laboratórios remotos, podendo trazer discussões mais ampliadas da potencialidade do recurso.

Embora os laboratórios remotos sejam caracterizados por serem experimentos reais disponíveis por vinte e quatro horas por dia, nos sete dias da semana, encontramos algumas variações quanto à forma de acesso e quanto à forma que são concebidos. Desse modo, é preciso destacar que, por serem de uma mesma região, os sujeitos desta pesquisa tiveram contato e citam suas experiências com base no conhecimento que possuem de um mesmo laboratório remoto<sup>14</sup>. O laboratório disponibiliza experimentos de Física por meio de um site de forma gratuita e são caracterizados por

[...] serem experimentos que possibilitam a coleta de dados, a investigação. São concebidos para que o usuário realize medidas de grandezas físicas a partir do fenômeno estudado e possa propor modelos para explicá-lo. São, de uma forma geral, experimentos mais elaborados e requerem do estudante planejamento e análise.” (LABORATÓRIO REMOTO DE FÍSICA)

Para responder às questões propostas pelo contexto da pesquisa e alcançar o objetivo primário, formulamos os seguintes objetivos secundários:

- Identificar as expectativas e obstáculos que os professores e licenciandos podem encontrar com o uso dos laboratórios remotos;
- Compreender com quais objetivos pode-se utilizar os experimentos controlados remotamente para se ensinar Física;
- Analisar as compreensões de professores de Física, em atuação e em formação, quanto à potencialidade de uso dos laboratórios remotos.

Como instrumento de coleta de dados escolheu-se a entrevista como estratégia dominante por entendermos que, com um número restrito de sujeitos, o instrumento seria suficiente e o mais adequado para o nosso contexto. Assim, por ser uma forma de interação assimétrica, na qual uma das partes coleta os dados e outra é a fonte de informação (GIL, 2008), a entrevista foi utilizada para recolher dados descritivos na linguagem dos sujeitos investigados, por permitir que o investigador desenvolva intuitivamente uma ideia de como os sujeitos da pesquisa interpretam determinados aspectos do mundo, além de ser suficientemente flexível para permitir que o pesquisador recolha dados sobre dimensões inesperadas do tópico em estudo (BOGDAN, BIKLEN, 1994).

Optou-se por fazer uma entrevista semiestruturada por permitir obter dados comparáveis entre os vários sujeitos (BOGDAN, BIKLEN, 1994), e por admitir que o

---

<sup>14</sup> Site do laboratório que os sujeitos desta pesquisa tiveram acesso: <<https://labremoto.unifei.edu.br/src/apresentacao.php>>. Acesso em 13 de fevereiro de 2021.

pesquisador incentive o entrevistado a falar livremente sobre assuntos que vão se desdobrando do tema principal (GERHARDT, SILVEIRA, 2009).

Para adequar o instrumento da coleta de dados, realizou-se uma entrevista piloto com uma professora, mestranda em Educação em Ciências, que não foi incluída nos sujeitos da pesquisa. Como destaca Lakatos e Marconi (2003), a pesquisa piloto pode evidenciar ambiguidades, questões supérfluas, adequação ou não da ordem das questões, se são numerosas ou precisam ser complementadas a fim de reformular o instrumento. Após identificar os nossos sujeitos e ter o projeto de pesquisa aprovado pelo Comitê de Ética, deu-se início a pesquisa. Como o cronograma para a coleta de dados da dissertação se deu em meio à pandemia do Coronavírus (COVID-19), no primeiro semestre de 2020, dificultando o contato presencial com os sujeitos, adequamos o instrumento para que fosse realizada a distância.

Assim, para realizar as entrevistas utilizamos o Google Hangouts Meet, uma plataforma de comunicação desenvolvida pela Google que permite chats de vídeo, mensagens instantâneas, mensagens de texto (SMS) e chamadas de VOIP (chamadas via internet) que podem ser gravadas e salvas no Google Drive<sup>15</sup> diretamente, de forma acessível e prática. Após adequar o roteiro, os 12 sujeitos foram contatados, aceitaram participar da pesquisa, e as entrevistas foram agendadas e realizadas em dias e horários previamente combinados. O roteiro final utilizado para conduzir a entrevista pode ser encontrado no Apêndice A desta dissertação.

## 2.2. Instrumento de análise de dados

Para analisar os dados que emergiram das entrevistas, foram utilizados procedimentos da Análise Textual Discursiva (ATD) por serem concebidos como “[...] um processo auto-organizado de produção de novas compreensões em relação aos fenômenos que examina” (MORAES, GALIAZZI, 2016, p. 67), no qual

[...] novos entendimentos emergem de uma sequência recursiva de três componentes: desconstrução dos textos do *corpus*, a unitarização; estabelecimento de relações entre os elementos unitários, a categorização; o captar do novo emergente em que a nova compreensão é comunicada e validada. (MORAES, 2003, p. 192).

Partindo do pressuposto de que toda leitura é uma interpretação e que um mesmo texto pode possibilitar múltiplas interpretações, a ATD tem como objetivo atribuir e

---

<sup>15</sup> O Google Drive é um serviço de armazenamento e sincronização de arquivos do Google.

comunicar os significados dos materiais segundo os conhecimentos, intenções e teorias do pesquisador (MORAES, GALIAZZI, 2016).

Quanto aos componentes do procedimento da ATD, Moraes e Galiazzi (2016) esclarecem que a desconstrução e unitarização dos textos implica um processo de desmontagem ou desintegração dos textos, destacando seus elementos constituintes dos quais emergem as unidades de análise (também denominadas por unidades de significado). A unitarização é um processo de desorganização que permite uma intensa impregnação com os fenômenos investigados e o estabelecimento de relações em uma nova ordem que será construída sob diferentes perspectivas e focos de análise (MORAES, GALIAZZI, 2016).

O processo de estabelecer relações, também chamado de categorização, emerge da compreensão do processo analítico, e é um processo de comparação constante entre as unidades de análise para criar agrupamentos entre os elementos semelhantes (MORAES, GALIAZZI, 2016). Segundo Moraes e Galiazzi (2016), conjuntos de elementos de significação próximos constituem as categorias.

As categorias são utilizadas como um modo de focalizar o todo por meio das partes e são válidas quando constituem conceitos abrangentes, sendo capazes de propiciar uma nova compreensão dos fenômenos pesquisados. Na ATD, aceita-se que uma mesma unidade de significado seja classificada em mais de uma categoria por buscar uma compreensão mais holística e globalizada dos fenômenos e por entender que a propriedade de exclusão mútua não se sustenta diante das múltiplas leituras possíveis de um texto (MORAES; GALIAZZI, 2016).

Em um processo de criação, ordenamento, organização e síntese, as análises textuais discursivas buscam aprofundar e reconstruir sentidos mais afastados de uma leitura superficial e imediata para compreender os fenômenos em sua complexidade (MORAES, GALIAZZI, 2016). Nesta pesquisa, as categorias foram construídas a partir de uma análise indutiva, formando-se assim, categorias emergentes, que são construções teóricas elaboradas pelo pesquisador a partir do *corpus* de análise em um movimento de subcategorias mais específicas para categorias mais gerais (MORAES, GALIAZZI, 2016; GALIAZZI, SOUSA, 2019).

O terceiro momento do ciclo da ATD visa construir metatextos analíticos para expressar os sentidos elaborados sobre os fenômenos investigados. Como descrevem Moraes e Galiazzi (2016), o metatexto é constituído pela descrição e interpretação dos fenômenos, no qual o “captar do novo emergente” é resultado de um processo reiterativo de escrita que busca, a partir das categorias e de suas relações, maior clareza das intuições e compreensões atingidas.

Os metatextos resultam de processos intuitivos e auto-organizados, que podem ser validados pela inserção crítica de excertos bem selecionados dos textos do *corpus* e que, mais do que apresentar as categorias construídas na análise, “[...] deve constituir-se a partir de algo importante que o pesquisador tem a dizer sobre o fenômeno que investigou, um argumento aglutinador construído a partir da impregnação com o fenômeno e que representa o elemento central da criação do pesquisador” (MORAES, GALIAZZI, 2016, p. 62).

Embora a ATD incentive uma atitude ativa e criativa por parte do pesquisador, Moraes e Galiazzi (2016) destacam que é preciso “[...] deixar que os fenômenos se manifestem” (p. 75), exercitando uma atitude de respeito ao outro. Para Sousa e Galiazzi (2018), a descrição é um movimento que permite identificar, diante de pré-compreensões e preconceitos, como o fenômeno se mostra.

Assim, por entendermos que as circunstâncias exercem forte influência sobre a compreensão do fenômeno e sobre as interpretações que podem ser feitas, na próxima seção será apresentado o contexto dos sujeitos quanto às suas experiências em sala de aula e quanto ao uso dos laboratórios remotos. Cabe destacar que os excertos com nomes identificados pelos sujeitos foram substituídos por “universidade” e “laboratório remoto” para que nenhum lugar fosse identificado.

### 2.3. Contexto dos sujeitos

Como descrito no delineamento da pesquisa, os sujeitos investigados foram escolhidos por conhecerem os laboratórios remotos e por terem utilizado e/ou observado alguma prática educativa mais sistemática do seu uso no ensino de Física na educação básica. Nesta pesquisa, para preservar a identidade dos sujeitos, iremos nos referir aos professores graduados por (P) e aos licenciandos por (L). No quadro 4 descrevemos os nossos sujeitos de acordo com a formação e as experiências que citaram ter em sala de aula.

**Quadro 4:** Identificação dos sujeitos da pesquisa

Sujeitos	Formação	Experiências
<b>Professores</b>		
P1	Licenciado em Física e Pós-graduado em Ensino de Ciências	Foi professor de Física na rede estadual por dez anos e há um ano e meio está como professor substituto em um Instituto Federal de Educação.
P2	Licenciado em Física	Atua como professor de Física na rede estadual há um ano e meio.
P3	Licenciado e Pós-	Atua como professor de Física na rede estadual e

	graduando em Física	como professor de matemática do ensino fundamental na rede particular há um ano e meio. Também atua como tutor do curso de Física a distância da Universidade Aberta do Brasil (UAB) em uma universidade federal.
P4	Licenciada em Física e Pós-graduanda em Educação em Ciências.	Participou do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) por três anos e meio e atua como professora de Física na rede estadual há um ano e meio.
P5	Licenciado e pós-graduando em Física.	Estágios e projetos ao longo da graduação.
P6	Licenciado e pós-graduando em Física.	Estágios e projetos ao longo da graduação.
<b>Licenciados</b>		
L1	Licencianda em Física	Participou do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) por quatro anos e do Residência Pedagógica por dois anos. Atuou como professora de Física por um ano na rede particular de ensino.
L2	Licencianda em Física	Estágios supervisionados concluídos. Atuou como professora voluntária de Matemática em cursinho pré-vestibular.
L3	Licencianda em Física	Participou do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) e do Residência Pedagógica por dois anos.
L4	Licencianda em Física	Estágios supervisionados concluídos. Participou do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) por dois anos e atuou como professora de Física por um ano e meio na rede Sesi.
L5	Licenciando em Física	Estágios supervisionados em andamento.
L6	Licenciando em Física	Estágios supervisionados em andamento. Atuou como professor de Física em cursinho pré-vestibular.

Fonte: a autora

Todos os sujeitos da pesquisa conheceram os laboratórios remotos em uma universidade onde um desses laboratórios está sendo construído. P1, P3, P4, L1, L2 e L6 conheceram os laboratórios remotos de maneira informal, ao entrar em contato com o coordenador do projeto; P2, P5, P6, L5 conheceram o recurso no segundo semestre do curso de graduação, quando entraram para um projeto de extensão (Programa de Educação Tutorial - PET<sup>16</sup>) e foram realizar pesquisa de iniciação científica no laboratório remoto da

<sup>16</sup> A lei que rege o programa como é conhecido hoje - PET - foi instituída em setembro de 2005 (Lei Nº 11.180), e a portaria atual que o regulamenta é a Nº 343, de 24 de abril de 2013, que atualiza a portaria Nº 976, de 27 de julho de 2010. A portaria Nº 343, assim como a anterior, estabelece que o programa seja desenvolvido em

universidade; L3 e L4 conheceram o laboratório e os experimentos controlados remotamente na disciplina de instrumentação para o ensino de Física, ministrada no sétimo período da licenciatura em Física dessa mesma universidade.

Quanto ao contexto em que utilizaram e/ou observaram o uso dos laboratórios remotos de forma mais sistemática, com exceção de P1, os outros onze sujeitos, tanto professores quanto licenciandos, o utilizaram ainda na graduação, na disciplina de instrumentação para o ensino de Física<sup>17</sup>.

Embora P1 tenha conhecido de forma indireta os LR, ele pôde acompanhar a construção de um experimento controlado remotamente – Anel de Thomson – e o planejamento da aplicação do projeto de um mestrando que utilizou o recurso em uma de suas turmas.

*[...] no dia que aplicou o laboratório remoto, eles dividiram a turma em duas partes, uma parte que ia para os computadores para fazer a operação no laboratório remoto, e outra parte que ia fazer a experiência do ponto de vista prático. Eu não consegui ter acesso aos alunos, só após, conversando com eles, porque até o rapaz que estava no mestrado na época foi colher uns dados depois. Eu tive acesso na verdade à atividade prática, mas eu conhecia a atividade porque a gente fez os testes, eu não participei bem da elaboração, mas eu estive presente para mostrar qual seria a atividade em si. (P1)*

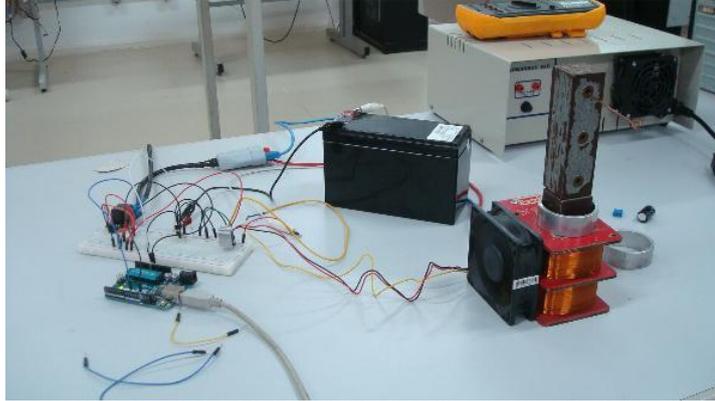
Mesmo não sendo um sujeito que utilizou os LR, a participação de P1 na pesquisa foi considerada por entendermos que sua colaboração indireta na aplicação do projeto do mestrando pode ter gerado reflexões sobre o uso e sobre o processo de elaboração de uma atividade com as possibilidades e limitações que o laboratório remoto oferece. Como não encontramos o experimento citado pelo professor disponível no site do laboratório remoto, apresentamos uma figura do experimento em sua fase de elaboração (Figura 4).

---

grupos de cursos da graduação de instituições de ensino superior do país com a tutoria de um docente para trabalharem de modo indissociável atividades de ensino, pesquisa e extensão.

<sup>17</sup> A disciplina de instrumentação para o ensino de Física, disposta no sexto e sétimo períodos segundo o projeto político pedagógico da universidade dos sujeitos, propõe a elaboração e a aplicação de projetos temáticos que articulem com as grandes áreas da pesquisa em ensino de Física.

**Figura 4:** Experimento Anel de Thomson em fase de elaboração<sup>18</sup>



Fonte: Página do Laboratório Remoto de Física<sup>19</sup>

Apesar de terem conhecido em momentos diferentes, os outros 11 sujeitos da pesquisa relataram que a utilização de forma sistemática dos LR foi feita em uma disciplina de dois semestres que foi organizada em dois momentos, um para discussão e planejamento de uma sequência didática e outro para a sua aplicação na educação básica. Por terem participado da mesma disciplina, que propôs planejar e aplicar um projeto utilizando um experimento do laboratório remoto, alguns dos sujeitos da pesquisa fizeram o trabalho em grupo.

P2, P3, P4 e L5 planejaram em conjunto uma sequência didática para o ensino de eletromagnetismo no terceiro ano do ensino médio. Segundo o relato dos sujeitos, o experimento remoto utilizado foi o Anel de Thomson e a sequência foi aplicada no contraturno porque o número de aulas cedidas pelo professor regente da escola que permitiu a aplicação era insuficiente. Quanto à dinâmica da atividade, os sujeitos destacam que

*[...] o experimento final do projeto foi o Anel de Thomson, então a gente trabalhou com terceiro ano; o foco do nosso projeto foi eletromagnetismo, e basicamente a gente trabalhou com... a gente levou o experimento pra eles, experimentos que eles podiam fazer e basicamente a gente montou um curso experimental de eletromagnetismo para trabalhar com eles, então teve as aulas mais teóricas, mas a gente sempre usava essa estratégia de trazer o experimento ou investigativo ou um experimento que eles pudessem verificar o efeito, o conceito físico. Experimentos demonstrativos a gente não chegou a trabalhar com eles nessa atividade, foi sempre eles colocando a mão na massa. (P3)*

*[...] a gente não tinha muita variação, ele ficou basicamente sendo só um experimento demonstrativo, então assim, a gente pegou e bolou uma sequência de aulas para ensinar eletromagnetismo. E a gente foi usando vários recursos ao longo dessas aulas: experimentos, vídeos, simulações, e um desses elementos que a gente usou foi o laboratório remoto, então a gente usou mais como um complemento. (L5)*

<sup>18</sup> A figura apresenta uma fonte que alimenta um circuito em um *protobord* com um arduino e uma bobina com um núcleo de ferro instalado, no qual as argolas de alumínio são colocadas para visualizar o efeito da levitação magnética.

<sup>19</sup> Disponível em: <<https://labremoto.unifei.edu.br/src/galeria.php>> . Acesso em 13 de fevereiro de 2021.

Para utilizar o experimento, o grupo fez uso de um roteiro com algumas questões sobre o que os alunos deveriam observar, e embora não tenham tido dificuldades com a infraestrutura, P2 e P4 relatam que o fato do laboratório permitir apenas um acesso por vez foi um limitante ao planejar o seu uso, sendo preciso pensar em uma alternativa para envolver os alunos.

*[...] a gente dividiu os alunos em duplas e para os alunos que não estavam trabalhando com o laboratório, com o experimento do anel de Thomson, os outros alunos poderiam dar uma olhada mais aprofundada na interface do laboratório remoto, mexer nos outros experimentos, ver o que eles poderiam fazer, então uma dupla usava o Anel de Thomson e as outras duplas poderiam visualizar os outros experimentos, e assim a gente fez esse rodízio. (P2)*

P5, P6, L4 e L6 também construíram uma sequência didática em conjunto e a aplicaram no primeiro ano do ensino médio. O experimento controlado remotamente utilizado pelo grupo foi o trilho de ar e assim como o grupo anterior, utilizaram o experimento como um dos recursos da sequência didática.

*[...] a sequência didática que a gente fez foi para o assunto de cinemática, e a gente planejou uma sequência que duraria em torno de 8 aulas, usando tanto os recursos experimentais físicos, presenciais, quanto a experimentação remota, e também simuladores. (P6)*

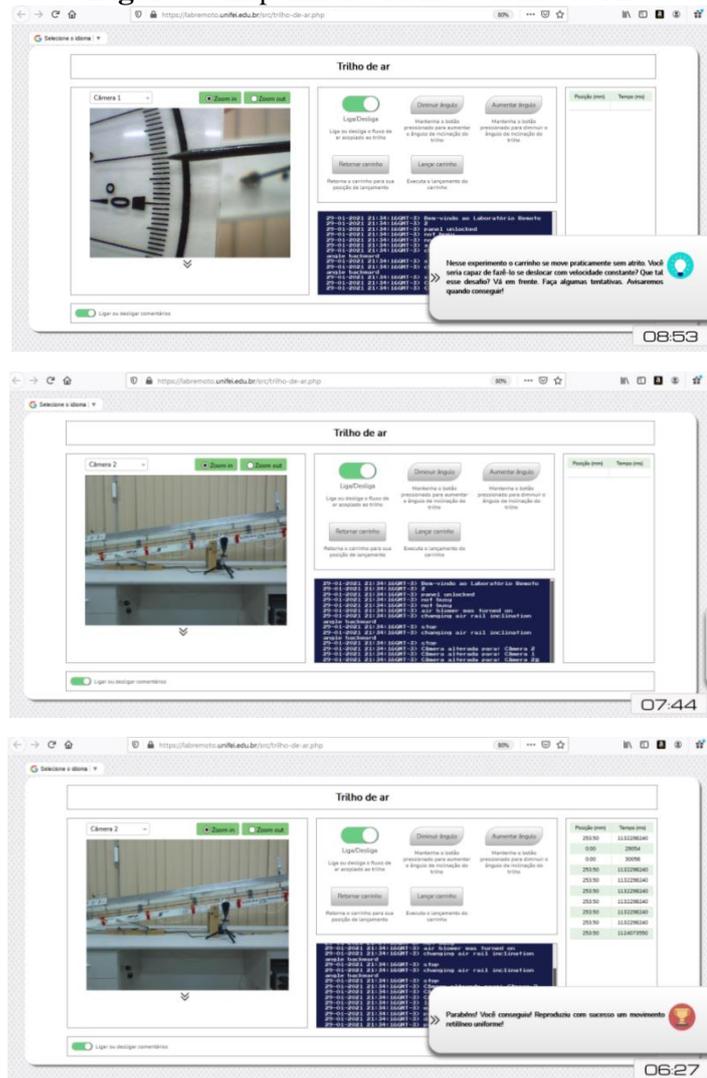
Quanto à dinâmica do projeto, L4 e P5 relatam que o experimento foi liberado para os alunos utilizarem em casa ou na escola quando não tinham acesso a recursos tecnológicos, mas que houve um conflito no momento da utilização, sendo preciso prolongar o prazo para a sua realização.

*[...] primeiro a gente deu algumas aulas para eles de velocidade, aceleração, a gente explicou todo o conceito que eles teriam que ter para entender aquele experimento, e depois a gente liberou o acesso para eles em alguns dias para eles fazerem e colherem alguns dados, aí eles fizeram em casa a maioria, ou no laboratório da escola, como se fosse uma tarefa, né? Porque a gente não tinha como aplicar isso no momento da aula, aí eles fizeram, anotaram uns dados, a gente pediu para eles fazerem um gráfico da velocidade, da aceleração, aí eles fizeram essas atividades e levaram para a gente na sala de aula. (L4)*

*[...] a gente conseguiu organizar para eles utilizarem o trilho de ar e fizemos um roteiro experimental baseado no trilho de ar, mas nós tivemos alguns problemas durante esse processo, principalmente porque os alunos resolveram todos acessar o experimento ao mesmo momento no último dia, 11 horas da noite, daí o site não aguentou, daí a gente teve que dar mais uma semana para eles acessarem o experimento. (P5)*

Veja na figura 5 a interface do experimento utilizado pelo grupo que oferece a possibilidade de estudo de cinemática, dinâmica, leis de conservação e seus componentes.

**Figura 5:** Experimento Remoto Trilho de Ar



Fonte: Página do Laboratório Remoto de Física<sup>20</sup>

Já L1 e L3 planejaram suas sequências com o experimento remoto para o estudo de ondas estacionárias e, embora de formas diferentes, o relacionaram com instrumentos musicais para aproximar o conteúdo dos alunos. L1 planejou a sequência didática em conjunto com um grupo de estudos formado por licenciandos, professores formadores e professores da educação básica. Segundo a licencianda, o planejamento inicial era composto por uma introdução sobre ondas mecânicas, apresentação do conceito de ondas estacionárias e uma parte específica do uso do experimento controlado remotamente, em conjunto com uma caixa acústica que estava sendo construída por um colega da graduação. No entanto, ao colocar a sequência em prática no semestre seguinte ao planejamento, a licencianda relatou

<sup>20</sup> Disponível em: < <https://labremoto.unifei.edu.br/src/galeria.php> > . Acesso em 13 de fevereiro de 2021.

que houve um desencontro com o cronograma da professora do grupo, sendo preciso adaptá-la para uma nova escola, em outro contexto.

*[...] a gente apresentou o experimento do laboratório remoto no formato de sala de aula invertida. A gente teve uma aula, eu fiz o questionário diagnóstico, fiz uma introdução sobre ondas mecânicas e aí os meus colegas fizeram também uma participação nesse projeto, eles falaram sobre os fenômenos ondulatórios para a gente conseguir chegar em ondas estacionárias e aí a gente fez a questão da sala de aula invertida. A gente usou o Facebook como ferramenta de comunicação com os alunos e lá no Facebook eu criei uma página do projeto e eu postava não tarefas, mas cada post era uma indicação de vídeo ou uma notícia ou alguma atividade para eles fazerem, e aí o experimento do laboratório remoto entrou como uma atividade para eles fazerem, e tinha lá as perguntinhas que eles tinham que responder porque tudo isso ia ser discutido na próxima aula e todas as informações apresentadas para eles durante as postagens do Facebook iam ser a base de um júri simulado que foi a atividade final para dialogar todos os conteúdos e ver o que eles tinham pesquisado e o que tinham feito das atividades que a gente apresentou para eles. (L1)*

Embora relate que tenha tido uma boa resposta na turma que aplicou a sequência como planejado, para a licencianda, o fato de não mediar o uso do experimento remoto quando utilizado em casa foi um limitante no desenvolvimento da sequência.

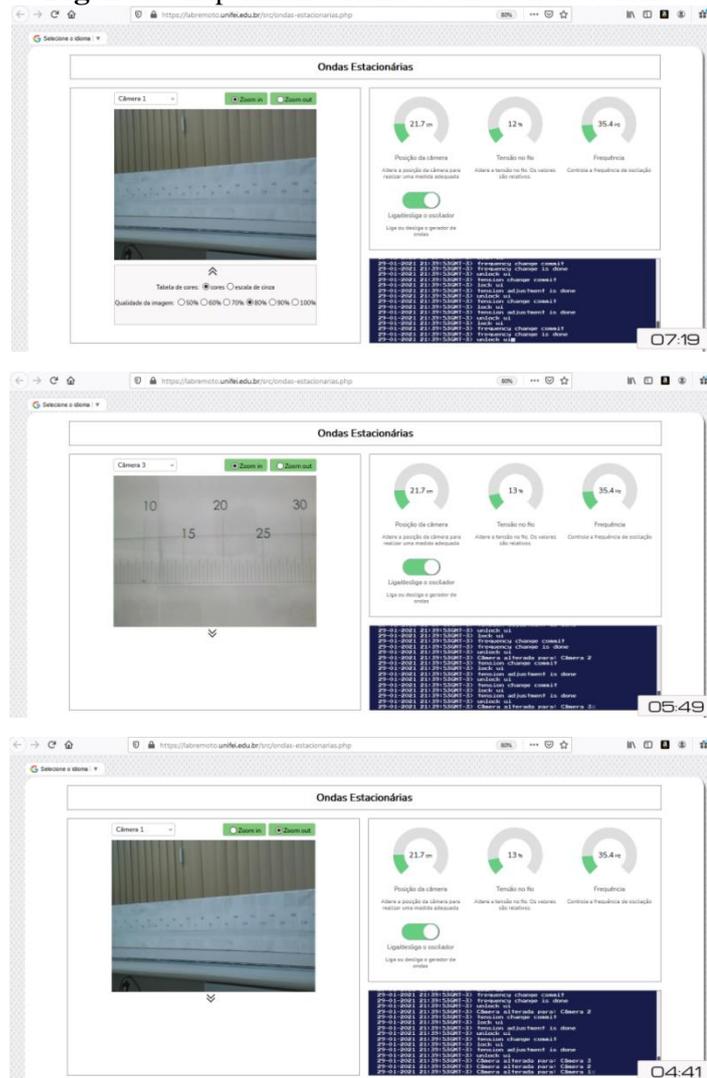
*[...] eles acessaram em casa, Durante a aplicação, eu entrei antes, fiz os testes né? No caso usei as medidas de tensão, mudei o foco da câmera para ver se eles iam conseguir observar os fenômenos antes de passar as atividades para eles, para ter certeza que se eles acessassem, eles iam conseguir ter as observações que a gente esperava, então eles usaram, eu tive respostas. Das duas turmas que eu apliquei, uma foi bem mais ativa do que outra, mas eles conseguiram acessar e fizeram as atividades, porém em casa, a gente não conseguiu monitorar todos, mas os que fizeram a gente teve resposta. (L1)*

Pela limitação de acessos do laboratório remoto, L3 utilizou o experimento em uma abordagem demonstrativa em sala de aula, seguido do uso de uma simulação na qual os alunos puderam interagir.

*[...] a sequência, ela ficou planejada com uma aula sobre ondulatória, aí a gente fez uma introdução, classificação dos conceitos de ondulatória para os alunos, depois a gente fez uma aula sobre instrumentos musicais, porque as ondas estacionárias estão dentro da música, e a gente pensou que dessa forma, isso poderia estimular a atenção dos alunos para essa temática. Depois dessa aula, a gente ia utilizar o simulador e o experimento remoto, [...] então a gente pegou um simulador e o experimento remoto para os alunos utilizarem nessa terceira aula. Numa quarta aula os alunos teriam que interpretar e relacionar as informações que a gente apresentou para eles com o cotidiano deles. (L3)*

O experimento permite o estudo das ondas estacionárias e dos parâmetros relacionados à ondulatória (figura 6).

**Figura 6: Experimento Remoto Ondas Estacionárias**



Fonte: Página do Laboratório Remoto de Física<sup>21</sup>

L2 também planejou em grupo a utilização de um experimento controlado remotamente na disciplina de instrumentação para o ensino de Física. Segundo a licencianda, pelo número limitado de acessos e pela quantidade de aulas que tinham disponível para realização da sequência didática, o grupo optou por utilizar o experimento em uma abordagem mais demonstrativa.

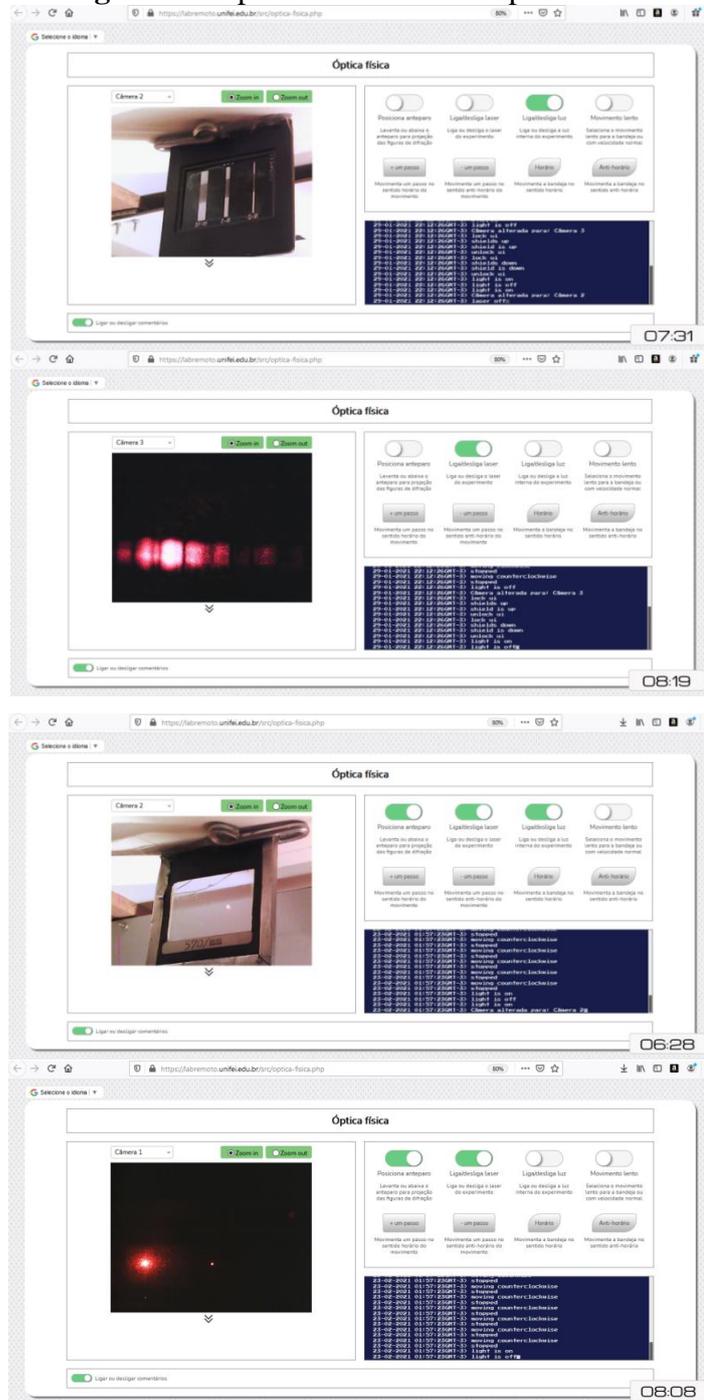
*[...] a gente acessou da internet de lá, a gente colocou eles na sala de informática, explicou para eles o nosso objetivo, explicou o que seria o experimento, a gente passou, eu não lembro se foi antes ou depois, eu creio que foi antes, uma abordagem teórica para eles, que é uma parte que eles não costumam ver no ensino médio, óptica física, então a gente tentou situar eles antes. Então a gente falou brevemente... a gente não expos detalhadamente, mas a gente falou brevemente um pouco sobre óptica física, chegou a dar exemplos também através de experimentos reais, com corda, com brinquedo, para mostrar a propagação da*

<sup>21</sup> Disponível em: <<https://labremoto.unifei.edu.br/src/galeria.php>> . Acesso em 13 de fevereiro de 2021.

*onda e tal, então a gente situou eles antes e depois, a gente trouxe o experimento para eles, a gente projetou e foi explicando para eles. (L2)*

O experimento utilizado pelo grupo (figura 7) propõe o estudo dos fenômenos de interferência e difração.

**Figura 7:** Experimento Remoto Óptica Física



Fonte: Página do Laboratório Remoto de Física<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Disponível em: <<https://labremoto.unifei.edu.br/src/galeria.php>>. Acesso em 13 de fevereiro de 2021.

Como pode-se perceber nos relatos, as diferentes propostas geraram possibilidades e dificuldades na sua aplicação e, embora os sujeitos entrevistados tenham utilizado poucas vezes experimentos de laboratórios remotos, as experiências se mostram ricas por terem sido planejadas e discutidas em grupo. Cabe destacar que o planejamento e a aplicação de projetos ainda na graduação se limitam ao tempo disponibilizado por outros professores e pelo não conhecimento dos contextos, visto que o intuito é preparar os futuros professores para o uso de diferentes recursos e metodologias e não necessariamente avaliar sua efetividade.

As experiências em sala de aula dos sujeitos também são variadas e podem trazer uma ampla contribuição para o tema aqui proposto. Assim, partindo do conhecimento que os sujeitos possuem sobre o uso dos laboratórios remotos no ensino de Física e das experiências que trazem como docentes e futuros docentes, no próximo capítulo apresentaremos a análise dos dados que emergiram das entrevistas.

### 3. LABORATÓRIOS REMOTOS NO ENSINO DE FÍSICA: COMPREENSÕES DE PROFESSORES E LICENCIANDOS

Este capítulo se refere à análise dos dados que emergiram das entrevistas realizadas com os professores e licenciandos de Física sujeitos desta pesquisa. Assim, após transcrever as entrevistas, foram utilizados os procedimentos da Análise Textual Discursiva para analisar os textos gerados e construir metatextos a partir das categorias elaboradas, configurado na associação de descrições, interpretações e argumentos integradores (MORAES, GALIAZZI, 2016). Como foi descrito nos procedimentos metodológicos, as categorias desta pesquisa são emergentes e foram construídas para permitir uma compreensão das possibilidades de uso dos laboratórios remotos no ensino de Física na educação básica.

Como a ATD “[...] se movimenta interpretativamente em direção a horizontes compreensivos” (GALIAZZI, SOUSA, 2019, p. 8), de categorias iniciais que emergiram das unidades de significado foi possível construir categorias intermediárias, para então elaborarmos as categorias finais que serão apresentadas nas seções 3.1, 3.2 e 3.3. Estas categorias foram elaboradas com base no que foi apresentado pelos sujeitos investigados e a partir da compreensão que alcançamos dos nossos referenciais. O quadro 5 mostra as categorias e subcategorias finais elaboradas.

**Quadro 5:** Categorias e Subcategorias emergentes da análise

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
Implicações para o uso dos laboratórios remotos na educação básica	Estrutura do sistema educacional
	Infraestrutura
	Formação dos professores
Função docente	Desenvolver conhecimentos especializados para o uso dos LR (TPACK)
Possibilidades do uso dos laboratórios remotos no ensino de Física	Acesso a atividades experimentais
	Uso crítico e criativo das TIC no ensino

Fonte: a autora

Nas seções a seguir, essas categorias serão apresentadas e validadas conforme sugere a literatura. Em cada seção será apresentado um quadro com as categorias que emergiram da análise, seguido de uma síntese descritiva.

### 3.1. Implicações para o uso dos Laboratórios Remotos no ensino de Física

Como citado ainda na introdução deste trabalho, os laboratórios remotos têm sido propostos como uma alternativa ao uso de AE no ensino de Física devido à falta de recursos que as escolas apresentam. No entanto, nosso questionamento se dirigiu aos professores e licenciandos de Física que conheciam e já haviam utilizado os LR na educação básica, buscando compreender se eles o consideravam como opção diante de seus contextos, quais obstáculos poderiam influenciar na escolha pelo recurso e qual o entendimento desses professores quanto ao papel que os LR podem assumir na aprendizagem da Física.

Da análise das entrevistas, a primeira categoria emergente que se destacou foi referente às impressões dos professores e licenciandos quanto às *implicações para o uso dos laboratórios remotos no ensino de Física na educação básica*. O quadro 6 apresenta uma breve descrição das subcategorias que a constituem.

**Quadro 6:** Implicações para o uso dos laboratórios remotos no ensino de Física na educação básica

SUBCATEGORIAS	DESCRIÇÃO
Estrutura do sistema escolar	Questões relativas à estrutura do sistema educacional que dificultam o uso dos laboratórios remotos
Infraestrutura	Necessidade de oferecer acesso às TIC para um uso mais efetivo dos laboratórios remotos
Formação dos professores	Importância da formação para utilizar e aproveitar o potencial dos laboratórios remotos

Fonte: a autora

Dentre o conjunto de unidades de significado dessa seção, foi possível perceber que as implicações para o uso dos laboratórios remotos estão *na atual estrutura do sistema escolar e na infraestrutura que os professores encontram nas escolas, especialmente na rede pública, pois estes consideram que, dependendo do experimento e da atividade proposta, é preciso mediar o uso dos experimentos mais de perto e oferecer acesso a recursos tecnológicos àqueles que não o tenham; consideram ainda que uma formação de professores adequada e atualizada pode ter forte impacto ao optar por utilizar o recurso*.

A **estrutura do sistema escolar** com a qual muitos professores se deparam – com uma quantidade limitada de aulas de Física por semana e um número elevado de alunos – dificulta não só o uso dos laboratórios remotos, como a realização de atividades mais

dinâmicas que podem contribuir de forma significativa para a aprendizagem dos estudantes. P1, P2, P4, P5, L1, e L6 relatam que o tempo é insuficiente diante da estrutura do currículo e do que se precisariam para um ensino aprofundado da Física.

*[...] o conteúdo, ele queira ou não queira, ele é muito seco, ele é muito... eu tenho que cumprir isso e tenho que cumprir isso, e a impressão que eu tenho é que o currículo ele não é feito para que a gente possa articular muito bem essas coisas com o conteúdo. (P1)*

*[...] quando eu fazia os experimentos de forma demonstrativa, que eu fazia lá na frente para todo mundo, era bem simples, era bem direto, eu fazia, todo mundo falava que entendeu, daí só explicava, mostrava e isso funcionava muito bem, perfeitamente e os alunos pareciam entender, pareciam gostar, mas quando a gente tentava fazer uma atividade que era investigativa, ou seja, eles montavam o experimento, eles coletavam os dados, eles tentavam analisar junto com a teoria, daí era mais complicado, porque primeiro a gente tinha que dividir a turma em vários grupos, daí a gente tinha que ensinar eles a fazerem as medidas, daí eles tinham que coletar os dados eles mesmos, eles fazerem as contas utilizando os dados que eles obteriam, ver o porquê que está dando diferente um do outro, daí um mede errado, tem que começar de novo, então isso leva muito tempo. (P5)*

Essa dificuldade de articular atividades mais dinâmicas com o tempo disponível para cumprir o currículo se torna ainda mais difícil com as atividades burocráticas da escola. O professor que participou da sequência didática com abordagem investigativa de Cardoso (2016) relata que tem uma sensação de “perda de conteúdo” ao adotar metodologias diferenciadas. Para a autora, esse sentimento é compreensível dentro do contexto de ensino em que o estado coloca os professores, no qual disponibilizam apenas duas aulas de Física por semana de cinquenta minutos com uma carga excessiva de conteúdos. Como relata P5, muitas vezes o professor tem que optar por atividades mais simples, que levam menos tempo para cumprir o currículo. No entanto, essas atividades mantêm o aluno em uma postura passiva, que não levam a questionamentos mais profundos e pouco contribuem para o seu aprendizado.

As dificuldades relativas à estrutura do sistema escolar que P1, P2, P3, P4, P5, L1, e L6 encontram para preparar atividades que possam ser mais significativas com o uso dos LR também faz com que optem ou não pelos LR, pois consideram que diante de algumas realidades o seu uso se torna inviável.

*[...] com o terceiro ano seria extremamente complicado com a turma que eu estou hoje. Eu estou com uma única turma de terceiro ano que foi as duas de segundo do ano passado que juntou em uma de terceiro, então tem mais de 40 alunos na turma, e é extremamente difícil trabalhar coisas nesse sentido, apesar de ter dado aula para eles por três semanas praticamente, trabalhar nessa questão no colégio que eu estou hoje utilizando o laboratório remoto ia ser muito complicado. (P3)*

*[...] para fazer em casa acho que eu não conseguiria de imediato, e fazer na sala de aula também não conseguiria por não ter internet, e tem muitos alunos, então é um grande problema, assim, em questão de articulação mesmo com todos os problemas e percalços que a gente tem né? (...) Talvez eu possa pensar em utilizar os*

*laboratórios remotos de novo quando eu tiver a possibilidade de ter ali um laboratório com internet, uma sala com menos alunos, porque eu fiquei praticamente com todas as salas do primeiro ano e elas são muito lotadas, então eu não consigo pensar de imediato assim como eu faria para fazer esse revezamento com os alunos sendo uma professora só dentro da sala de aula, como seria esse revezamento, onde alguns deles teriam acesso e alguns não. (P4)*

*[...] então, acho que hoje em dia se eu fosse planejar, a primeira coisa que eu faria com certeza seria saber da turma num contexto geral, e com certeza eu ia fazer isso em um tempo um pouco maior, isso já entra em outra dificuldade, onde às vezes o professor não tem esse tempo maior para poder usufruir tudo que o experimento tem para dar para os alunos. (L6)*

A dificuldade que P4 encontra para utilizar um experimento do laboratório remoto diante de sua realidade, especialmente quando sente a necessidade de, em um primeiro contato com o recurso, mediar o processo mais de perto, é compreensível diante dos conhecimentos que desenvolve ao longo de suas práticas para reconhecer quando um recurso tecnológico pode ou não se adequar a uma situação de ensino. P3 cita que com uma de suas turmas, que possui um número elevado de alunos, seria difícil pensar no uso do laboratório remoto. Já L6, baseado na experiência que teve da aplicação de um projeto em que utilizou um experimento do laboratório remoto, cita a necessidade de conhecer melhor os alunos e planejar as atividades com base nas suas necessidades educativas.

Dentro do modelo proposto por Mishra e Koehler (2006), a partir do Conhecimento Pedagógico da Tecnologia, quando o professor conhece o laboratório remoto, as suas possibilidades e limitações, ele consegue adaptá-lo para ser usado dentro de um contexto educacional específico. No caso, os professores e licenciandos reconhecem as características do laboratório e as relacionam com as dificuldades para articulá-lo de forma significativa nas suas realidades, considerando que muitas vezes o seu uso não é viável. Considerando aspectos de tempo e eficácia, Costa et al. (2012) discutem o potencial pedagógico das tecnologias, e apontam que é preciso questionar para quê e quando utilizar determinada ferramenta para se efetivarem os objetivos de aprendizagem previstos no currículo. Ainda, os autores colocam a necessidade de repensar esses objetivos, dado o leque de opções que os recursos tecnológicos oferecem.

No caso dos LR, apesar dos professores e licenciandos apontarem o número de aulas disponível para o estudo da Física e as dificuldades de se pensar o uso do laboratório como implicações para o seu uso, a literatura tem apresentado o recurso como possibilidade para ampliar o tempo de estudo dos discentes já que estão disponíveis vinte e quatro horas por dia, nos sete dias da semana. Para Kenski (2012), as tecnologias funcionam como importantes auxiliares da educação, mas mesmo nas escolas que já utilizam recursos tecnológicos, pouca

coisa se alterou no processo de ensino, sendo que, para que haja mudanças significativas, é preciso alterar a lógica que orienta o ensino e a ação docente. Valente (2013) considera que, para integrar as TIC às atividades curriculares e aproveitar o potencial que podem oferecer ao processo de ensino e aprendizagem, é preciso que um grande esforço seja realizado por parte dos educadores, das políticas educacionais e da sociedade como um todo, pois requer mudanças que levem em conta concepções, valores, crenças, processos e procedimentos que vão além do espaço e tempo disponibilizados em sala de aula.

Outro elemento que foi destacado como um fator que pode dificultar o uso dos LR é a **infraestrutura** de acesso às TIC que as escolas oferecem e a dependência dos LR por esse meio de comunicação. Todos os professores e licenciandos relatam que enfrentaram dificuldades de diferentes naturezas para o uso de tecnologias em sala de aula, e que elas limitam o planejamento com o uso de recursos que podem favorecer o processo de ensino e aprendizagem dos alunos.

*[...] para o contexto geral, as questões tecnológicas são um pouco mais complicadas, porque geralmente o estado não põe, por exemplo, internet ou a internet é muito ruim para você tentar. Às vezes você vai elaborar uma atividade que você precisa do celular, você tem vários aplicativos, tem coisas muito bacanas que você pode usar e às vezes devido a essas dificuldades você não consegue trabalhar. (P1)*

*[...] o uso de tecnologia mesmo, assim de computadores e tudo, era bem complicado na escola, eles até tinham computadores, eles funcionavam, mas a internet quando você ligava... os computadores, não funcionava, daí parava todos os computadores, nenhum funcionava, então não tinha como fazer experimentos usando a internet na escola, e os computadores também eram bem lentos, então não tinha... a gente perdia muito tempo de aula tentando levar os alunos e tentando fazer funcionar, do que dando aula efetivamente, aí acabou que a gente sempre desistia e não dava certo mesmo, aí os professores já falavam para nem usar. (L4)*

Essa declaração dos professores é condizente com o que se encontra na literatura brasileira, na qual a infraestrutura física das escolas em termos de equipamentos, conexão de internet e ambientes nos quais esses equipamentos são utilizados são barreiras recorrentes citadas pelas publicações (SCHUHMACHER, ALVES FILHO, SCHUHMACHER, 2017). Embora o acesso à rede seja praticamente universalizado nas escolas públicas e particulares das áreas urbanas, “[...] aspectos ligados à infraestrutura ainda são apontados como os principais desafios para a efetivação do uso das tecnologias nas escolas, especialmente nas instituições da rede pública de ensino.” (CETIC.BR, 2019, p. 122). Como verificou a pesquisa do Cetic (2019), a baixa qualidade do acesso à internet faz com que a conexão fique direcionada, em grande parte dos casos, para as áreas administrativas, dificultando o uso de TIC para atividades pedagógicas. Na pesquisa que Schuhmacher, Alves Filho e Schuhmacher

(2017) realizam para identificar as barreiras enfrentadas pelos docentes para inserir as TIC em sua prática, obstáculos estruturais demonstram a fragilidade e o descompasso das políticas públicas para enfrentar o dia a dia escolar. Para os autores, a situação só poderá ser resolvida com ações governamentais imediatas que se adequem às situações de ensino.

Essa dificuldade de acesso às TIC faz com que P2, P3, P4, P5, L1 e L6 citem a necessidade de pensar nessa infraestrutura de acesso antes de optar pelos LR já que a interação dos usuários é feita por meio de um sistema que depende de uma conexão com a rede de internet.

*[...] eu acho que a dependência de um sistema, digamos assim, o experimento eu faço aqui né, na minha frente, agora você depende de toda uma logística quando você está trabalhando com o laboratório remoto, você depende de uma internet boa, de um computador bom, então isso acaba sendo outras situações que você tem contato quando você trabalha com laboratório remoto. (P2)*

*[...] esse ano eu não utilizaria o laboratório remoto, um porque escola não tem recurso, né? Eles não têm internet nos computadores. Eu cheguei até a pensar em fazer alguma coisa sobre ondas e tal, porque tem um experimento assim, mas aí eu cheguei na escola e a primeira coisa que eu perguntei era se o computador tinha internet, porque embora não utilize os laboratórios remotos, eu uso o computador para outras práticas, e eles já informaram que não. (P4)*

Como destacam P1, P3 e P5, o professor não pode exigir que os alunos tenham acesso a recursos tecnológicos que sejam suficientes para realizar atividades remotas. A escola precisa oferecer o mínimo para que os alunos possam realizar as atividades propostas.

*[...] a princípio, como a gente não conhece a realidade dos alunos, né? A gente não sabe se realmente eles têm acesso ou não. Eu ia tentar, mesmo que a internet da escola era precária, acessar isso dentro do laboratório de informática da escola, utilizar esse laboratório para realizar a atividade de forma remota. O que eu tinha pensado, eu não ia fazer isso com todos os alunos, porque tinha só um plano inclinado, né? Mas dividir isso em partes, né? E aproveitar o pessoal do PIBID, que estava na época comigo para a gente fazer esse rodízio. (P1)*

*[...] eu creio que é uma estrutura básica para o professor trabalhar dentro da sala de aula, ou seja, tem que ter pelo menos um laboratório de informática, porque ele não pode obrigar que os alunos tenham um computador, cada um deles, então ele tem que ter pelo menos o laboratório de informática na escola com acesso à internet, obviamente. (P5)*

Como apresentado nos excertos, por serem mediados pelas tecnologias, os LR são dependentes de elementos que podem afetar o seu uso, como por exemplo o acesso à rede de internet, a qualidade dessa conexão e a necessidade de dispositivos para acesso. Antonio (2016) relata que, dos maiores obstáculos para o uso de ambientes que integrem a experimentação remota na rede pública de ensino, as dificuldades relativas à infraestrutura dos laboratórios de informática ainda predominam. Essa especificidade é característica do laboratório remoto e, assim como experimentos de baixo custo ou experimentos mais

sofisticados possuem as suas especificidades, essa dependência por um sistema de comunicação pode ser ao mesmo tempo uma possibilidade de ampliar o estudo dos fenômenos físicos na educação básica como veremos na seção 3.3.

Como há a necessidade de identificar se o recurso se adequa ao contexto escolar, com dinâmicas que possam atenuar as limitações do tempo disponibilizado para estudo da Física e com acesso simultâneo ao laboratório, a infraestrutura ainda é um tema importante e essencial de ser discutido ao se pensar na integração das TIC ao processo educacional, pois “[...] às vezes você tem o melhor experimento remoto, mas se a internet de onde você está acessando, da escola, de casa, enfim, não for boa, você não vai conseguir ter um resultado positivo.” (L2). No uso dos LR, a partir do entendimento de que o recurso é mediado por TIC e necessita ser adaptado às diferentes realidades para permitir novas possibilidades de acesso às AE, o professor desenvolve um conhecimento pedagógico dos LR.

Embora P5, P6, L4 e L6 tenham aplicado e planejado a sequência didática em conjunto, apenas P5 citou o uso dos LR por meio de dispositivos móveis, indicando que poucos ainda reconhecem essa possibilidade. O professor relata ter comentado com os alunos que o acesso ao experimento do trilho de ar poderia ser feito por computadores próprios, pelo celular, ou por computadores da escola.

*[...] eles podiam utilizar a sala de informática, mas como eles podiam fazer em casa, então alguns deles acessaram de casa com o computador deles mesmos. A gente mostrou que dava para acessar pelo celular também, então alguns fizeram pelo celular, mas quem não tinha esses acessos acabou utilizando o laboratório de informática da escola mesmo. (P5)*

O uso de dispositivos móveis tem se tornado uma possibilidade com potencial para fazer parte dos processos de ensino e aprendizagem já que são cada vez mais comuns no cotidiano dos alunos (NICOLETE, 2016). Como responsáveis por grande parte do estabelecimento da nova organização social e do fluxo de comunicação, as tecnologias móveis, em especial o telefone celular, considerado o dispositivo de uso mais evidente, proporciona interação, colaboração, aulas on-line, pesquisas, publicações e outras possibilidades que podem ser distribuídas nos ambientes educacionais em diversos formatos e mídias considerando o contexto educacional (SILVA, 2013).

No levantamento realizado por Matarrita e Concari (2015) sobre projetos que oferecem laboratórios remotos com experimentos para estudo da Física, são detectados três projetos que disponibilizam o acesso por meio de dispositivos móveis. São eles: o WebLab-Deusto, projeto da Universidade de Deusto na Espanha, vigente desde 2005; o Laboratório Remoto do Grupo Galileo, da Universidade Nacional do Litoral, na Argentina, que está

vigente desde 2005; e o Projeto e-Laboratory, da faculdade de Física e Matemática da Universidade da Carolina de Praga, na República Tcheca, que disponibiliza experimentos controlados remotamente desde 2002. O acesso aos LR por meio de dispositivos móveis se mostra relevante diante dessas diferentes realidades, mas para aproveitar esse recurso cada vez mais difundido na geração que hoje frequenta a escola (SIMÃO, et al., 2013), é preciso investimento por parte dos desenvolvedores de LR e na distribuição de rede para que a experiência com o dispositivo móvel seja cada vez mais favorável ao aprendizado. Considerando as deficiências estruturais da escola quanto aos recursos tecnológicos, o uso dos LR por meio desses dispositivos pode complementar aulas teóricas, contribuir para a maior utilização do recurso, além de propiciar uma integração efetiva das TIC (SIMÃO, et al., 2013).

A **formação** também foi citada pelos professores e licenciandos como essencial para um bom uso dos laboratórios remotos, podendo se tornar um obstáculo. Todos os sujeitos da pesquisa relataram que tiveram, e estão recebendo (licenciandos), formação para o uso das TIC, e que esta oferece uma gama de possibilidades para suas práticas em sala de aula. No entanto, P1, P3, P4, L1, L3 e L6 consideram que essa formação ainda é superficial para um uso efetivo desses recursos.

*[...] eu acredito que a gente teve sim um leque grande para reconhecer ali que existiam recursos que podiam auxiliar a gente durante a aula, é claro que não foi aprofundado porque durante o curso a gente vê muita coisa, e a gente tem que fazer muitas coisas e tal, mas abriu um leque grande, assim, para a gente conseguir pensar em novas formas e como levar isso, um facilitador desses, para sala de aula. (P4)*

*[...] a gente tem uma disciplina na graduação que são tecnologias na educação, então a gente aprende um pouco sobre os repositórios, as diferentes tecnologias que a gente pode utilizar, mas não é uma formação aprofundada, é mais para conhecer o conceito e algumas ferramentas, mas ela não é tão, vamos dizer assim... ela não nos prepara tão bem para o uso em sala de aula. (L1)*

No que se refere às TIC, percebe-se que documentos legais como diretrizes e leis que orientam o currículo carece de um padrão para as habilidades e competências a serem adquiridas pelos licenciandos na formação inicial, proporcionando a inserção do tema em disciplinas isoladas, na qual o viés do uso das TIC no ensino se dissipa em longas ementas (SCHUHMACHER, ALVES FILHO, SCHUHMACHER, 2017). Diferente do lápis, giz e quadro, a forma como as tecnologias digitais se modificam e se tornam obsoletas faz com que os professores tenham que aprender mais do que novas técnicas e habilidades para lidar com as tecnologias (MISHRA, KOEHLER, 2006).

Para Schuhmacher, Alves Filho e Schuhmacher (2017), uma das barreiras que precisam ser superadas pelos professores na utilização das TIC na educação é a construção de um conhecimento que seja apropriado à sua inserção. No entanto, Mishra e Koehler (2006) apresentam que uma formação tecnocrática, baseada no uso de softwares e hardwares, sem articular os conhecimentos pedagógicos e de conteúdo da tecnologia, não contribui para que os professores aprendam a ensinar com ela, pois ensinar com as TIC é uma tarefa complexa, que exige que os professores desenvolvam novas maneiras de compreender e acomodar essa complexidade (KOEHLER, MISHRA, 2009).

Harris, Mishra e Koehler (2009) apresentam que abordagens que centram o uso das TIC nas suas possibilidades e limitações ignoram o conhecimento disciplinar e as diferentes estratégias pedagógicas com as quais o recurso pode ser utilizado no ensino do conteúdo. Embora o conhecimento tecnológico seja essencial para um ensino que integre as TIC, ele não é suficiente para promover uma mudança na prática, pois é preciso que a intencionalidade, os objetivos e os conteúdos específicos sejam contemplados no planejamento (CIBOTTO, OLIVEIRA, 2017). Segundo o modelo TPACK, são esses conhecimentos-base entrelaçados que permitirão ao professor integrar um recurso tecnológico de forma significativa ao processo de ensino e aprendizagem (CIBOTTO, OLIVEIRA, 2017). Para Cibotto e Oliveira (2017), mais do que desenvolver recursos, é preciso que bases teóricas sustentem as competências necessárias no uso desses diferentes recursos.

A formação de professores foi destacada por P1, P3, P4, P5, L1, L3 e L5 como um dos elementos mais importantes para desenvolver propostas utilizando os LR ou quaisquer outros recursos que utilizem as TIC.

*[...] pensar em estratégias para formar esses professores para trabalharem com laboratório remoto, porque ele tem que saber produzir as atividades, tem que saber produzir o plano dele de trabalho, para que ele possa enviar isso, construir essa atividade de forma mais objetiva, de forma mais clara, e mais útil para o aluno, para que ele tenha acesso a um sistema, a um recurso que ajude ele a acessar isso de forma um pouco mais organizada, objetiva.(P1)*

*[...] acho que temos muitas limitações, questão de equipamentos nas escolas, computadores, internet e às vezes até professor capacitado para trabalhar com isso, mas eu acho que de início, capacitar professores talvez seja uma forma para aumentar a utilização desse recurso. Acho que a capacitação de professores vem aí, eu acho que em primeiro plano, porque atualmente nem todos têm formação para isso. (P3)*

*[...] eu ainda acho que alguns professores, os que têm assim, dificuldades com coisas básicas da internet, do computador, né? Eles ainda vão ter dificuldades, porque eu via que muitos professores tinham muitas dificuldades de coisas que eram essenciais, assim, a gente saber, né? Tem que saber pelo menos o básico para mexer (...) eu acho que talvez isso seria uma coisa que limitasse, dos professores usarem, porque muitos professores têm muitas dificuldades, né? De usar qualquer recurso tecnológico. (L3)*

Como discutimos anteriormente, a formação é fundamental para o desenvolvimento de práticas que integrem com sucesso as TIC ao processo de ensino e aprendizagem. No entanto, como qualquer recurso tecnológico atual que está em constante mutação, uma formação específica para o uso dos LR é uma formação tecnocrática, que corre o risco de cair em desuso e não criar uma compreensão teórica sólida sobre como o recurso pode favorecer o processo de ensino e aprendizagem. Como destacado por P1, é preciso pensar em estratégias que formem os professores para pensar nos LR como ferramentas que possam ampliar o repertório investigativo dos alunos, considerando contextos e objetivos específicos.

Para Cardoso (2016), o fator limitante, considerado como mais importante para o desenvolvimento de propostas investigativas com o uso dos LR, é a formação de professores. A autora percebeu que o envolvimento do professor nas etapas precedentes ao planejamento é fundamental para o sucesso ou não da atividade. Assim, para além de propostas que ensinem os professores a utilizar o recurso e a entender quais as suas limitações e possibilidades, a formação de professores, seja inicial ou continuada, deve se apoiar em referenciais que considerem essa complexidade citada por Koehler e Mishra (2009). O modelo proposto pelos autores sugere que “[...] o conteúdo, a pedagogia, a tecnologia e os contextos de ensino / aprendizagem têm papéis a desempenhar individualmente e em conjunto” (p. 67), no qual consideram que ensinar requer criar, manter e reestabelecer um equilíbrio dinâmico entre todos esses componentes.

Desse modo, embora sejam grandes os desafios e as dificuldades para a inserção dos laboratórios remotos, o recurso está disponível e pode propor uma gama de possibilidades para o ensino de Física. Também percebemos a partir dos dados que, para além das políticas educacionais, os obstáculos e as suas potencialidades residem nas propostas de uso.

A formação desses professores tem forte impacto nos modos como inserem os diferentes recursos no processo educacional e no modo como podem entender o papel dos laboratórios remotos no ensino de Física, mas não é o único meio. Como destacam Chai, Koh e Tsai (2013), as crenças pedagógicas e as habilidades dos professores com as TIC são fatores que influenciam no desenvolvimento de um conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo para integrar as TIC em seu trabalho.

Das nossas compreensões, foi possível perceber que o professor tem um impacto expressivo nas formas de se utilizar o laboratório remoto para favorecer o processo de ensino e aprendizagem. Desse modo, na próxima seção será apresentada a categoria que emergiu da análise quanto à *função docente no uso dos laboratórios remotos*.

### 3.2. Quando, por que e como utilizar os laboratórios remotos: compreensões quanto à função docente

Como apresentado na seção anterior, o potencial dos LR pode estar nas propostas de uso e na forma como os professores o compreendem no processo de ensino e aprendizagem. Nesta seção será apresentada a subcategoria que emergiu da análise quanto à *função docente no uso dos laboratórios remotos*. No quadro 7 se encontra uma breve descrição dessa subcategoria.

**Quadro 7:** Função docente no uso dos laboratórios remotos

SUBCATEGORIA	DESCRIÇÃO
Desenvolver conhecimentos especializados para o uso dos LR (TPACK)	Para aproveitar o potencial dos laboratórios remotos é preciso que os professores saibam como acessar o experimento (TK), os conteúdos físicos (CK) abordados, para entender como podem ser alterados pelo recurso (TCK), como pode se adaptar ou não aos diferentes contextos (TPK), e pensem em como utilizar o LR para favorecer o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes (TPACK)

Fonte: a autora

Das unidades de significado que emergiram dessa categoria, foi possível perceber que, *para um bom uso dos laboratórios remotos no ensino de Física, é preciso que os professores conheçam as particularidades do recurso para, a partir de seus conhecimentos de base (conhecimento tecnológico, conhecimento do conteúdo e conhecimento pedagógico), e das suas articulações, possam adaptá-lo às necessidades educativas dos estudantes.*

Com relação ao conteúdo abordado pelo experimento, P1, P3, P4, P6, L1, L4 e L6 apresentam que é preciso que os professores dominem o fenômeno em estudo e todas as possibilidades que ele pode ou não oferecer, para pensar em como preparar atividades que sejam significativas para os estudantes.

*[...] eu acho que a primeira coisa que o professor deve saber é conhecer o experimento que está sendo trabalhado, conhecer o experimento real e de preferência conhecer o experimento remoto também, ter o olhar dele do ponto de vista real e ter o olhar do ponto de vista remoto, para saber as limitações que o remoto vai ter, né? E saber, talvez, algumas contribuições que o experimento remoto pode trazer, que o real não traz. (P1)*

*[...] acho que primeiramente o professor tem que saber do que se trata o experimento, eu acho que de cabo a rabo inclusive. É extremamente importante isso, porque se não... algum aluno mexe em algum negócio e pergunta o que que aconteceu aqui e... não sei, eu acho que o professor tem que manjar muito do experimento, saber toda a ficha técnica. (L6)*

*[...] se você não souber o que fazer, se você não souber o que vai acontecer se você muda os parâmetros do experimento, acaba que você não consegue alcançar um objetivo específico, você entra e acaba sendo um passatempo, apenas um demonstrativo. Se você não souber realmente utilizar, não souber os conceitos, não souber as ferramentas, o experimento acaba que... é algo diferente na sala de aula, mas ele não é usado como uma ferramenta para ajudar no desenvolvimento, na questão do processo mesmo ensino e aprendizagem. (L1)*

Os professores e licenciandos destacam a necessidade de saber acessar o recurso e de conhecer o conteúdo trabalhado no experimento para entender as possibilidades de investigação. O conhecimento específico da Física que está disponível no experimento remoto permite aos professores compreender as suas possibilidades e limitações (TCK), fazendo com que possam avistar novas formas para integrar o recurso em sua prática. Para Conejo-Villalobos, Matarrita e Concari (2019), mais do que conhecimento instrumental, para transformar significativamente sua prática de ensino, o professor precisa se apropriar didaticamente dos LR para reconhecer o seu potencial na promoção da aprendizagem e desenvolver estratégias que favoreçam o processo.

Como destaca P1, a compreensão de como o fenômeno estudado está disposto no experimento do laboratório pode permitir ao professor ampliar os seus objetivos. Para L6, a falta de conhecimento do que é o laboratório e da sua finalidade impede um uso significativo no ensino de Física. Koehler e Mishra (2009) apresentam que as TIC podem ampliar ou limitar as ideias de um conteúdo que será ensinado, sendo preciso que os professores desenvolvam essa compreensão para identificar quando elas se adequam a cada conteúdo (HARRIS, MISHRA, KOEHLER, 2009).

P1, P2, P3, P4, P5, P6, L2, L4, L5 e L6 relatam que, para além dos objetivos, a escolha pelos LR depende dos contextos em que estão inseridos e das necessidades educativas de cada turma/estudante. Esse olhar crítico pela escolha do recurso demonstra mais uma vez que o uso dos LR está associado ao conhecimento das suas limitações e potencialidades e de como ele pode se adaptar a determinados contextos educacionais. Como já citamos anteriormente, esse conhecimento de como os LR podem se adequar a determinados contextos pode ser entendido como o desenvolvimento do conhecimento pedagógico da tecnologia (TPK), proposto por Mishra e Koehler (2006).

*[...] eu tive uma situação em sala de aula, que eu percebi que seria mais viável eu colocar no telão o experimento (remoto) e mostrar para os alunos o que de fato estava acontecendo, e ir narrando os eventos. Só que, ao meu ver, isso não era*

*benéfico para os alunos, isso perdia um pouco da... digamos, capacidade do laboratório, então eu não preferi fazer dessa forma. (P2)*

*[...] eu usaria sim, mas eu teria que ver como eu encaixaria isso na minha aula e se realmente é bom, porque às vezes tem um experimento de lab remoto, mas a minha aula não precisaria disso, então não ajudaria em nada, só atrapalharia. (L2)*

*[...] é fundamental o professor pensar bem e bolar uma atividade certa, onde ele estude o quê que é melhor para cada turma, né? Se aquela turma tem condição de acessar em casa ou não, entendeu? E caso não, ele tem que ou combinar com os alunos de irem em horários extras, mas acho que vai depender de como o professor teria que propor essa aula, né? (L5)*

Nos excertos acima é possível perceber que, para definir quando e como utilizar os LR, é preciso que os professores conheçam o recurso e as necessidades educativas dos alunos para saber se os LR podem se adaptar a determinado contexto educacional. Como diferentes modalidades experimentais privilegiam determinados objetivos educacionais, é preciso que o professor selecione a metodologia experimental mais adequada à aprendizagem pretendida (SARAIVA-NEVES, CABALLERO, MOREIRA, 2006). Assim, ao desenvolver um conhecimento pedagógico da tecnologia, os professores compreendem o seu uso dentro de diferentes contextos e propósitos (KOEHLER, MISHRA, 2009).

Do mesmo modo que identificamos nos excertos dos professores e licenciandos a necessidade de desenvolverem o conhecimento tecnológico do conteúdo (TCK) e o conhecimento pedagógico do conteúdo (TPK) para o uso dos laboratórios remotos, a articulação entre esses conhecimentos e os demais construtos do modelo TPACK pode ser identificada quando relatam a necessidade de planejar o uso do recurso com objetivos bem definidos e mediante às necessidades educativas dos estudantes.

Para os professores e licenciandos, é preciso planejar o uso dos LR pensando na dinâmica que o recurso oferece, pois apesar das suas possibilidades, ele apresenta limitações. Com base na experiência que tiveram com os LR, P1, P2, P3, P5 e P6 consideram que a falta de contato com o experimento é um elemento importante que se perde com o acesso remoto.

*[...] você vê a dificuldade, por exemplo, de você montar um experimento, de você às vezes sentir essa dificuldade, por exemplo. Igual ao anel de Thomson... o pessoal não segurou o anel de Thomson para ver que ele esquentava, né? Então essa é uma parte do experimento que talvez... dependendo daquilo que você encaminhasse, seria importante. (P1)*

*[...] um experimento remoto não substitui em nível de didática um experimento presencial nunca, porque ele não tem as questões físicas, né? Você não tem como manipular ali presencialmente, não tem como você fazer questões que estejam fora ali daquela montagem experimental, não tem como você ousar em fazer outras coisas, então você é muito limitado pelo jeito com que o experimento em si é automatizado. (P6)*

Embora essa falta de contato citada pelos sujeitos seja característica dos experimentos dos laboratórios remotos, ela também ocorre quando o professor utiliza experimentos *hands-on*<sup>23</sup> e opta por abordagens menos interativas. Sejam mediadas ou não pelas tecnologias digitais, atividades experimentais demonstrativas se caracterizam por serem atividades centradas no professor, que realiza uma simples ilustração de determinado fenômeno físico (ARAÚJO, ABIB, 2003).

Quando propõe os laboratórios remotos como alternativa aos laboratórios *hands-on*, a literatura reconhece a importância e as habilidades que o contato com os equipamentos pode proporcionar ao aprendizado. No entanto, Sim (2016) e Ribeiro (2018) destacam que é preciso investigar o potencial dessa nova modalidade de acesso às AE, visto que podem trazer outras contribuições ao processo.

Outro elemento que os professores e licenciandos destacaram foi que, por passarem por um processo de automatização, dependendo do modo como os LR são projetados, a falta de contato também pode limitar o teste de hipóteses e o entendimento integral dos fenômenos. Para P2, P3, P6, L3 e L5, a configuração fixa do laboratório remoto pode influenciar no modo como os alunos interpretam o fenômeno.

*[...] acho que limitações também de, por exemplo, ter um setup fixo que você pode mexer, essa questão do espectrógrafo, você vai ter as lâmpadas que vão estar lá, você não pode colocar uma outra, por exemplo, se o aluno quisesse brincar... vamos ver como o led se comporta, como é o espectro do led por exemplo, ele poderia pegar o do celular, se ele tivesse no laboratório físico e fazer ali de imediato, agora no laboratório remoto não, ele vai ter que utilizar o que está ali. (P3)*

*[...] como você não consegue manipular o fenômeno em si, você acaba preso na limitação que o experimento é apresentado para os alunos ou para o professor, né? Então o experimento faz aquilo, aquele tipo de coisa, aquele tipo de movimento, então é desse tipo de movimento que você vai ter que extrair a relação que você está buscando, mas você é preso dentro daquela realidade que o experimento apresenta, né? (P6)*

*[...] nem todos os alunos são curiosos e questionadores, então o laboratório remoto, devido à limitação dele na mudança de alguns parâmetros, talvez alguns conceitos importantes dentro daquele experimento podem ser omitidos na hora de apresentar e explicar o laboratório remoto por ele não ter a possibilidade de alterar todos os parâmetros, como no laboratório comum, então acho que a maior dificuldade seria essa, da limitação dos parâmetros que nós conseguimos alterar de forma que os alunos não consigam vislumbrar toda física e todas as possibilidades que existem dentro daquele experimento. (L3)*

Essa limitação na configuração do laboratório também é vista por P1 como um elemento que pode ser positivo dependendo do objetivo proposto pelo professor.

*[...] eu acho que tem um ponto que também é importante, que é, geralmente quando a gente vai trabalhar em um determinado fenômeno físico, a gente tem que primeiro*

---

<sup>23</sup> Laboratórios *hands-on* são laboratórios com situações físicas reais, nas quais os estudantes manipulam de forma direta os artefatos (CARDOSO, 2016).

*pegar e captar as informações que são mais importantes e direcionadas, né? Eu acho que o experimento remoto, ele já traz esse filtro para você, por exemplo, quando a gente fez o experimento do terceiro ano, que foi nesse projeto desse mestrando, a gente fez o anel de Thomson, né? É uma das coisas que o aluno não teria contato, por exemplo, é com o calor gerado pelo anel, e isso é importante na discussão, mas era um ponto que, às vezes, o experimento não trazer para você pode ser um filtro para chegar em determinadas conclusões. (P1)*

A perspectiva apresentada por P1 pode ser comparada ao uso de tecnologias para auxiliar na coleta de dados e permitir que os alunos se dediquem à compreensão do fenômeno (ARAÚJO; VEIT, 2004). No caso dos LR, a sua escolha pode estar vinculada a um objetivo específico, como foi apresentado por P1. Considerando que a carga horária para o estudo da Física está cada vez mais reduzida, essa possibilidade dos LR pode direcionar melhor os alunos e favorecer o planejamento do professor. Para Almeida Jr. (2016), não basta disponibilizar laboratórios sem pensar na sua aplicação, pois o seu uso depende, muitas vezes, do valor que traz para a aprendizagem.

No entanto, o fato dos laboratórios remotos apresentarem parâmetros fixos, ou até mesmo nenhum parâmetro para ser modificado, realmente pode limitar as possibilidades dos alunos; contudo, se forem bem planejados e elaborados, os fenômenos podem ser abordados em sua magnitude. Ribeiro (2018) verifica que os LR precisam ser planejados de forma mais precisa por serem mediados pelo computador, pois a falta da possibilidade de manipular o experimento de formas diferentes da inicialmente contemplada pode limitar o teste das hipóteses formuladas pelos alunos (RIBEIRO, 2018). Para Sim (2016), os LR não podem ser concebidos como experimentos comuns, que são automatizados por especialistas em robótica. Eles precisam ser elaborados a partir de uma concepção didática, com meios de interação mais amplos e ricos em estímulos que possam levantar aspectos que não somente presencialmente possam ser considerados, sendo fundamental a existência de um especialista em ensino, que explore as possibilidades de interação e ofereça materiais que proporcionem um uso menos reducionista e mecanizado (ibid. p. 47).

Araújo e Veit (2004) destacam que, para agregar valor ao processo educacional, o desenvolvimento de recursos tecnológicos deve estar vinculado à pesquisa em ensino de Física, ou pelo menos levar em consideração os conhecimentos produzidos pela comunidade científica da área. Chai, Koh e Tsai (2013) apresentam que o modelo TPACK deve ser mais explorado nas propostas de desenvolvimento e avaliação de ambientes de aprendizagem, pois pode auxiliar na integração do recurso e reduzir o esforço dos professores para integrá-los ao processo educacional.

Ainda com relação às limitações citadas pelos professores e licenciandos, a configuração do experimento, que muitas vezes permite apenas um acesso por vez, é outro elemento que exige um planejamento maior por parte do professor. Segundo P2, P3, L3, L4 e L6, diante da realidade escolar que encontram muitas vezes, com um número elevado de alunos em sala de aula e com um tempo limitado para trabalhar os fenômenos físicos, o acesso único do experimento dificulta o seu uso.

*[...] utilizar ele na sala de aula... é muito complicado pensar na utilização dele, eu acho que a utilização dele da forma que a gente fez foi uma das melhores alternativas, porque essa questão do acesso acaba limitando muito o que a gente consegue trabalhar, e os alunos geralmente gostam de trabalhar em equipes, mas a gente, pra dividir eles em equipes e trabalhar em cada equipe um aspecto do laboratório remoto, seria muito complicado, porque a gente tem só um acesso por vez, aí enquanto aqueles alunos que estão fazendo, acessando o laboratório remoto, o que que os outros vão ficar fazendo? (L3)*

*[...] o plano inclinado que a gente tinha lá não tinha acesso múltiplo, até porque era um experimento só e às vezes o experimento demorava muito para recarregar tudo de novo para a galera poder usar, então por mais que sejam 50 alunos e você dividiu em 5 grupos de 10, ainda são 5 acessos que vão ser necessários para isso. (L6)*

O grupo de L3 optou por utilizar um experimento controlado remotamente para estudo de ondas estacionárias de forma demonstrativa em sala de aula. Já o grupo de L6, em acordo com os alunos, disponibilizou o acesso do plano inclinado no contraturno. Embora os professores e licenciandos destaquem o acesso único como uma limitação, os grupos planejaram o seu uso e o adaptaram ao contexto em que foi possível aplicar o projeto. Desses relatos, é possível perceber que a configuração dos LR pode influenciar os docentes a optar ou não pelo recurso, mas é possível que sejam usados com mais frequência e adaptados a diferentes realidades desde que sejam planejados com objetivos bem definidos.

Embora o contexto brasileiro ainda não tenha um laboratório com um número significativo de experimentos do mesmo tema, para Almeida Jr. (2016), os LR têm grande potencial para colaboração e compartilhamento de recursos em escala nacional e internacional. No levantamento realizado por Matarrita e Concari (2015), é identificado que muitos projetos são desenvolvidos com equipes interdisciplinares em parcerias com outras universidades para produzir laboratórios cada vez mais eficientes para a aprendizagem. Caetano (2019) destaca a possibilidade de equipamentos, dispostos em diferentes lugares do mundo, serem gerenciados pelo mesmo laboratório, permitindo o compartilhamento de experimentos e evitando esse congestionamento. Ainda, propostas como a de Sievers (2011), que sugere o gerenciamento da fila no uso dos LR, oferecendo atividades personalizadas aos

alunos, é uma alternativa a essa dificuldade de acesso único aos LR, que pode ser pensada com mais cuidado pelas plataformas.

Como apresentado na seção 3.1., o número de acessos e a estrutura escolar dificultam o uso dos LR em sala de aula. No entanto, quando P5, P6, L4 e L6 planejaram o uso do laboratório remoto em um horário extraclasse, tiveram problemas com os acessos porque os alunos deixaram para realizar o experimento no dia anterior à discussão em sala. Para o grupo, ficou evidente a necessidade de organizar os acessos do laboratório remoto para evitar conflitos e aproveitar melhor as possibilidades do recurso.

*[...] isso mostrava que é necessário que, para utilizar o laboratório remoto, você organize a forma como os alunos vão acessar. Então, por exemplo, você tem que falar para eles, você acessa nesse horário, você nesse horário, você acessa nesse horário, porque se todo mundo for acessar junto... Como o experimento remoto, ele é um experimento físico, só que acessado remotamente, não tem como mais de uma pessoa acessar ele simultaneamente, então tem que ter essa organização e falar com os alunos mesmo, falar como funciona o experimento para que eles não tentem todo mundo utilizar ele ao mesmo tempo, que é a grande diferença de uma simulação. (P5)*

P1, P2, P5, P6, L1, L2, L3, L4, L5 e L6 destacam que, para aproveitar o potencial dos experimentos do laboratório remoto e favorecer o entendimento dos fenômenos físicos, é preciso planejar as atividades e inseri-las dentro de um contexto de aprendizagem que favoreça a construção de conhecimento por parte dos estudantes.

*[...] eu acho que ter um bom plano daquilo que ele vai fazer um experimento. A escola precisa disponibilizar uma boa internet para disponibilizar esse acesso, saber como separar muito bem o tempo, tentar coletar esses problemas que vão aparecer e ter muito claro na mente dele o que que ele quer fazer, porque se você fizer o experimento simplesmente por fazer não tem sentido, né? (P1)*

*[...] você não deixar o experimento solto, né? Tem que estar dentro de um contexto, tem que estar dentro de uma aula bem estruturada, né? Para que os alunos tenham um objetivo com aquilo, tenham um objetivo ao ter contato com esse tipo de experimento, fazer um planejamento bacana. (P2)*

*[...] acho que depende de como a gente coloca o laboratório remoto, mas eu colocaria ele hoje em dia como uma atividade extraescolar, uma atividade fora do horário da sala de aula, porque daí eu utilizaria o máximo potencial dele em questão da carga horária e sobraria mais tempo para eu, em sala de aula, abordar questões menos óbvias, que talvez só o experimento não conseguiria fazer. (P6)*

*[...] o mais importante é ter um planejamento, um planejamento bem feito e bem estruturado, que combine o uso do experimento remoto e o uso dos conceitos que o professor pode passar para os alunos, isso vai auxiliar com que o aluno consiga compreender, consiga vislumbrar a aplicação dos conceitos. (L3)*

Para P2, P5, P6, L1, L2, L5 e L6 a abordagem com que o experimento é utilizado também é determinante no processo de construção do conhecimento, cabendo ao professor

conhecer as suas possibilidades e limitações para determinar como utilizar os laboratórios remotos.

*[...] então eu acredito que para ter essa possibilidade, digamos assim... maior, da construção do conhecimento para o aluno, eu acho que vai muito da proposta de como você está abordando o experimento, né? Como eu falei para você, eu tive uma situação em sala de aula que eu percebi que seria mais viável eu colocar no telão o experimento e mostrar para os alunos o que de fato estava acontecendo e ir narrando os eventos, só que a meu ver isso não era benéfico para os alunos, isso... eu perdia um pouco da digamos... capacidade do laboratório (remoto). (P2)*

*[...] uma forma que poderia ser boa também... ele ser utilizado dentro do contexto investigativo, eu acho que poderia ser boa, ser mais proveitoso o experimento, porque esses experimentos que dão essa perspectiva, né? Então o aluno consegue realmente investigar ali o fenômeno físico em questão. Outra coisa para ele ser melhor usado, como eu tinha falado, ele ser usado fora do contexto de sala de aula; acho que tendo conhecimento dessas pequenas particularidades, eu acho que dá para usar ele em um potencial bom assim. (P6)*

*[...] eu acho que a forma como você aborda o experimento, eu acho que se você usar só de uma demonstrativa, eu acho que você... apesar do experimento que eu usei ser basicamente demonstrativo, acho que seria interessante você usar mais uma abordagem investigativa, onde o aluno pega o experimento e não fique só brincando com as coisas, igual é um simulador, que você fica, mexe para um lado, mexe para o outro e vê o que acontece. (L5)*

Como destacado no trabalho de Almeida Jr. (2016), o que pode tornar a experiência significativa para o usuário é a metodologia adotada e não necessariamente se o experimento é realizado de forma presencial ou remota. Para o autor, quando as AE controladas remotamente se encontram dentro de um contexto tecnológico e histórico, no qual apresentam sua importância e seu significado, as atividades passam a ter um maior significado para o usuário.

O potencial do modelo TPACK, que enfatiza a integração simultânea entre conhecimento tecnológico, pedagógico e do conteúdo, está na capacidade dos professores de inter-relacionar esses conhecimentos de forma única para propor situações que favoreçam o processo educativo (KOEHLER, MISHRA, 2009). Pensar na inserção dos LR ao processo de ensino e aprendizagem da Física apoiado por esse modelo pode favorecer às práticas dos professores a partir de uma concepção teórica, que sustenta as adaptações necessárias para atingir os objetivos didáticos e uma aprendizagem que seja mais significativa para os alunos.

Outro elemento que se destacou como fundamental para um uso efetivo dos LR no ensino de Física é a mediação docente. Por mais que os LR tenham uma dinâmica maior de possibilidades de uso por estar disponível nos sete dias da semana, e por vinte e quatro horas por dia, para além de organizar os acessos, os professores e licenciandos concordam que é preciso planejar as atividades de modo que sejam orientadas de acordo com as necessidades dos alunos.

*[...] você não deixar o experimento solto, né? Tem que estar dentro de um contexto, tem que estar dentro de uma aula bem estruturada, né? Para que os alunos tenham um objetivo com aquilo, tenham um objetivo ao ter contato com esse tipo de experimento. Fazer um planejamento bacana, como falei para você, como dá para usar apenas um por vez, então você tem que planejar o que os alunos vão estar fazendo enquanto determinados alunos utilizam o laboratório remoto. (P2)*

*[...] acredito que o papel dele (professor) é mediar mesmo todo o processo, sabe? Por exemplo, às vezes a gente planeja determinado objetivo para aquela determinada prática, né? Por exemplo, utilizando os laboratórios remotos, só que o comportamento dos alunos, as questões deles vão muito além, então o papel do professor seria mediar tudo isso, né? Tentar mostrar para eles quando realmente tiver algum problema. (P4)*

*[...] o papel do professor é se organizar e elaborar atividades e roteiros que auxiliem o aluno a utilizar esse experimento remoto, caso ele tenha acesso em casa ou até mesmo na escola em um horário extracurricular, e que o aluno consiga, seguindo aquele roteiro... pode ter um roteiro para realização de algum experimento específico ou um roteiro de perguntas que podem ser respondidas com auxílio do experimento remoto. O professor tem que buscar elaborar essas atividades de modo que o aluno consiga, utilizando o experimento remoto, responder essas questões (...); o professor é importante para conduzir o aluno, e dentro desse ambiente, orientar mesmo, o papel principal do professor é orientar o aluno na construção do conhecimento dele com o auxílio do laboratório remoto. (L3)*

Como relata P4, quando os alunos não estão habituados a utilizar recursos tecnológicos, ou até mesmo ao apresentar os laboratórios remotos, pode ser que precisem de uma orientação maior para que o seu emprego seja efetivo. L1 e L4, que utilizaram redes sociais para se comunicar na atividade proposta com uso dos LR, destacam que o acesso extraclasse dificultou a orientação por parte do professor.

*[...] eles acessaram em casa. Durante a aplicação, eu entrei antes, fiz os testes, né? No caso usei as medidas de tensão, mudei o foco da câmera para ver se eles iam conseguir observar os fenômenos antes de passar as atividades para eles, para ter certeza que, se eles acessassem, eles iam conseguir ter as observações que a gente esperava, então eles usaram, eu tive respostas das duas turmas que eu apliquei; uma foi bem mais ativa do que outra, mas eles conseguiram acessar e fizeram as atividades. Porém em casa, a gente não conseguiu monitorar todos, mas os que fizeram a gente teve resposta. (L1)*

Na experiência de L4 com os LR, a licencianda destacou que, ao optar por liberar o acesso do experimento fora da sala de aula, os alunos que tiveram dificuldades na compreensão do fenômeno ou até mesmo na coleta de dados não se manifestaram, dificultando uma avaliação mais completa da aprendizagem.

*[...] os alunos tiveram que acessar em casa, então as dúvidas que eles tiveram ali no momento do experimento, que era importante a gente estar junto e responder eles, não era possível, porque eles estavam fazendo sozinhos. E mesmo a gente deixando disponível WhatsApp, e-mail para que eles pudessem tirar as dúvidas, não são todos os alunos que procuram, né? (...) Aí se eles tiveram dúvidas, também, a maioria não nos procurou, e aí eu acho que eles fazem, eles levaram as dúvidas para as aulas, mas ainda assim eram dúvidas sobre os dados que eles tinham, não foi dúvida quanto ao experimento, né? Porque eu acho que talvez eles não lembrassem mais*

*das dúvidas, então acho que é sempre interessante fazer junto com aluno, para poder estar orientando de perto, né? (L4)*

No caso dos LR, embora a literatura indique que os desenvolvedores e pesquisadores da área têm se preocupado com o desenvolvimento de materiais e ambientes para integrar o recurso e apoiar a sua utilização (CARDOSO, TAKAHASHI, 2011; MATARRITA, CONCARI, 2016; GALVÃO, REZENDE JUNIOR, 2019), nossa pesquisa indica que, como qualquer outro recurso, muitas vezes é preciso que o professor adeque os LR ao contexto educativo e aos objetivos pretendidos. Como apresentado por Matarrita e Concari (2015), embora os materiais e ambientes de integração dos LR sejam um aspecto relevante dos projetos que propõem LR para o ensino de Física, ainda são insuficientes para promover uma aprendizagem significativa.

Em um mundo conectado por diferentes telas midiáticas, o papel de “transmissor” do conhecimento atribuído aos agentes da aprendizagem passa a ser de mediador da construção do conhecimento, no qual assumem a responsabilidade de auxiliar os estudantes a utilizar as TIC para resolver problemas (VALENTE, 2013). Vaniel, Heckler e Araújo (2011) apontam que a mediação pedagógica para o uso de TIC no ensino de Física deve contribuir para uma formação mais autônoma e reflexiva dos estudantes por meio de discussões sobre as temáticas da Física que abordem leis, princípios, grandezas e suas relações, buscando fazer com que associem os conhecimentos tácitos com os conhecimentos que estão sendo construídos.

Como apresentado nos excertos, o planejamento de atividades com os LR com uma abordagem que favoreça o processo de ensino e aprendizagem e que se adeque aos contextos é essencial para atingir os objetivos propostos e aproveitar o potencial do recurso. Para L3, um bom planejamento vai permitir ao professor encontrar maneiras de colocar o experimento dentro de um contexto de ensino que contribua para a compreensão dos fenômenos físicos. Para Mishra e Koehler (2006), um desenvolvimento profissional baseado no modelo TPACK deve ser flexível o suficiente para abarcar toda a gama de filosofias de ensino, estilos e abordagens.

Como no uso de qualquer outro recurso tecnológico, o acesso e o conhecimento dos LR são condições necessárias para a integração do recurso no ensino, mas insuficientes. Quando Mishra e Koehler (2006) propõem a necessidade de que os professores desenvolvam um arcabouço teórico para sustentar suas práticas, os autores enfatizam o papel do contexto no modelo e destacam que abordagens neutras, que focam nas habilidades da tecnologia, tendem a falhar, pois “[...] saber usar a tecnologia não é a mesma coisa que saber ensinar com ela.” (p. 1033). Assim, articulando as limitações que o recurso pode apresentar a atividades

bem planejadas, os LR podem se configurar como um instrumento para favorecer o processo de ensino e aprendizagem.

Embora o nosso trabalho tenha partido do pressuposto de que conhecimentos especializados são necessários para inserir os LR ao processo de ensino e aprendizagem, concordamos com Cox e Graham (2009) e com Chai, Koh e Tsai (2013) que um esforço maior precisa ser feito para entender a complexidade desses conhecimentos e de como podem impactar na forma de ensinar dos professores e na forma de aprender dos alunos.

Do mesmo modo que o desenvolvimento de conhecimentos especializados dos professores se mostrou essencial para planejar atividades com os LR que possam ser mais significativas para os alunos e entender como os conteúdos estão dispostos no experimento, também pode permitir que os professores identifiquem novas possibilidades, que sem as TIC não seriam possíveis. Na próxima seção serão apresentadas as possibilidades que os professores e licenciandos citaram como possíveis a partir do uso dos LR no ensino de Física.

### 3.3. Laboratórios remotos: possibilidades para o ensino de Física

Nesta seção são apresentadas as subcategorias referentes às possibilidades que *os laboratórios remotos podem oferecer ao ensino de Física na educação básica segundo a perspectiva dos professores e licenciados entrevistados*. No quadro 8 se encontra uma breve descrição dessas subcategorias.

**Quadro 8:** Possibilidades do uso dos laboratórios remotos no ensino de Física

SUBCATEGORIA	DESCRIÇÃO
Acesso a atividades experimentais	Laboratórios remotos como opção ao uso de AE no ensino de Física
Uso crítico e criativo das TIC no ensino	Uso dos laboratórios remotos como forma de incentivar os estudantes a fazerem um uso crítico e criativo das TIC

Fonte: a autora

Das unidades de significado selecionadas, foi possível perceber que *os laboratórios remotos no ensino de Física podem oferecer acesso a AE mais robustas e ainda ser uma alternativa quando elas não forem possíveis por outros meios, além de permitir que os professores ofereçam aos estudantes um acesso mais crítico e criativo das TIC por meio de uma compreensão mais ampla dos fenômenos físicos e do modo como podem investigá-los*.

Segundo os professores e licenciandos, os laboratórios remotos são uma alternativa para dificuldades que encontram no **acesso a atividades experimentais** no ensino de Física, mas também uma possibilidade para proporcionar aos seus alunos um acesso a atividades que sejam mais robustas e sofisticadas. P1, P3, P4, P6 e L6 citam o acesso a materiais e equipamentos para construção dos experimentos, a logística da construção e execução dos experimentos de baixo custo, e a falta de apoio financeiro para esse tipo de atividade como dificuldades para o uso de AE no ensino de Física.

*[...] tanto no estágio quanto até agora na atuação profissional, não tem laboratórios e a escola não possui recursos, mesmo para subsidiar isso, então o que a gente faz é produzir o experimento em casa mesmo e levar ele para a sala de aula. Claro que é impossível fazer ali, por exemplo, agora que eu tenho muitos alunos, tem quase 50 alunos em uma sala, na verdade são 47, por aí, mas 50 arredondando... levar o material para todo mundo, então você acaba fazendo uns dois ali, um para você mostrar para eles como que funciona, e o outro ali para eles tocarem, se tiver que quebrar, quebra e tal, só para eles entenderem o que é, mais ou menos. (P4)*

*[...] teve uma vez que eu dei aula de efeito fotoelétrico e aí, por exemplo, eu fico imaginando... eu tive acesso a um experimento que evidenciasse o efeito fotoelétrico, eu tive acesso a uma célula fotovoltaica, e eu fico... imagino... isso não é normal, todo professor não tem em casa uma célula fotovoltaica para você fazer isso, então depende do experimento em si, depende da infraestrutura (P6)*

*[...] acho que uma das dificuldades, primeiramente é... dependendo da situação que você tem, às vezes fica complicado você fazer o experimento em casa e levar para a escola, então acho que está aí a primeira dificuldade. A segunda dificuldade eu acho que é em relação ao custo de um experimento, nem todos os experimentos você consegue fazer barato, essa é a coisa ruim, então isso pode ser que interfira bastante. (L6)*

Como destacado nos excertos, o uso de AE para o ensino de Física na educação básica, quando feito, ocorre de forma precária, dificultando a realização de atividades mais dinâmicas que contribuam para o aprendizado da Física. A dificuldade com alguns temas também impede que sejam utilizados com mais frequência. Para Sim (2016), os LR podem se adequar às necessidades dos professores, já que não precisam investir tempo e dinheiro para construção de equipamentos.

Para P1, P2, P4, P5, P6, L1, L2, L4, L5 e L6, os LR podem proporcionar esse acesso a AE quando não for possível por outro meio.

*[...] os laboratórios remotos, desde que eu comecei a trabalhar com eles, nós sempre criamos eles na perspectiva de servir como alternativa à utilização de experimentos presenciais, como por exemplo... se é inviável você utilizar determinado experimento dentro de sala de aula, tanto porque, ou o equipamento é muito caro, ou o equipamento é perigoso, ou porque não tem como a gente construir aquilo em de sala de aula, a gente vai para uma alternativa à utilização presencial desses experimentos, que seria a utilização desses experimentos remotamente (P5)*

*[...] eu optaria pelo laboratório remoto por questão de acesso, de facilidade, porque, por exemplo... para eu fazer um experimento prático, dependendo do*

*número de alunos que eu tenho dentro da sala, eu não tenho espaço, e eu não tenho material para que todos os alunos participem, então eu tendo o laboratório remoto, eu preciso de um meio para acessar, então isso é mais fácil de prover para os alunos do que todo um espaço e uma gama de material, isso pensando em material de baixo custo. (L1)*

*[...] a ideia do laboratório remoto é facilitar para o professor a conseguir realizar experimentos que normalmente não são de baixo custo ou que seja fácil de reproduzir, porque pra mim acho que o ideal seria o professor tentar, a princípio, buscar um experimento que ele consiga fazer e levar para os alunos, . Agora, se for caro, ou se ele não conseguir fazer, acho que a gente pode tentar ou os simuladores ou o laboratório remoto. (L5)*

Os relatos reforçam a perspectiva da literatura, que traz os LR como uma alternativa às dificuldades para realização de AE. No entanto, como sugerem P2, P3, P4, P5, P6, L1, L2, L3 L4 e L5, além de proporcionar esse acesso às AE, dependendo do modo como são projetados, os LR podem propiciar o estudo de fenômenos físicos com experimentos mais completos, com uma gama de instrumentos e parâmetros que equipamentos mais simples não ofereciam.

*[...] eu acho que saber lidar com medidas, porque a princípio os simuladores que a gente acaba utilizando, nem todos têm essa opção de obter medidas, a maioria mostra o efeito e você vê aquele efeito; é mais demonstrativo. No entanto, o laboratório remoto, dependendo do modo como ele foi executado, ele tem essa possibilidade, de você obter medidas e trabalhar com essas medidas, com esses dados, interpretar esses dados, então acho que trabalha essa questão no aluno de interpretar. (P3)*

*[...] se você tem o experimento com a montagem mais estruturada, um ambiente controlado e o aluno tem acesso a esse experimento, que é mais complexo, as chances, as incertezas que surgem com o experimento são menores, ou seja, isso além de... claro, ele ter uma fonte de dados mais confiáveis para fazer a investigação, se o professor, por exemplo, utiliza o trilho de ar do laboratório remoto e utiliza o trilho de ar caseiro, de baixo custo, ele pode mostrar que o controle das características do experimento, o melhor controle por conta da montagem leva a menores incertezas. (P5)*

*[...] no caso do de ondas estacionárias, que foi o que eu utilizei, mesmo sem poder alterar o parâmetro da densidade da corda os alunos já conseguiram raciocinar, pensar e perguntar, “ah, mas e se a gente mudar? E se agente colocar uma corda mais fina ou uma corda mais grossa? O que que vai acontecer?” Então assim, ele possibilita que a gente mude os parâmetros dele, não todos, mas de uma forma com que os alunos, vendo que mexendo aquilo, interagindo com aquilo, eles conseguem perceber que eles podem tirar novas ideias e tirar, como é que eu posso falar? Eles podem ter dúvidas acerca daquilo que eles estão vendo funcionando. (L3)*

Como destacado nos excertos acima, os LR podem proporcionar o estudo de uma série de elementos que com outros recursos não seria possível. Além de ser uma alternativa para o uso de AE, os LR possibilitam complementar e ampliar as possibilidades do estudo de fenômenos que necessitam de equipamentos com custos elevados (ALMEIDA JR., 2016). Para Sievers (2011), os laboratórios remotos são uma alternativa viável ao acesso de

experiências complexas, que exigem equipamentos caros e especializados, que apenas grandes centros de pesquisa e algumas universidades possuem condições de adquirir. Como citamos na seção anterior, esses elementos dependem do modo como os experimentos são projetados, podendo oferecer possibilidades ou limitações para o aprendizado.

Cardoso (2016) destaca que “[...] normalmente, não é possível realizar atividades experimentais nas escolas por falta de material e, quando isso ocorre, elas são basicamente demonstrativas e não permitem coleta de dados, não oferecendo, assim, a aprendizagem de procedimentos e atitudes” (p. 87). Para Cardoso e Takahashi (2011), os LR podem auxiliar na aprendizagem de conceitos físicos em diferentes modalidades de ensino, tornando as aulas mais dinâmicas e interativas, além de proporcionar o uso de experimentos mais complexos e/ou de difícil acesso.

Por serem reais, os LR permitem aos alunos possibilidades que outras atividades mediadas pelas tecnologias podem não oferecer. Para Almeida Jr. (2016), por exemplo, por serem uma representação da realidade, muitas vezes as simulações não incluem fatores que influenciam o resultado real. Os erros e as incertezas omitidos nesse tipo de atividade podem contribuir para uma análise mais rica do fenômeno, favorecendo a busca por outras relações entre as diferentes variáveis do experimento e até mesmo pela aferição dos equipamentos (ALMEIDA JR., 2016).

Como sugere Cardoso (2016), parece que ao longo do percurso escolar, à medida que as disciplinas vão adquirindo um caráter mais específico, os alunos assumem uma postura cada vez mais passiva, com medo de errar e perdendo a capacidade de experimentar, questionar e investigar. Desse modo, além de um uso mais frequente e amplo das AE, os LR no ensino de Física podem favorecer habilidades já reconhecidas na literatura como benéficas para o ensino das ciências.

P1, P3, P6 e L3 também citam as possibilidades do laboratório remoto frente às dificuldades de acesso a experimentos reais no período da Pandemia.

*[...] a gente pega essa situação que a gente está vivendo hoje, nessa situação de pandemia, né? O laboratório remoto para mim resolveria uma grande parte de problemas que hoje o instituto federal que eu estou trabalhando está tendo, né? A gente não tem aula prática para o aluno de física, e você com um laboratório remoto poderia agendar, deixar disponível, disponibilizar o laboratório para realizar essas aulas práticas tranquilamente. (P1)*

*[...] antes já era necessário, antes ele já se constituía como uma alternativa para você ter acesso a esse laboratório, agora ele é essencial, porque... por exemplo, se você quiser fazer uma experiência, porque você não vai ter o experimento presencial, porque não vai ter aula presencial, então agora ele não é só um complemento, mas ele é necessário em situações como essa. (P6)*

Para L3, as adaptações escolares que as escolas estão precisando fazer frente à pandemia pode proporcionar um acesso mais facilitado aos LR no pós-pandemia.

*[...] tendo em vista o contexto no qual a gente está agora, nesse momento, dessa pandemia, que as escolas estão tendo que se adaptar a uma realidade que vai de encontro ao uso das tecnologias [...], eu acho que daqui um tempo essa utilização de recursos tecnológicos vai ser mais amplamente utilizada, e daqui um tempo vai ser mais fácil utilizar os recursos do laboratório remoto dentro da escola, porque a escola vai buscar se atualizar e se estruturar para o uso das tecnologias depois. (L3)*

No entanto, Almeida (2020) destaca que, embora avanços significativos na apropriação das tecnologias no ensino, na aprendizagem e na gestão dos contextos que se dedicaram à integração das tecnologias ao projeto pedagógico, já são passados mais de quarenta anos em que a educação brasileira vem desenvolvendo políticas públicas para o uso de tecnologias, e tal utilização ainda não se encontra universalizada e com os objetivos preconizados para mudanças e inovações esperadas. Noga e Silva ressaltam que a pandemia proporcionou desafios ao sistema educacional, que afetaram instituições públicas e privadas, alunos e suas famílias, professores, gestores e comitês estratégicos criados para enfrentar a crise (NOGA, SILVA, 2020), sendo que, por mais que as relações didáticas tenham se intensificado e se efetivado por meio das tecnologias, isso não ocorreu com todos os professores e estudantes “[...] devido às desigualdades sociais e à não universalização do acesso, uso e apropriação crítica das tecnologias digitais.” (ALMEIDA, 2020, p. 173).

Desse modo, não podemos afirmar que os LR vão se popularizar no pós-pandemia, mas identificamos, pela fala dos nossos sujeitos, a necessidade de ampliar esse recurso frente às demandas que um mundo globalizado pode sofrer, sendo uma nova possibilidade de acesso às atividades experimentais quando não forem possíveis por outros meios.

Outro aspecto apontado pelos professores e licenciandos como possibilidade da inserção dos LR no ensino de Física é o **uso crítico e criativo das TIC**. Como são mediados pelas tecnologias de informação e comunicação, P1, P2, P5, L1 e L6 destacam que usá-los no ensino de Física pode proporcionar habilidades que favoreçam o uso das tecnologias digitais de informação e comunicação de forma mais crítica e efetiva na aprendizagem dos alunos.

*[...] eu acredito que o experimento remoto tenha essa possibilidade de mostrar para os alunos, primeiro essa camada de tecnologias por trás, que é algo extremamente interessante, né? Você conseguir, a partir do seu computador, acessar uma interface na qual você consegue controlar um experimento remotamente, né? Isso já abrange outros conhecimentos, o aluno tem que ter contato com a internet, tem que ter contato com o computador, tem que ter contato com a interface e isso já abrange um outro tipo de conhecimento além da física para os alunos.(P2)*

*[...] a questão de saber interagir com esse tipo de ferramenta, acho que as aplicações são muitas, mas principalmente é isso... ele não é só um experimento, além de contribuir para a aprendizagem de determinado conteúdo, ele ainda*

*proporciona ao aluno o conhecimento de, por exemplo, o computador, de ferramentas, ele proporciona o acesso à tecnologia, o conhecimento do software, o conhecimento do experimento, dos mecanismos; então acho que as contribuições são muitas, a questão da aplicação remota pode estar desenvolvendo várias características, várias habilidades nos alunos.(L1)*

*[...] eu acho que são muitos, eu acho que primeiramente ensinar o aluno a interagir com a tecnologia sem ser Facebook e ICS, eu acho que isso já é algo extremamente bom, o cara saber que ele vai sentar na frente do PC e não tem só as coisas de... sei lá, o cara pode usar o computador para aprender, eu acho que esse é um fator legal, no sentido de inclusive incentivar o cara a querer saber mais sobre recursos, não só para área de física (L6)*

Ao analisar as interações dos estudantes do sexto ano do ensino fundamental no LR integrado a um ambiente 3D, Antonio (2016) percebeu que o entusiasmo dos alunos com a utilização do ambiente teve como consequência a distração e a perda de foco do trabalho. A partir da terceira aplicação, a autora relata que os alunos se familiarizaram com as ferramentas e focaram mais nas atividades propostas. Como apresenta Nicolete (2016), o uso de TIC pode transformar a prática educacional, normalmente baseada na transmissão de conteúdo, estabelecendo novas relações entre os estudantes, professor, conteúdo e recursos, e se adequando às diferentes circunstâncias.

Para P1, o pouco uso das TIC dificulta opinar sobre a sua efetividade em sala de aula. L1, como regente de física em uma turma, e L3, na atividade da residência pedagógica, relatam que tiveram dificuldades ao usar AE porque os alunos não estavam habituados com o recurso. Como os LR são AE mediadas pelas TIC, a sua utilização no ensino de Física pode proporcionar o uso mais frequente de ambas as atividades, além de favorecer diferentes habilidades nos estudantes. Para Sim (2016), o uso dos LR pode favorecer a formação dos estudantes ao desenvolver habilidades importantes que são necessárias aos cidadãos que convivem com informações disponibilizadas pelas tecnologias digitais de informação e comunicação.

Embora o impacto que as TIC exercem no processo educacional esteja relacionado à sua dimensão instrumental (o que podemos fazer com elas), é na dimensão estratégica (como e com que objetivos são integradas para atingir os objetivos educacionais) que reside o seu potencial (COSTA, 2013). Com as possibilidades oferecidas pelas TIC, o processo de ensino e aprendizagem pode transcender os espaços escolares e permear atividades sociais, permitindo que estudantes de classes e lugares diferentes se comuniquem (CARDOSO, TAKAHASHI, 2011). Assim, além de oferecer o acesso a AE reais, os LR também podem auxiliar os professores de ciências na ampliação dos espaços e tempos para estudo dos fenômenos (ANTONIO, 2016; NICOLETE, 2016), minimizando as dificuldades estruturais

como discutimos anteriormente. Como destacado pela literatura, as TIC têm potencial para favorecer os processos de ensino e aprendizagem e estão sendo propostos com essa finalidade há algum tempo no ensino de Física, mas assim como a formação foi destacada como essencial para favorecer o uso dos LR, deve-se ressaltar o papel do professor do entendimento de que o seu uso deve ser como um “meio” e não como um “fim” (ANTONIO, 2016).

Ainda, por serem mediados pelas TIC, P1, P2, P3, P4, L2 e L3 indicam que essa nova forma de interagir com os fenômenos físicos pode proporcionar uma compreensão mais ampla dos fenômenos físicos, ampliando as possibilidades no processo de ensino e aprendizagem e fazendo com que os alunos sejam mais criativos e questionadores sobre as possibilidades que a rede oferece.

*[...] mostrar que nem sempre a gente tem disponível uma coisa física, material, para você fazer determinado experimento, né? Mas que você pode tentar obter essas informações a partir de um... alguma coisa que está distante. Então você ter essa capacidade de, digamos assim, manusear um determinado material, que é um experimento que você não tem contato com ele e coletar dados disso. (P1)*

*[...] o espectrógrafo, ele é controlado, é um ambiente controlado entre aspas, que não tem luz entrando. Mas vamos supor que tenha um burquinho lá e tenha luz entrando e está atrapalhando a formação das linhas de emissão e absorção, então esse é um efeito que ele não vai ter total controle no experimento remoto, então ele vai ter que saber interpretar isso de forma mais eficiente. (P3)*

*[...] eu acho que os laboratórios remotos, eles ajudam com que o aluno seja mais questionador, e isso é um aspecto da física que é muito importante, que é uma ciência que pergunta como que as coisas acontecem. Então no laboratório remoto, eles se questionando todo tempo de “como que tá acontecendo isso?”, “Como que tá acontecendo aquilo?”, “Por quê que isso acontece?”, “Por quê que aquilo acontece dentro do experimento?”, Eles conseguem ir desenvolvendo uma série de perguntas que, depois lá na frente, quando a gente for aprofundar dentro dos conceitos que estão envolvidos no laboratório remoto, que eles vão conseguir interpretar. (L3)*

Esse aspecto levantado pelos sujeitos da pesquisa é uma possibilidade que as TIC proporcionaram ao estudo das ciências. Embora as investigações de forma remota possam ser feitas em vários campos da ciência (Medicina, Astronomia, Física etc.), no ensino, essa possibilidade é recente e pode fazer com que os estudantes ampliem suas habilidades e compreensões da ciência. Assim como físicos coletam dados por meio de sensores ligados a seus computadores e astrônomos observam o céu através de telescópios controlados remotamente, Sim (2016) destaca que a experimentação remota pode complementar as atividades presenciais. Nicolete (2016) destaca que a experimentação e a exploração de novos ambientes estimulam a curiosidade e, conseqüentemente, o espírito investigador dos estudantes, fazendo com que desenvolvam uma postura mais ativa na construção do conhecimento. Cardoso (2016) destaca que, em função da imprevisibilidade da atividade e do

uso de TIC, uma proposta de ensino e aprendizagem de natureza investigativa com os LR se constitui em um processo de múltiplas descobertas, tanto para o professor quanto para o aluno.

Vale destacar que mesmo o laboratório remoto ampliando as possibilidades para o ensino de Física, nenhum recurso ensina por si só, eles “[...] são apenas ferramentas de que o professor dispõe para realizar seu ofício e atingir seu objetivo.” (SIM, 2016, 33). Como discutido anteriormente, os professores precisam mobilizar seus conhecimentos e, se preciso, desenvolver novos conhecimentos para fazer um bom uso do recurso.

Como identificamos nessa pesquisa, para ampliar essas possibilidades de uso dos LR e torná-las significativas, é preciso que sejam planejadas e adequadas às diferentes realidades educacionais a partir de suas especificidades. Koehler e Mishra(2009) apresentam que, para integrar as TIC de modo adequado, é preciso entender que trazem consigo profundas implicações para a natureza da aprendizagem de um conteúdo e para as abordagens pedagógicas entre as quais os professores podem selecionar.

O conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo enfatiza as múltiplas interações entre o conhecimento do conteúdo, o conhecimento pedagógico e o conhecimento tecnológico em um contexto para uma prática efetiva de integração das TIC, sendo preciso que os professores desenvolvam fluência e flexibilidade dentro desse modelo, para que possam favorecer a aprendizagem dos alunos por meio desses recursos (HARRIS, MISHRA, KOEHLER, 2009).

Assim, a partir das compreensões aqui atingidas, é possível perceber que, como um recurso tecnológico que possui características específicas, os LR não se confirmam apenas como alternativa ao uso de AE, mas também como uma possibilidade para ampliar os espaços e as formas de se estudar os fenômenos físicos na educação básica. Dos nossos dados, também ficou claro que, a partir do momento em que o professor desenvolve conhecimentos especializados para a integração dos LR, o seu potencial pode ser ampliado e uma colaboração maior ao processo de ensino e aprendizagem dos alunos pode ser alcançada.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com o objetivo de investigar quais as possibilidades de uso dos laboratórios remotos, nossa pesquisa buscou identificar quais as dificuldades no uso do recurso e que contribuições podem trazer para o processo de ensino e aprendizagem da Física.

Por meio de entrevistas semiestruturadas, a pesquisa foi realizada com professores e licenciandos que conheciam e haviam utilizado e/ou observado o uso dos LR de forma sistemática na educação básica, por entendermos que a compreensão por parte daqueles que podem inseri-lo ao processo educacional influencia na opção pelo recurso e nas formas de utilizá-lo. Apesar dos nossos sujeitos terem utilizado o mesmo laboratório remoto, as considerações aqui realizadas podem se aplicar ao uso dos diferentes laboratórios remotos que se encontram na rede, dado que os questionamentos da pesquisa foram feitos com base no princípio de que os laboratórios remotos são constituídos por experimentos reais, que passam por um processo de automatização e podem ser acessados de qualquer dispositivo com acesso a internet, vinte e quatro horas por dia, sete dias da semana.

Dos resultados, identificamos que os professores precisam desenvolver uma base de conhecimentos que sustente as propostas de uso dos LR de forma adaptada aos diferentes contextos e aos diferentes objetivos que pretendem atingir, pois apesar do recurso oferecer diferentes possibilidades para ampliar os estudos de fenômenos físicos, ele apresenta limitações.

Como implicações para o uso dos LR, a estrutura que o sistema escolar oferece, com um tempo insuficiente perante à carga excessiva de conteúdos, e frequentemente com um número elevado de alunos dentro nas salas de aula, dificulta pensar não apenas no uso dos LR, mas também em atividades que sejam mais significativas para a aprendizagem dos alunos. Essas dificuldades também nos fazem refletir sobre as possibilidades que os LR podem oferecer para ampliar o espaço e o tempo de estudo quando o acesso a recursos tecnológicos é possível para os alunos, pois, como apresentado pelos professores e licenciandos, não podemos exigir que os alunos tenham acesso a dispositivos que sejam suficientes para acessar as atividades de forma remota.

A infraestrutura também foi citada como uma dificuldade que inviabiliza o uso dos LR e que faz com que optem ou não pelo recurso, pois a dependência por um meio de comunicação e a necessidade de oferecer esse acesso aos alunos quando não o possuem ainda é um desafio que precisa ser superado para uma integração efetiva das TIC ao processo

educacional. Essa dificuldade com a infraestrutura pode ser superada com a popularização dos dispositivos móveis e do acesso à internet e com a adaptação dos LR a sistemas que aprimorem as experiências dos usuários.

A dificuldade de dotar efetivamente as escolas com uma infraestrutura tecnológica para atividades pedagógicas sempre foi uma barreira a ser superada por gestores públicos e pela comunidade escolar (CETIC, 2020). No entanto, cabe destacar que a nossa pesquisa foi realizada em meio a uma pandemia, na qual os professores e os sistemas educacionais estavam se adaptando às atividades remotas. Frente a essa nova demanda, que já era solicitada e passou a ser fundamental, pode ser que alguns elementos aqui apresentados sejam superados futuramente.

Os nossos resultados indicam que, além de ser uma alternativa às AE quando não são possíveis por outros meios, os LR podem se configurar como uma opção para o acesso de atividades mais robustas, que podem permitir uma investigação mais crítica e criativa dos fenômenos físicos por meio das TIC, fazendo com que os alunos explorem novos ambientes de investigação científica. Considerando o arsenal de conhecimentos que o professor precisa ter para ensinar, ao integrar um recurso tecnológico, percebemos que conhecimentos específicos são necessários para que essa integração seja efetiva e para que um potencial maior do recurso seja alcançado.

Os dados indicaram também que, para aproveitar o potencial que os LR têm para oferecer, é preciso que os professores entendam o papel que as AE podem exercer no currículo de Física para pensar nas novas demandas e possibilidades que os usos dessas mesmas atividades mediadas pelas TIC podem trazer para processo de ensino e aprendizagem. Adquirir e desenvolver um conhecimento das possibilidades e limitações dos LR em determinados contextos, e de como esses experimentos, quando automatizados, alteram o fenômeno físico a ser trabalhado, se mostrou essencial para entender o papel que podem assumir no processo de ensino e aprendizagem da Física. Para os sujeitos da nossa pesquisa, a partir do momento em que o professor conhece as possibilidades e limitações de um recurso tecnológico, ele consegue identificar quando pode adaptá-lo a determinadas condições.

A formação, seja inicial ou continuada, precisa contemplar esses conhecimentos e oferecer uma base que auxilie os professores a integrar os LR dentro de um contexto de aprendizagem que favoreça a construção do conhecimento dos alunos. Essa integração na formação pode ter como base os conhecimentos do modelo TPACK que utilizamos como referência nesta dissertação ou outro modelo, mas é importante que seja elaborada a partir de uma concepção teórica que sustente a inserção das TIC para ampliar as compreensões dos

professores sobre seu uso com objetivos bem definidos, e adaptados aos diferentes contextos a que estamos submetidos. Como destaca Borges (2002), para que atividades práticas possam contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, é preciso que sejam cuidadosamente planejadas, levando em conta os objetivos pretendidos, os recursos disponíveis e as ideias prévias dos estudantes.

Chai, Koh e Tsai (2013) apresentam que existem diversas maneiras de integrar as TIC nas aulas, empregando os construtos propostos pelo TPACK, mas que sua utilização depende de fatores contextuais, como a disponibilidade de recursos tecnológicos, da familiaridade dos alunos com esses recursos e do raciocínio pedagógico dos instrutores. Na revisão que realizam, os autores indicam que mais pesquisas deveriam ser realizadas para investigar o potencial do modelo TPACK, pois os resultados produzidos até agora têm apresentado um aumento na capacidade dos professores de integrar as TIC ao processo educacional. Em particular, os autores citam como possibilidade o estudo de ambientes baseados no modelo TPACK, os impactos no processo de aprendizagem dos estudantes e a relação do modelo com outros referenciais teóricos relacionados à integração da tecnologia no ensino.

Assim, apesar das dificuldades citadas para o uso dos LR, percebe-se que é possível utilizá-lo quando bem for planejado e adaptado aos diferentes contextos, e que o seu uso pode ampliar as possibilidades de investigação dos fenômenos físicos na educação básica. No entanto, embora a literatura venha indicando contribuições para a aprendizagem dos alunos com base nas aplicações e nas comparações entre o uso dos LR com os laboratórios presenciais, concordamos com Chai, Koh e Tsai (2013) que recursos tecnológicos proporcionam novas possibilidades para o processo educacional e que o seu potencial deve ser investigado a partir de bases teóricas que possam favorecer uma integração das TIC de forma mais sistemática.

Por fim, apesar da pesquisa aqui realizada ter como foco o uso dos LR na educação básica, muitas das nossas considerações podem ser levadas e investigadas em outros níveis de ensino, pois concordamos com a citação de Pinho Alves (2000), utilizada como epígrafe do nosso trabalho, de que é indiscutível que os laboratórios, independente da sua forma ou metodologia, ajudam a aprender, porque ajudar é prerrogativa e não necessidade, mas acrescentamos que, a partir das especificidades de cada laboratório, é preciso descobrir novas formas de inseri-los de maneira significativa ao processo de ensino e aprendizagem. Assim, a partir das considerações aqui feitas e partindo de bases teóricas que proponham a integração das tecnologias de forma mais sistemática, considerando os diferentes contextos a que seu uso

pode estar submetido, propõe-se que mais estudos sejam feitos sobre o uso dos LR no ensino de Física, para se identificar o potencial do seu uso no processo de ensino e aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini de. A crise educacional gerada pelo Covid 19 e as tecnologias: ontem, hoje e caminhos para o futuro. ALMEIDA, Fernando José; ALMEIDA, Maria Elizabeth B. de; SILVA, Maria da Graça Moreira da (organizadores). **De Wuhan a perdizes: trajetos educativos**. São Paulo: Educ, 2020.
- ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini; VALENTE, José Armando. Políticas de tecnologia na educação brasileira: histórico, lições aprendidas e recomendações. **CIEB Estudos 4**. Centro de Inovação para a Educação Brasileira, 2016. Disponível em: < <http://www.cieb.net.br/wpcontent/uploads/2016/12/CIEB-Estudos-4-Políticas-de-Tecnologias-na-Educação-Brasileira.pdf>>. Acesso em: 15 de julho 2019.
- ALVES FILHO, Jose de Pinho. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/79015>. Acesso em: 01 de abr. de 2020.
- ALVES, Valéria de Freitas. **A inserção de atividades experimentais no ensino de física em nível médio: em busca de melhores resultados de aprendizagem**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/8953>. Acesso em: 23 de mar. de 2020.
- AMIEL, Tel; OLIVEIRA, Tatiana Plens. A formação docente em serviço para e sobre tecnologia: uma revisão sistemática. **REDE IEB**. Rede de Inovação para a Educação Brasileira, 2018. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjqzc-ziafkAhU7LLkGHZEEA-MQFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fwww.cieb.net.br%2Fevidencias%2Fprevisoes%2F10%2Fdownload&usq=AOvVaw356zy1TQ7TpO43d9a6qBlj>. Acesso em: 15 julho 2019.
- ANTONIO, Caroline Porto. **Mundos virtuais 3d integrados à experimentação remota: aplicação no ensino de ciências**. 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação). Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=3796144](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3796144). Acesso em: 24 de junho de 2020.
- ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.4, n.3, p. 5-18, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4069/2633>. Acesso em: 19 de junho de 2020.
- ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf>. Acesso em: 15 julho 2019.
- BASSOLI, Fernanda. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência (s): mitos, tendências e distorções. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132014000300579&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132014000300579&script=sci_arttext&tlng=pt). Acesso em: 23 de mar. de 2020.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto editora, 1994.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep).

**Censo da Educação Básica 2019: resumo Técnico**. Brasília, 2020. Disponível em:

[http://portal.inep.gov.br/informacao-da-publicacao/-](http://portal.inep.gov.br/informacao-da-publicacao/-/asset_publisher/6JYIsGMAMkW1/document/id/6874720)

[/asset\\_publisher/6JYIsGMAMkW1/document/id/6874720](http://portal.inep.gov.br/informacao-da-publicacao/-/asset_publisher/6JYIsGMAMkW1/document/id/6874720). Acesso em: 19 de junho de 2020.

\_\_\_\_\_. Base Nacional Comum Curricular: ensino médio. Brasília: Ministério da Educação, 2017.

\_\_\_\_\_. Lei Nº 11.180, de 23 de setembro de 2005. Institui o Projeto Escola de Fábrica, autoriza a concessão de bolsas de permanência a estudantes beneficiários do Programa Universidade para Todos – PROUNI, institui o Programa de Educação Tutorial – PET, altera a Lei nº 5.537, de 21 de novembro de 1968, e a Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 de set. de 2005. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=332-leisetembro2005&category\\_slug=pets-programa-de-educacao-tutorial&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=332-leisetembro2005&category_slug=pets-programa-de-educacao-tutorial&Itemid=30192). Acesso em: 13 de julho de 2020.

\_\_\_\_\_. Orientações Curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, 2006.

\_\_\_\_\_. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+ ensino médio). Brasília: Ministério da Educação, 2002.

\_\_\_\_\_. Parâmetros Curriculares Nacionais (ensino médio): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, 2000.

\_\_\_\_\_. Portaria Nº 343, de 24 de abril de 2013. Altera dispositivos da Portaria MEC Nº 976, de 27 de julho de 2010, que dispõe sobre o Programa de Educação Tutorial - PET. **Diário Oficial da União**, seção 1, n. 79, p. 24-79, 25 de abr. de 2013. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=13005-portaria-343-24-abril-2013-pdf&category\\_slug=abril-2013-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13005-portaria-343-24-abril-2013-pdf&category_slug=abril-2013-pdf&Itemid=30192). Acesso em: 13 de julho de 2020.

\_\_\_\_\_. Portaria Nº 976, de 27 de julho de 2010. Dispõe sobre o Programa de Educação Tutorial – PET. **Diário Oficial da União**, seção 1, n. 212, p. 40-42, 31 de out. de 2013. Disponível em:

[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=14912-portaria-n-976&category\\_slug=dezembro-2013-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=14912-portaria-n-976&category_slug=dezembro-2013-pdf&Itemid=30192). Acesso em: 13 de julho de 2020.

BRAZ, Anadja Marilda Gomes. O pensamento do professor: pressupostos e dimensões de estudo. **Contrapontos**, Vol. 7, n. 2, p. 365-380, 2007. Disponível em:

<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjttPC1uezwAhVIGLkGHf55Ck4QFjACegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Ffsiaiap32.univali.br%2Fseer%2Findex.php%2Frc%2Farticle%2Fview%2F913&usq=AOvVaw0DYrn0SigURbwyzfu2I4tU>. Acesso em: 02 de abril de 2021.

CAETANO, Thiago Costa. Laboratório Remoto de Física: Uma montagem para os experimentos de acústica e hidrostática. **Sisyphus: Journal of Education**, v. 7, n. 2, p. 92-118, 2019. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/sisyphus/article/view/17540>. Acesso em: 19 de junho de 2020.

CALDATTO, Marlova Estela; SILVA, João Rocado Neves da. Uma discussão sobre a formação de professores promovida por uma IES federal por meio da “complementação pedagógica para não licenciados”: o caso do professor de Física. **Caderno brasileiro de ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 224-255, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2019v36n1p224/39938>. Acesso em 08 de janeiro de 2021.

CAMPOS, Flavio Rodrigues. Inovação ou renovação educacional? Dilemas, controvérsias e o futuro da escolarização. *In*: CAMPOS, F. R.; BLIKSTEIN, P. (Org.). Inovações radicais na educação brasileira. Porto Alegre: Penso, 2019. p. 1-11.

CARDOSO, Dayane Carvalho; TAKAHASHI, Eduardo Kojy. Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 3, p. 185-208, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4214>. Acesso em: 16 de junho de 2019.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; GIL-PÉREZ, Daniel. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 10ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CENTRO REGIONAL DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO – CETIC.BR. **TIC educação: pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras 2018**. [livro eletrônico]. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2019. Disponível em: [https://cetic.br/media/docs/publicacoes/216410120191105/tic\\_edu\\_2018\\_livro\\_eletronico.pdf](https://cetic.br/media/docs/publicacoes/216410120191105/tic_edu_2018_livro_eletronico.pdf). Acesso em: 19 de junho de 2020.

CENTRO REGIONAL DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO – CETIC.BR. **TIC educação: pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras 2019**. [livro eletrônico]. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2020. Disponível em: [https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/20201123090444/tic\\_edu\\_2019\\_livro\\_eletronico.pdf](https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/20201123090444/tic_edu_2019_livro_eletronico.pdf). Acesso em: 25 de fevereiro de 2021.

CHAI, Ching Sing, KOH, Joyce Hwee Ling, TSAI, Chin-Chung. A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. **Educational Technology & Society**, v, 16, n. 2, p. 31–51, 2013. Disponível em: [https://www.j-ets.net/collection/published-issues/16\\_2](https://www.j-ets.net/collection/published-issues/16_2). Acesso em: 08 de fevereiro de 2021.

CHITUNGO, Herculano Henriques Chingui. **O uso de laboratórios remotos no ensino de Física na educação básica: estudo de caso em escola da rede pública**. 2018. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Informação e Comunicação). Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/189330>. Acesso em: 19 de junho de 2020.

CIBOTTO, Rosefran Adriano Gonçalves; OLIVEIRA, Rosa Maria Moraes Anunciato. TPACK – Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo: uma revisão teórica. **Imagens em Educação**, v. 7, n. 2, p. 11-23, 2017. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj7jOfDwOzwAhXkDrkGHUfKDrkQFjAAegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fperiodicos.uem.br%2Ffojs%2Findex.php%2FImagensEduc%2Farticle%2Fview%2F34615&usg=AOvVaw0wJrVbiGJAXWXwErAsiHA>. Acesso em 08 de janeiro de 2021.

CONEJO-VILLALOBOS, Marco; MATARRITA, Carlos Arguedas; CONCARI, Sonia Beatriz. Difundiendo el uso de laboratorios remotos para la enseñanza de la física: Talleres con docentes y estudiantes. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 31, n. extra, p. 205-213, 2019. Disponível em: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/26547>. Acesso em: 14 de julho de 2020.

COSTA, Fernando Albuquerque. O potencial transformador das TIC e a formação de professores e educadores. *In*: ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini de; DIAS, Paulo; SILVA, Bento Duarte da (organizadores). **Cenários de inovação para a educação na sociedade digital**. São Paulo: Edições Loyola, 2013, p. 47 - 74.

COSTA, Fernando Albuquerque; RODRIGUEZ, Carla; CRUZ, Elisabete; FRADÃO, Sandra. **Repensar as TIC na educação: o professor como agente transformador**. Carnaxide: Santillana, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/299455917\\_Repensar\\_as\\_TIC\\_na\\_Educacao\\_O\\_Professor\\_como\\_Agente\\_Transformador](https://www.researchgate.net/publication/299455917_Repensar_as_TIC_na_Educacao_O_Professor_como_Agente_Transformador). Acesso em: 28 de agosto de 2019.

COX, Suzi; GRAHAM, Charles R. Diagramming TPACK in practice: using and elaborated model of the TPACK framework to analyze and depict teacher knowledge. **TechTrends**, Vol. 53, n. 5, p. 60–69, 2009.

ETKINA, Eugenia. Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. **Physical Review Special Topics: Physics Education Research**, v. 6, artigo 020110, 2010. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevSTPER.6.020110>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2021.

FERNANDEZ, Carmen. Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências. **Revista Ensaio**, v.17, n. 2, p. 500-52, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v17n2/1983-2117-epec-17-02-00500.pdf>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2021.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 259-272, 2003. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-47442003000300002&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-47442003000300002&script=sci_arttext). Acesso em: 19 de junho de 2020.

GALIAZZI, Maria do Carmo; GONÇALVES, Fábio Peres. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química nova**, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422004000200027&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422004000200027&script=sci_arttext). Acesso em: 24 de mar. de 2020.

GALIAZZI, Maria do Carmo; SOUSA, Robson Simplício de. A dialética na categorização da análise textual discursiva: o movimento recursivo entre palavra e conceito. **Revista Pesquisa Qualitativa**, v. 7, n. 13, p. 01-22, 2019. Disponível em: <https://ojs.netlink.com.br/index.php/rpq/article/view/227>. Acesso em: 06 de julho de 2020.

GALVÃO, Cíntia Torres Lemes; REZENDE JUNIOR, Mikael Frank. Laboratórios remotos no ensino de Física: uma proposta do tipo estado da arte. *In*: **XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF**, Salvador, 2019. Anais [em breve]. Salvador: SBF, 2019.

GALVÃO, Cíntia Torres Lemes; REZENDE JUNIOR, Mikael Frank; CAETANO, Thiago Costa. Laboratórios remotos: um estudo no banco de teses e dissertações da capes e as possibilidades didáticas para o ensino de Física. *In*: **I Encontro Mineiro de Ensino de Física**

- **EMEFIS**, Uberaba, 2019. Anais [...]. Uberaba: SBF, 2019. Disponível em: [https://esmef.unifei.edu.br/iemefis/Anais\\_I\\_EMEFis.pdf](https://esmef.unifei.edu.br/iemefis/Anais_I_EMEFis.pdf). Acesso em: 24 de junho de 2020.
- GASPAR, Alberto. **Atividades experimentais no ensino de Física: Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (org). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2008.
- HARRIS, Judith., MISHRA, Punya, KOEHLER, Matthew. Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. **Journal of Research on Technology in Education**, v.41, n. 4, p. 393-416, 2009.
- KENSKI, Vani Moreira. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. 9ª ed. Papirus Editora, 2012.
- KENSKI, Vani Moreira. **Tecnologias e tempo docente**. Papirus Editora, 2014.
- KOEHLER, Matthew. J.; MISHRA, Punya. What is technological pedagogical content knowledge? **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education (CITE Journal)**, v. 9, n. 1, p. 60-70, 2009.
- KOFMAN, Hugo A.; CONCARI, Sonia B. Using Remote Lab for Physics Teaching. *In*: ZUBÍA, Javier García; ALVES, Gustavo R. (Ed.). **Using remote labs in education: two little ducks in remote experimentation**. Bilbao: University of Deusto, 2011, p. 293-308.
- LAGUARDIA, Josué; PORTELA, Margareth Crisóstomo; VASCONCELLOS, Miguel Murat. Avaliação em ambientes virtuais de aprendizagem. 2007. **Educação e Pesquisa**, v.33, n.3, p. 513-530, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ep/v33n3/a09v33n3>. Acesso em: 28 de outubro de 2019.
- LAKATOS, Eva Maria; DE ANDRADE MARCONI, Marina. **Metodologia científica**. 5ª ed. São Paulo. Editora Atlas, 2003.
- LYRA, Letícia Ribeiro. **Crenças educacionais dos professores formadores de cursos de licenciatura em Ciências da natureza e Matemática**. 2019. Tese (Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/211657>. Acesso em 02 de abril de 2021.
- LYRA, Letícia Ribeiro. CUSTÓDIO, José Francisco. O professor formador e suas crenças didático-pedagógicas. **Revista Insignare Scientia**, Vol. 2, n.4, p. 141-157, 2019. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/11036>. Acesso em: 02 de abril de 2021.
- LOPES, Sara Patrícia de Medeiros Lacerda. **Laboratório de acesso remoto em Física**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino da Física e da Química). Universidade de Coimbra, 2007. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/10233>. Acesso em: 19 de junho de 2020.
- LUCIANO, Arquimedes; FUSINATO, Polonia Altoe. Concepções acerca da inclusão de um laboratório de acesso remoto com experimentos de Física contemporânea. **Revista Brasileira**

- de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 1, 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/5623>. Acesso em: 19 de setembro de 2019.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MATARRITA, Carlos Arguedas; CONCARI, Sonia Beatriz. Hacia un estado del arte de los laboratorios remotos en la enseñanza de la física. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 27, n. 2, p. 133-139, 2015.
- MISHRA, Punya, KOEHLER, Matthew. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. **Teachers College Record**, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006.
- MORAES, Roque. Uma tempestade de Luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência e Educação**, v. 9, n.2, p. 191-211, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/SJKF5m97DHykhL5pM5tXzdzj/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 06 de junho de 2020.
- MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva**. 3ª ed. Ijuí: Unijuí, 2016.
- MOREIRA, Ana Cláudia S.; PENIDO, Maria Cristina Martins. Sobre as propostas de utilização das atividades experimentais no ensino de física. *In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - ENPEC*, Florianópolis, 2009. Atas [...]. Florianópolis: ABRAPEC, 2009. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viipec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/814.pdf>. Acesso em: 19 de junho de 2020.
- NICOLETE, Priscila Cadorin. **Integração de tecnologia na educação :Grupo de Trabalho em Experimentação Remota Móvel (GT-MRE) um estudo de caso**. 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação). Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=4175882](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=4175882). Acesso em: 24 de junho de 2020.
- NOGA, Liliane; SILVA, Maria da Graça Moreira da. O Velho e o novo na educação em tempo de pandemia. ALMEIDA, Fernando José; ALMEIDA, Maria Elizabeth B. de; SILVA, Maria da Graça Moreira da (organizadores). **De Wuhan a perdizes: trajetos educativos**. São Paulo: Educ, 2020.
- OLIVEIRA, Jane Raquel Silva de. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/31>. Acesso em: 14 de julho de 2020.
- OLIVEIRA, João Markos Machado; FERREIRA, Marcello; MILL, Daniel. Tecnologias no ensino de física: um estudo sobre concepções e perspectivas de professores do ensino médio. **Inclusão Social**, v. 10, n.1, p. 147-161, 2018. Disponível em: <http://revista.ibict.br/inclusao/article/view/4179>. Acesso em: 19 de junho de 2020.
- OLIVEIRA, Máira Marque de. **Conhecimento pedagógico e tecnológico do conteúdo na formação de professores na educação científica e tecnológica**. 2017. Dissertação (Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,

2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/186140>. Acesso em: 02 de abril de 2021.

PENA, Fábio Luís Alves; RIBEIRO FILHO, Aurino. Relação entre a pesquisa em ensino de física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4008/2572>. Acesso em: 19 de junho de 2020.

PEREIRA, Marcus Vinicius; MOREIRA, Maria Cristina do Amaral. Atividades prático-experimentais no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 265-277, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n1p265/33954>. Acesso em: 19 de junho de 2020.

PIRES, Marcelo Antonio; VEIT, Eliane Angela. Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 241-248, 2006. Disponível em: <http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/050903.pdf>. Acesso em: 26 de novembro de 2019.

PONTE, João Pedro da. Tecnologias de informação e comunicação na formação de professores: que desafios?. **Revista Ibero americana de educación**, n. 24, p. 63-90, 2000. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/3993>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Ibero-americana de Educação**, n. 58/2, 2012. Disponível em: <https://rieoei.org/historico/deloslectores/4689Werner.pdf>. Acesso em: 21 de mar. de 2020.

SANTOS, A. C.; FERNANDES, F. S.; SILVA, J. B. O uso de laboratórios online no ensino de ciências: uma revisão sistemática da literatura. **ScientiaTec**, v. 4, n. 1, p. 143-159, 2017. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjFhMXNwdrqAhVtIrkGHYxeCIMQFjAAegQIBBAB&url=https%3A%2F%2Fperiodicos.ifrs.edu.br%2Findex.php%2FScientiaTec%2Farticle%2Fview%2F2196%2Fpdf&usg=AOvVaw3BWJIAS4V0mfHtpOplyOee>. Acesso em: 24 de junho de 2020.

SARAIVA-NEVES, Margarida; CABALLERO, Concesa; MOREIRA, Marco Antonio. Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula - um estudo exploratório. **Investigações em ensino de ciências**, v. 11, n. 3, p. 383-401, 2006. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/490>. Acesso em: 19 de junho de 2020.

SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, António Dias. O papel da experimentação no ensino da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, 2003, p. 30-42. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/6560/6046>. Acesso em: 24 de mar. de 2020.

SCHUHMACHER, Vera Rejane Niedersberg; ALVES FILHO, José de Pinho; SCHUHMACHER, Elcio. As barreiras da prática docente no uso das tecnologias de informação e comunicação. **Ciência e Educação (Bauru)**, v. 23, n. 3, p. 563-576, 2017. Disponível em:

[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132017000300563&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132017000300563&script=sci_arttext). Acesso em: 25 de fevereiro de 2021.

SHOR, Molly H.; BOHUS, Carisa; ATKAN, Burçin. Second Best to Being There: An Historical Perspective. *In: ZUBÍA, Javier García; ALVES, Gustavo R. (Ed.). Using remote labs in education: two little ducks in remote experimentation*. Bilbao: University of Deusto, 2011, p. 27-52.

SHULMAN, Lee S. Knowledge and teaching: foundations of the new reform. **Harvard Educational Review**, Cambridge, v. 57, n. 1, p. 1-22, 1987.

SHULMAN, Lee S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, Washington, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

SIEVERS JUNIOR, Fretz; GERMANO, José Silvério E.; ALMEIDA, Felipe de. WEBLAB – Um laboratório remoto para experimentos de Física. *In: XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 2007. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/670>. Acesso em: 21 de agosto de 2019.

SILVA, Maria da Graça Moreira. Mobilidade e construção do currículo na cultura digital. *In: ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini de; DIAS, Paulo; SILVA, Bento Duarte da (organizadores). Cenários de inovação para a educação na sociedade digital*. São Paulo: Edições Loyola, 2013, p. 123 - 136.

SILVA, Juarez Bento da. **A utilização da experimentação remota como suporte para ambientes colaborativos de aprendizagem**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Gestão do Conhecimento). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88357>. Acesso em: 04 de setembro de 2019.

SILVA, Silvio Luiz Rutz da; ORKIEL, Edenioson. Recursos tecnológicos e ensino de física: estudo do movimento bidimensional com o auxílio do programa Tracker. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. Extra, p. 1429-1433, 2017. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/337011/0>. Acesso em: 19 de junho de 2020.

SILVA, Thiago Henrique dos Santos da. **Uma proposta experimental controlada remotamente para uma abordagem interdisciplinar no ensino de Matemática e Física**. 2016. Dissertação (Mestrado profissional em ensino de Ciências). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/752>. Acesso em: 03 de abr. de 2020.

SIMÃO, José Pedro Schardosim; LIMA, João Paulo; ROCHADEL, Willian; SILVA, Juarez Bento. Utilização de experimentação remota móvel no ensino médio. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 11, n. 1, 2013. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/renote/article/view/41701>. Acesso em: 14 de julho de 2020.

SOUSA, Robson Simplicio de; GALIAZZI, Maria do Carmo. O jogo da compreensão na análise textual discursiva em pesquisas na educação em ciências: revisitando quebra-cabeças e mosaicos. **Ciência e Educação (Bauru)**, v. 24, n. 3, p. 799-814, 2018. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132018000300799&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132018000300799&script=sci_arttext). Acesso em: 06 de julho de 2020.

SOUZA, Jéssica Miranda e. **Um estudo sobre um experimento controlado remotamente sobre radiações ionizáveis no contexto do ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/1200>. Acesso em: 19 de setembro de 2019.

VAN DRIEL, Jan H; VERLOOP, Nico; VOS, Wobbe de. Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. **Journal of Research in Science Teaching**, Vol. 35, n. 6, p. 673-695, 1998.

VALENTE, José Armando. As tecnologias e as verdadeiras inovações na educação. *In*: ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini de; DIAS, Paulo; SILVA, Bento Duarte da (organizadores). **Cenários de inovação para a educação na sociedade digital**. São Paulo: Edições Loyola, 2013, p. 35-46.

VANIEL, Berenice Vahl; HECKLER, Valmir; ARAÚJO, Rafael Rodrigues de. Investigando a inserção das TIC e suas ferramentas no ensino de física: estudo de caso de um curso de formação de professores. *In*: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF**, Manaus, 2011. Atas [...], Manaus: Sociedade Brasileira de Física, 2011. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/968/Investigando%20a%20inser%20c3%a7%20a%20das%20TIC%20e%20suas%20ferramentas%20no%20ensino%20de%20F%20f%20c3%a7%20estudo%20de%20um%20curso%20de%20forma%20c3%a7%20a%20de%20professores.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 de junho de 2020.

VILELA-RIBEIRO, Eveline Borges; COSTA, Lorena Silva Oliveira; LIMA-RIBEIRO, Matheus de Souza; BENITE, Anna Maria Canavaro. O ensino de ciências no contexto das transformações contemporâneas. **Revista Didática Sistemática**, v. 8, p. 153-161, 2008. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/redsis/article/view/1300>. Acesso em: 21 de mar. de 2020.

WINTER, Othon Cabo; PRADO, Antonio Fernando Bertachini de Almeida (org.). **A conquista do espaço: do Sputnik à missão centenário**. Editora Livraria da Física, 2007.

## REFERÊNCIAS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- ALMEIDA JR., Jose Neres de. **Proposta para uma abordagem de ambiente remoto para estudo de superposição de cores**. 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=4326073](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=4326073). Acesso em: 15 de julho de 2019.
- ASSENSO, RAFAEL. **Ensino de física por meio de atividades de ensino investigativo e experimentais de astronomia no ensino médio**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Universidade Federal do ABC, Santo André. 2017.
- CARDOSO, Dayane Carvalho. **A descoberta do elétron como tema gerador de um ensino de física mediado por experimentação remota**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=4239057](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=4239057). Acesso em: 15 de julho 2019.
- HECK, Carine. **Integração de tecnologia no ensino de Física na educação básica: um estudo de caso utilizando a experimentação remota móvel**. 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Informação e Comunicação). Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/179798>. Acesso em: 19 de junho de 2020.
- PALADINI, Suenoni. **Experimentação remota como suporte a ambientes de aprendizagem de física**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/91136>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2021.
- RIBEIRO, Ney Candido da Silva. **Potencialidades e limitações de laboratórios remotos: um estudo a partir de Bachelard**. 2018. Dissertação (Mestrado em educação em Ciências). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/1872>. Acesso em: 03 de abr. de 2020.
- RODRIGUES, Lorena Barbosa. **A aprendizagem ativa por meio da experimentação remota: um estudo da calorimetria**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/19775>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2021.
- SIEVERS JUNIOR, Fretz. **Weblab - um ambiente de laboratório de acesso remoto educacional**. Tese (Doutorado em Engenharia Eletrônica e Computação). Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2011.
- SILVA, Raiane Silveira da. **Análise do Uso de Laboratórios de Experimentação Remota como Ferramenta de Apoio a Aprendizagem**. 2015. Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional de Sistemas). Universidade Federal de Tocantins, Palmas, 2015. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=3509578](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3509578). Acesso em: 15 de julho 2019.

SIM, Amira Amaral. **Experimento de física controlado remotamente:** uma avaliação sobre processo de ensino e de aprendizagem. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138074/sim\\_aa\\_me\\_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138074/sim_aa_me_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y). Acesso em: 19 de junho de 2020.

## APÊNDICE A

### 1. PRIMEIRO EIXO DA ENTREVISTA

**Objetivo central:** Conhecer o sujeito da pesquisa, o contexto no qual presenciou ou realizou alguma prática educativa que fez uso do laboratório remoto e levantar aspectos da dinâmica dessa utilização.

- Apresentação do licenciando ou professor (nome; idade; período da graduação ou ano de formação).
  - Atua ou atuou como professor? Por quanto tempo?
  - Qual é (era) o contexto das escolas em que você atua (atuou) com relação à infraestrutura? As escolas oferecem laboratório de ciências, laboratório de informática, acesso à internet?
  
- Você acha importante o uso de atividades experimentais no ensino de Física? Por quê?
  - Com que frequência você faz uso delas no seu trabalho docente? Quais as dificuldades para o uso das atividades experimentais hoje?
  
- As tecnologias trouxeram novos recursos para o mundo educacional, inclusive recursos para áreas específicas do conhecimento como é o caso da Física. Você faz uso de recursos tecnológicos em seu trabalho docente? Em que tipo de atividade?
  - Você teve uma formação (inicial ou continuada) para uso de tecnologias? Como foi essa formação?
  - Com essa formação você se sente preparado para inseri-las no processo de ensino e aprendizagem dos seus alunos? Por quê?
  
- Como você conheceu os experimentos controlados remotamente?

- Você já utilizou ou observou alguma atividade na educação básica que fez uso do LR? (Planejou? Aplicou? Observou?) Como foi a dinâmica de utilização do experimento?
  - Teve alguma dificuldade no planejamento e/ou na aplicação? Quais foram?
- Hoje você planejava de outra forma?

## 2. SEGUNDO EIXO DA ENTREVISTA

**Objetivo central:** Investigar que elementos os professores e licenciandos de Física consideram essenciais para utilização dos laboratórios remotos e como compreendem a potencialidade de uso dos experimentos remotos.

- O que você considera necessário para um bom uso dos laboratórios remotos? O que o professor deve saber ou fazer para aproveitar o potencial do recurso?
- Com que objetivo você faria uso dos laboratórios remotos no ensino de Física? Em que momento do seu planejamento você optaria pelo uso do laboratório remoto e não por outro recurso?
- Que papel os laboratórios remotos podem assumir na aprendizagem da Física? Que habilidades ou conhecimentos na aprendizagem da Física os LR podem proporcionar aos estudantes?
- Que limitações os laboratórios remotos podem apresentar à aprendizagem da Física?
- Por serem experimentos reais, os laboratórios remotos proporcionam muitas vezes a alteração e a leitura de parâmetros que podem apresentar aos alunos a natureza como é, de forma não idealizada. Acha importante trabalhar esses elementos com eles? Por quê?
- Alguns autores apresentam que, embora as tecnologias proporcionem recursos que facilitam a vida do professor e do aluno, o seu potencial não está em facilitar, mas em proporcionar a construção do conhecimento. Para você, como utilizar os laboratórios remotos com esta finalidade?

- Os laboratórios remotos têm sido apontados como uma das maneiras de suprir as demandas por recursos no ensino de Ciências e, embora possam ser acessados nos sete dias da semana por vinte e quatro horas por dia, eles apresentam uma nova dinâmica. Qual o papel do professor nessa nova dinâmica?
- A partir do seu contexto ou das experiências que teve (tem) em sala de aula, você considera a utilização do laboratório remoto com mais frequência na educação básica? Por quê?
- Nós muitas vezes convivemos com diferentes realidades, escolas com uma estrutura muito boa, outras sem condições mínimas. Como proporcionar um ensino de qualidade e que se adeque às diferentes realidades educacionais?