

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE FÍSICA**

**UM ESTUDO SOBRE A TRANSPOSIÇÃO DE ATIVIDADES  
CENTRADAS NA MODELAGEM DIDÁTICO-CIENTÍFICA EM UM  
CONTEXTO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA**

**CHARLES XAVIER RABELO**

**Porto Alegre  
2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE FÍSICA**

**UM ESTUDO SOBRE A TRANSPOSIÇÃO DE ATIVIDADES  
CENTRADAS NA MODELAGEM DIDÁTICO-CIENTÍFICA EM UM  
CONTEXTO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA**

**CHARLES XAVIER RABELO**

Dissertação apresentada ao instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física, sob orientação dos professores Dr. Leonardo Albuquerque Heidemann e Dr. Ives Solano Araujo.

**Porto Alegre  
2019**

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Leonardo Albuquerque Heidemann, pela dedicação, compreensão e excepcional orientação durante todo o mestrado.

Ao professor Ives Solano Araujo, pelas valorosas contribuições a este trabalho.

Aos demais professores do PPGEnFis da UFRGS, Eliane Veit, Neusa Massoni, Alexsandro Pereira, Claudio Cavalcanti, Fernanda Ostermman, pelos ensinamentos e pela ética que sempre demonstraram.

À Tobias Espinosa de Oliveira, pela paciência e pelas discussões teóricas que muito ajudaram a melhorar o entendimento do referencial teórico desta pesquisa.

À Alexandre Junges, pela amizade e discussões filosóficas.

Aos demais colegas, Renato Félix, Ricardo Rangel, Felipe Selau, Daniel Freitas, Elkin Vera, Terrimar Pasqualetto, Vagner Oliveira, Luiz Rosa, Matheus Monteiro, Nathan Willig e Laís Gedoz, pelas conversas e debates que contribuíram para minha formação.

Aos funcionários do Instituto de Física da UFRGS, em especial à Cida, pela atenção e presteza com que me atendeu sempre que foi necessário.

A todos os alunos que foram sujeitos de pesquisa, pelo empenho e boa vontade demonstrados.

Ao Colégio de Aplicação da UFRGS, em especial ao professor Rafael Brandão, por permitir e auxiliar na coleta de dados desta pesquisa.

À CAPES, pelo auxílio financeiro sem o qual este mestrado não seria possível.

À minha mãe, Regina de Souza Xavier, por ter sempre me apoiado e por ter me ensinado a valorizar os estudos.

À minha esposa, Lídice Copstein Wainberg, por todo o amor que tem por mim e por compartilhar diversos sonhos, inclusive este.

## RESUMO

A literatura da área de ensino de Física vem apontando críticas às atividades experimentais tradicionalmente desenvolvidas nos laboratórios didáticos há bastante tempo. Diversas metodologias foram desenvolvidas para que tais atividades sejam melhor fundamentadas teórico e epistemologicamente. Poucos estudos, no entanto, investigam como tais metodologias são transpostas para as salas de aulas quando licenciandos buscam implementá-las em aulas de Física. Inserida nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo investigar o processo de transposição didática de uma metodologia de ensino para atividades experimentais para a Educação Básica. Em particular, analisamos a transposição da metodologia de Episódios de Modelagem, cujo âmago está na promoção de situações aos estudantes que envolvam, em algum nível, a construção, o uso e a validação de modelos científicos. Pretende-se, assim, contribuir para a construção de uma alternativa para tornar as atividades experimentais de Física nas escolas mais investigativas, promovendo uma aproximação dos estudantes com o conhecimento científico por meio de uma postura ativa na construção de argumentos baseados em modelos científicos. Buscamos responder a seguinte questão geral de pesquisa: *Como licenciandos em Física transpõem a metodologia de Episódios de Modelagem para o Ensino Médio?* Para tanto, realizamos um estudo de caso exploratório, na perspectiva de Robert Yin, com estudantes de licenciatura de uma disciplina de graduação sobre a experimentação no ensino de Física. Adotando a Teoria Antropológica do Didático de Yves Chevallard (1999) como referencial teórico: *i.* identificamos as tarefas e técnicas que os licenciandos participantes planejam para seus alunos e implementam quando conduzem Episódios de Modelagem na Educação Básica, assim como os discursos racionais (tecnologias e teorias) mobilizados por eles quando justificam e/ou geram tais tarefas e técnicas; *ii.* comparamos o planejamento da atividade com a implementação realizada pelos licenciandos com estudantes da Educação Básica; e *iii.* analisamos o planejamento e a implementação da atividade sob a perspectiva da fundamentação teórica que pauta a metodologia de Episódios de Modelagem. Como resultado, destaca-se que elementos centrais da fundamentação teórica da metodologia de Episódios de Modelagem, como o enfoque na modelagem científica, não repercutiram no planejamento e na implementação das atividades. Identificou-se, no entanto, atenção dos licenciandos com: *i.* a problematização das atividades, propiciando que os estudantes dessem sentido à investigação realizada; *ii.* a correspondência entre as etapas da atividade realizada e as preconizadas na metodologia de Episódios de

Modelagem; e *iii.* a legitimação das suas ações, buscando a aprovação dos estudantes da Educação Básica.

**Palavras-chave:** Episódios de Modelagem, Formação de Professores, Teoria Antropológica do Didático.

## ABSTRACT

The literature of the field of Physics Education has been criticizing the experimental activities traditionally developed in didactic laboratories for a long time. Several methodologies have been developed for such activities to be better founded theoretically and epistemologically. Few studies, however, investigate how such methodologies are transposed to classrooms when graduates seek to implement them in physics classes. Inserted in this context, this research aims to provide and investigate the process of didactic transposition of a teaching methodology for experimental activities for Basic Education. In particular, we analyze the transposition of the Modeling Episode methodology, whose core is the promotion of situations for students that involve, at some level, the construction, use and validation of scientific models. The aim is to contribute to the construction of an alternative to make the experimental activities of Physics in schools more investigative, promoting an approximation of students with scientific knowledge through an active stance in the construction of arguments based on scientific models. We seek to answer the following general research question: How do Physics graduates transpose the methodology of Modeling Episodes for High School? To do so, we conducted an exploratory case study, from the perspective of Robert Yin, with undergraduate students of a undergraduate course on experimentation in Physics teaching. Adopting Yves Chevallard's (1999) Anthropological Theory of the Didactic as a theoretical frame: i. we identify the tasks and techniques that the participating undergraduate students plan for their students and implement when conducting Modeling Episodes in Basic Education, as well as the rational discourses (technologies and theories) mobilized by them when they justify and / or generate such tasks and techniques; ii. we compared the planning of the activity with the implementation carried out by the undergraduate students with students of Basic Education; and iii. we analyze the planning and implementation of the activity from the perspective of the theoretical foundation that guides the Modeling Episodes methodology. As a result, it is emphasized that central elements of the theoretical basis of the Modeling Episode methodology, such as the focus on scientific modeling, did not influence the planning and implementation of the activities. However, it was identified the attention of the undergraduate students with: i. the problematization of activities, allowing the students to make sense of the research carried out; ii. the correspondence between the stages of the activity performed and those recommended in the Modeling Episodes methodology; and iii. the legitimation of their actions, seeking the approval of students of Basic Education.

**Keywords:** Modeling Episodes, Teacher Training, Anthropological Theory of the Didactic.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>ESTUDOS ANTERIORES.....</b>	<b>16</b>
	2.1 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E MODELAGEM CIENTÍFICA NO ENSINO DE FÍSICA E NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES...16	
	2.2 A TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO.....	20
	2.3 IMPLICAÇÕES PARA A PESQUISA.....	24
<b>3</b>	<b>EPISÓDIOS DE MODELAGEM.....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA DE PESQUISA.....</b>	<b>34</b>
	5.1 PRÉ PLANEJAMENTO.....	37
	5.2 PLANEJAMENTO.....	42
	5.3 IMPLEMENTAÇÃO.....	44
	5.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	45
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
	6.1 ORGANIZAÇÃO PRAXEOLÓGICA PLANEJADA.....	46
	6.2 ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO PRAXEOLÓGICA PLANEJADA: UM EPISÓDIO DE MODELAGEM SEM MODELAGEM?.....	57
	6.3 ORGANIZAÇÃO PRAXEOLÓGICA IMPLEMENTADA.....	60
	6.4 ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO PRAXEOLÓGICA IMPLEMENTADA.. .....	65
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>67</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>
	<b>APÊNDICE I - TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO .....</b>	<b>76</b>
	<b>APÊNDICE II - TERMO DE ASSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO.. .....</b>	<b>77</b>



<b>ANEXO I - TAREFA DE LEITURA DO EPISÓDIO DE MODELAGEM</b>	
<b>“RESFRIAMENTO DE SISTEMAS”.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO II - TAREFA DE LEITURA DA ATIVIDADE DESENVOLVIDA PELOS LICENCIANDOS.....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO III - GUIA DA ATIVIDADE DESENVOLVIDA PELOS LICENCIANDOS....</b>	
<b>.....</b>	<b>80</b>

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Quantidade de disciplinas cursadas por licenciando até o semestre 2016/2, com os respectivos conceitos.....	35
---	----

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Período de duração das etapas da disciplina Instrumentação para Laboratório.....	36
Quadro 2 - Momentos do Pré Planejamento e suas datas.....	41
Quadro 3 - Momentos do planejamento e suas datas.....	44
Quadro 4 - Momentos da implementação e suas datas.....	44
Quadro 5 - Relações entre os instrumentos de coleta de dados e as variáveis que foram mensuradas.....	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estudantes apresentando seus resultados ao final de um Episódio de Modelagem .....	28
Figura 2 - Representação esquemática de como deveria ficar o circuito após o LED ser inserido.....	55
Figura 3 - Gráfico da tensão pela corrente elétrica em LED.....	56
Figura 4 - Gráfico da Tensão x corrente construído por um grupo de estudantes de Ensino Médio.....	62
Figura 5 - Quadro branco construído por um dos grupos de estudantes de Ensino Médio.....	63

# 1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física, tanto na Educação Básica como na Superior, costuma ser centrado na resolução de problemas que, para muitos estudantes, pouco se relacionam com suas vivências, possuindo sentido restrito ao contexto educacional. As questões propostas nos livros-texto de Física frequentemente fazem referência apenas a eventos previamente idealizados, envolvendo partículas pontuais, superfícies sem atrito, fluidos sem viscosidade etc. Essas costumam ser situações incomuns e sem propósito, do ponto de vista inicial dos estudantes, favorecendo que construam a concepção de que as teorias físicas remetem a um mundo particular desvinculado da realidade que os cerca. Pouco familiarizados com problemas que envolvem a construção, exploração e/ou validação dos modelos subjacentes, os alunos enfrentam dificuldades para mobilizar conhecimentos científicos quando se envolvem com problemas cotidianos e/ou se posicionam em questões sociocientíficas relacionadas, por exemplo, com aquecimento global e matriz energética. Esses problemas, de modo distinto dos tratados nos livros-texto tradicionais, demandam o uso de conceitos e teoremas científicos para representar eventos não simplificados, onde inúmeros fatores influenciam das mais diversas formas.

Diferentes pesquisadores defendem o enfoque na modelagem científica como uma alternativa para modificarmos esse cenário, ou seja, como uma forma de promover a vinculação de teorias e realidade no ensino de Física (KNEUBIL, 2016; HEIDEMANN, ARAUJO & VEIT, 2016a; BRANDÃO, 2012; GILBERT, 2004; JUSTI, 2006; HALLOUN, 2007; MATTHEWS, 2007). Indo ao encontro dessas ideias, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) destacam a importância da modelagem quando afirmam que:

*É essencial também trabalhar com modelos, introduzindo-se a própria ideia de modelo [...] Para isso, os modelos devem ser construídos a partir da necessidade explicativa de fatos [...] A Física percebida enquanto construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos, como o modelo geocêntrico, substituído pelo heliocêntrico, a teoria do calórico pelo conceito de calor como energia, ou a sucessão dos vários modelos explicativos para a luz (PCNEM, PARTE III, 1999, p. 25-27).*

Caracterizando uma preocupação com a modelagem científica no processo de ensino-aprendizagem, os redatores dos PCNEM empregam a palavra “modelo” 38 vezes no documento. Além disso, propõem que a seguinte competência seja desenvolvida pelos

estudantes na área de Física: “*Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões*” (PCNEM, PARTE III, 1999, p. 29). Desse modo, é notória a ênfase dada pelos PCNEM ao processo de modelagem científica.

Alinhada com essas concepções, esta pesquisa se insere em um programa de pesquisa maior do Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) cujo objetivo é promover a vinculação entre teoria e prática no ensino de Física por meio da modelagem científica. Mais especificamente, pretende-se investigar fundamentos teóricos, epistemológicos e metodológicos voltados para a realização de um ensino de Física que possibilite aos estudantes tornarem-se capazes de construir suas próprias representações de eventos reais amparados em teorias científicas, ou seja, tornem-se capazes de construir, explorar e/ou validar modelos científicos.

Os trabalhos desenvolvidos mais recentemente no programa de pesquisa que engloba esta investigação resultaram na construção do referencial teórico que fundamenta a investigação desenvolvida nesta dissertação: a Modelagem Didático-Científica (BRANDÃO, ARAUJO & VEIT, 2011; HEIDEMANN, ARAUJO & VEIT, 2016a). Defende-se que a modelagem científica, entendida como o processo de construção, uso e validação de modelos científicos na acepção de Mario Bunge (1974), pode ser compreendida como um campo conceitual subjacente aos campos conceituais da Física, englobando, por exemplo, situações e invariantes operatórios compreendidos sob a perspectiva de Gerard Vergnaud (2009). Foram realizados estudos com o intuito de identificar os conhecimentos de referência que os estudantes precisam mobilizar em ação para construir, explorar e/ou validar versões didáticas de modelos científicos, denominadas de modelos didático-científicos (BRANDÃO, ARAUJO & VEIT, 2011; HEIDEMANN, ARAUJO & VEIT, 2016a). Como pressuposto, foi assumido que os estudantes, para enfrentarem problemas menos idealizados, precisam mobilizar, além de conhecimentos sobre os campos conceituais da Física (por exemplo, sobre Termodinâmica e Eletromagnetismo), conhecimentos (conceitos e teoremas-em-ação) especificamente associados com o processo de modelagem científica. Esses estudos identificam conceitos e teoremas de referência do campo conceitual da modelagem didático-científica. Entre esses conceitos estão, por exemplo, os de *idealização, aproximação, teoria geral, modelo teórico, domínio de validade e grau de precisão*. Entre os teoremas, “*Delimitar*

*objetos e eventos reais, ou supostos como tais, que compõem o sistema físico e sua vizinhança e que serão alvo de representação”* é um exemplo de invariante operatório identificado.

Investigações foram realizadas com o intuito de avaliar os impactos de atividades delineadas com base na Modelagem Didático-Científica no ensino de Física (BRANDÃO, 2012; HEIDEMANN, 2015; SELAU, 2017; SILVA, 2018). Em estudos recentes (HEIDEMANN, 2015; HEIDEMANN, ARAUJO & VEIT, 2016a; 2018), centrados especificamente nas aulas de laboratório de Física, este referencial teórico foi expandido e foi desenvolvida uma metodologia de ensino para fomentar atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica. Intitulada Episódios de Modelagem (EM), é uma metodologia para o delineamento, a execução e a avaliação de atividades experimentais que: i) demandam uma postura ativa dos estudantes, possibilitando o desenvolvimento de competências relacionadas com a criação de questões de pesquisa, o delineamento de experimentos, a execução crítica de operações empíricas e a análise de dados experimentais, e ii) evidenciam aspectos importantes do processo de modelagem científica, dando oportunidade para que os estudantes construam concepções não ingênuas sobre a natureza da Ciência.

Pesquisas sobre os Episódios de Modelagem desenvolvidas pelo Grupo de Pesquisa em Ensino do Instituto de Física da UFRGS têm evidenciado bons resultados em disciplinas experimentais em cursos superiores. Os estudos mostram que tal metodologia possibilita, por exemplo, que os estudantes: i) construam sentimentos positivos (atitudes favoráveis) em relação às atividades experimentais (HEIDEMANN, 2015; SELAU, 2017), ii) construam concepções sobre a natureza da Ciência mais críticas e alinhadas com concepções epistemológicas contemporâneas (HEIDEMANN, 2015), iii) evoluam em suas crenças de auto-eficácia (SELAU, 2017), e iv) desenvolvam habilidades argumentativas (HEIDEMANN, 2015). Desse modo, os Episódios de Modelagem se credenciam como uma metodologia promissora para ser utilizada também na Educação Básica, contexto esse que carece de abordagens didáticas mais ativas e reflexivas. Cabe ressaltar, no entanto, que a cultura escolar apresenta especificidades que a diferencia da cultura universitária. São compartilhadas crenças, valores e normas nas escolas distintas das legitimadas nas universidades. Por isso, é

fundamental que os Episódios de Modelagem passem por um processo de transposição para a Educação Básica.

Frente a isso, o objetivo geral desta pesquisa é:

*Investigar o processo de transposição didática da metodologia Episódios de Modelagem para a Educação Básica, identificando elementos pertinentes para a construção de uma alternativa para tornar as atividades experimentais de Física nas escolas mais investigativas, promovendo uma aproximação dos estudantes com o conhecimento científico por meio de uma postura ativa na construção de argumentos baseados em modelos científicos.*

Como um primeiro passo para se alcançar tal objetivo, foi realizado um estudo exploratório em uma disciplina obrigatória da licenciatura em Física da UFRGS intitulada “Instrumentação para Laboratório”. Nela, foram debatidos, por meio da leitura de artigos e discussões em aula, aspectos epistemológicos e metodológicos das atividades experimentais. Além disso, foi solicitado aos licenciandos que planejassem e implementassem um Episódio de Modelagem voltado para estudantes do Colégio de Aplicação (CAp) da UFRGS. A questão norteadora da pesquisa, que guiou a análise dos dados coletados nas atividades dessa disciplina, foi:

*Como licenciandos em Física transpõem a metodologia de Episódios de Modelagem para o Ensino Médio?*

O referencial teórico-metodológico que guiou o estudo foi a Teoria Antropológica do Didático (TAD), de Yves Chevallard (CHEVALLARD, 1999), que propõe que toda atividade humana regular pode ser entendida como uma praxeologia, constituída por conjuntos de *tarefas* que demandam *técnicas* para serem realizadas. Essas técnicas são geradas, explicadas e/ou justificadas por discursos racionais que Chevallard denomina de *tecnologias*<sup>1</sup>, que por sua vez podem ser geradas, explicadas e/ou justificadas por *teorias*. O conjunto desses quatro elementos forma uma Organização Praxeológica (OP). Nessa perspectiva, fizemos um estudo de caso exploratório inicial no qual foram levantadas proposições teóricas a serem testadas em

---

<sup>1</sup> Usando a concepção de Chevallard para o termo tecnologia, adotamos o sentido etimológico da palavra. Do grego, tecnologia remete ao estudo (*logos*) da técnica (*tecné*).



estudos futuros, seguindo as orientações metodológicas de Yin (2015). Buscamos responder particularmente as seguintes questões:

*Quais tarefas e técnicas foram propostas por licenciandos no planejamento e implementação de atividades experimentais ao buscar transpor Episódios de Modelagem, voltados para o Ensino Superior, para a Educação Básica? Que discursos tecnológicos são evocados para justificar, explicar e/ou gerar essas técnicas?*

*As organizações praxeológicas planejada e implementada pelos licenciandos quando desenvolvem um Episódio de Modelagem na Educação Básica apresentam diferenças importantes entre si? Quais? Por quê?*

No Capítulo 2 é apresentada uma breve discussão sobre estudos anteriores que fundamentaram esta pesquisa, com os temas: i) Atividades experimentais no ensino de Física; ii) A Teoria Antropológica do Didático aplicada ao ensino de Física. No terceiro capítulo são explicados os fundamentos teóricos e epistemológicos dos Episódios de Modelagem, com exemplos de aplicações no Ensino Superior. No Capítulo 4 abordamos a Teoria Antropológica do Didático e suas implicações para este estudo. Em seguida, no Capítulo 5, justificamos a escolha da metodologia de estudo de caso exploratório na acepção de Robert Yin (2015) como metodologia da pesquisa. No Capítulo 6, são apresentados os resultados encontrados na análise dos dados coletados e os discutiremos. No último capítulo, concluímos esta dissertação com considerações finais sobre os resultados e perspectivas para estudos futuros.

## 2 ESTUDOS ANTERIORES

### 2.1 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E MODELAGEM CIENTÍFICA NO ENSINO DE FÍSICA E NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

A forma como experimentos são tradicionalmente explorados nas salas de aula é frequentemente criticada por muitos pesquisadores (e.g. HODSON, 1994; TRUMPER, 2003; CARVALHO & GIL-PÉREZ, 2011; BORGES, 2002). As aulas de laboratório de Física comumente envolvem a realização de uma série de passos preestabelecidos em roteiros fortemente dirigidos, fomentando uma postura passiva por parte dos alunos, sem refletir suficientemente sobre os fundamentos teóricos que sustentam suas ações (HODSON, 1994; HEIDEMANN, 2015). Tornam-se assim atividades descontextualizadas, sem propósito e desmotivantes. Por outro lado, diversos estudos corroboram a concepção de que experimentos de laboratório podem contribuir positivamente de variadas formas para o ensino de Física ao:

- i. Oportunizar uma conexão entre conceitos científicos discutidos em sala de aula e em livros-texto com observações de um fenômeno ou sistema (e.g. HODSON, 1994; HOFSTEIN & LUNETTA, 2004);
- ii. Possibilitar a superação de concepções empiristas-indutivistas ingênuas (e.g., HEIDEMANN, 2015), possibilitando o desenvolvimento de concepções mais sofisticadas sobre o fazer científico (GARCÍA-CARMONA & ACEVEDO-DÍAZ, 2018; MACHADO & BRAGA, 2016);
- iii. Promover a aquisição de habilidades práticas e técnicas de laboratório (e.g., HOFSTEIN & LUNETTA, 2004; HEIDEMANN, 2011);
- iv. Incentivar a argumentação lógica baseada em evidências (e.g., HOFSTEIN & LUNETTA, 2004; HESTENES, 2006);
- v. Influenciar a atitude dos alunos, aumentando o interesse pela Ciência (e.g., HOFSTEIN & LUNETTA, 2004; ABRAHAMS & SAGLAM, 2010; BAROLLI, LABURÚ & GURIDI, 2010; MONTINO et al., 2011);
- vi. Promover relações sociais colaborativas (e.g., LOUCA & ZACHARIA, 2012; BREWE et al., 2010; GASPAR, 2004).

Para atingir melhores resultados com atividades experimentais, é preciso que elas ofereçam oportunidades de reflexão aos estudantes sobre os seus objetivos e suas práticas no laboratório didático (HODSON, 1994; HOFSTEIN & LUNETTA, 2004). Consideramos,

fundamentados em resultados encontrados na literatura, que um ensino focado no processo de modelagem tem potencial para fomentar essa reflexão.

Diversos pesquisadores em ensino de ciências se interessaram pelo papel que a modelagem pode ter no processo de ensino aprendizagem (e. g. CLEMENT, 2000; GRECA & MOREIRA, 2002; GILBERT, 2004; JUSTI, 2006; HALLOUN, 2007; MATTHEWS, 2007). Contudo, antes de prosseguirmos, é preciso esclarecer o significado atribuído ao termo modelo nesta pesquisa. Existem dois tipos distintos de enfoques dados ao processo de modelagem na literatura. O primeiro deles está centrado nos modelos mentais (KRAPAS et al., 1997; GRECA & MOREIRA, 2000), que, por serem construídos na estrutura cognitiva dos indivíduos, possuem aspectos não explicitáveis e, assim, não podem ser plenamente compartilhados. O segundo é voltado para os modelos científicos, que são modelos compartilhados e legitimados por uma comunidade e, por isso, podem ser completamente explicitados e discutidos socialmente (OH & OH, 2011; LOUCA & ZACHARIA, 2012). Nesta dissertação, quando utilizamos o termo modelo, estamos nos referindo aos modelos científicos.

Não existe consenso entre filósofos da ciência (e.g., BUNGE, 1974; CARTWRIGHT, 1983; GIÈRE, 2004) sobre o significado do termo modelo ou sobre o processo de modelagem. No entanto, costuma-se entender nesse âmbito que um modelo é uma simplificação da realidade, e não raramente os modelos são tratados como “pontes”, ou seja, mediadores, entre teoria e realidade.

A literatura aponta, no entanto, que os estudantes têm dificuldades de compreender o caráter representacional e mediador que os modelos possuem, apresentando também dificuldades para refletirem sobre suas limitações, enxergando-os como cópias de um evento da realidade (COOL & LAJIUM, 2011; HENZE, VAN DRIEL & VERLOOP, 2007). Um dos fatores que contribuem para isso é a excessiva fragmentação dos conhecimentos durante as aulas, o que não permite que os estudantes visualizem a complexa rede de modelos que forma a ciência (GILBERT, 2004; DEVELAKI, 2007; BREWE, 2008).

É preciso que fique claro que os trabalhos que promovem o ensino centrado na modelagem não sugerem que se deve almejar um ensino de Física que possibilite que os

estudantes aprendam a modelar de forma idêntica aos cientistas (BRANDÃO, 2010). Como destaca Chevallard (1991), o saber sábio, aquele construído pelos cientistas, sofre um processo de transposição didática para se transformar em saber a ensinar. Desse modo, os modelos abordados em sala de aula são versões dos modelos compartilhados pelos cientistas que passaram por uma transformação epistemológica. Essas versões didáticas recebem vários nomes na literatura. Por exemplo, são denominados por autores como modelos curriculares (GILBERT, 2004; JUSTI, 2006), modelos conceituais (GRECA & MOREIRA, 2002) e modelos didático-científicos (BRANDÃO, ARAUJO & VEIT, 2011).

Justi (2006) argumenta que um ensino focado na modelagem pode alcançar as três finalidades básicas para o ensino de Ciências estabelecidas por Hodson (1992), quais sejam: *aprender ciência, aprender sobre ciência e aprender a fazer ciência*. Para isso, é preciso mais do que possibilitar que os estudantes desenvolvam e explorem modelos. É essencial também que reflitam sobre o papel da modelagem no conhecimento científico, desenvolvendo concepções epistemológicas mais sofisticadas (LEDERMAN, 2006; KOPONEN, 2007).

No âmbito da formação de professores, que constitui o contexto do caso estudado nesta pesquisa, existem trabalhos que procuram investigar concepções e ações de professores com enfoque na experimentação e na modelagem científica. Pesquisas recentes apontam que, para uma série de professores, *“a aula experimental é, sem dúvida, concebida como construtivista e a mais adequada para ensinar e aprender”* (PACCA & SCARINCI, 2011; BRANDÃO, 2010). Entretanto, ao serem indagados sobre as características de uma boa aula de laboratório, é comum que considerem necessário um roteiro com todas as etapas bem descritas, cabendo ao estudante a tarefa de seguir essas etapas para atingir o principal objetivo da atividade: a comprovação de leis e teorias científicas (BRANDÃO, 2010). Essas respostas evidenciam que esses docentes compartilham uma concepção epistemológica pouco sofisticada, visto que teorias científicas não são comprovadas em laboratórios, e sim corroboradas empiricamente (BUNGE, 1974; FEYERABEND, 1977; KUHN, 1987).

Fica clara a necessidade de que professores reflitam sobre questões da natureza da ciência em contextos particularmente vinculados com o laboratório didático de Física durante a sua formação, pois tais reflexões contribuem *“para um entendimento mais integral da matéria científica ao colaborar para a superação da falta de significação nas salas de aula*

*de ciências, onde equações são recitadas sem que muitos cheguem ao que significam* (DAMASIO & PEDUZZI, 2015, p. 122). Podemos inferir das concepções ingênuas identificadas nas ideias dos professores sobre atividades experimentais que estas reflexões precisam ser mais aprofundadas, possibilitando que os docentes de Física construam ideias mais sofisticadas sobre o papel da experimentação no ensino de Ciências.

Um dos responsáveis apontados na literatura para a falta de profundidade das reflexões dos professores sobre os objetivos das atividades conduzidas em aulas de Física é o racionalismo técnico com o qual a profissão docente é largamente abordada e ensinada (FEITOSA & LEITE, 2012; BRETONES & COMPIANI, 2012; CAMARGO & NARDI, 2014; DAMASIO & PEDUZZI, 2015). De acordo com Contreras (2012, p. 101)

*A ideia básica do modelo<sup>2</sup> de racionalidade técnica é que a prática profissional consiste na solução instrumental de problemas mediante a aplicação de um conhecimento teórico e técnico, previamente disponível que precede a produção científica. É instrumental porque supõe a aplicação de técnicas e procedimentos que se justificam por sua capacidade para conseguir os efeitos ou resultados desejados.*

O racionalismo técnico presente na formação dos professores repercute no laboratório didático tradicional, onde existe uma excessiva preocupação com o domínio dos instrumentos (paquímetros, voltímetros, etc.) e com a coleta de dados, porém poucas reflexões sobre o fazer experimental e seus objetivos no ensino de Ciências. Por isso, muitos são os benefícios alcançados quando professores em formação refletem sobre a natureza da Ciência e do fazer experimental (RAPOSO, 2014; PIRATLO, PASSOA & ARRUDA, 2014), pois o racionalismo técnico pode ser parcialmente superado quando é dada ênfase nos discursos racionais que justificam as ações. Como será detalhado na seção “Referencial Teórico” desta dissertação, existem discursos racionais (tecnologias, na acepção de Chevallard) que explicam, justificam e geram as técnicas utilizadas para a execução de uma tarefa. Quando os professores compreendem esses discursos com maior profundidade, tornam-se mais conscientes em suas decisões quando delineiam e conduzem as atividades de suas aulas, entendendo os objetivos e implicações das ações tomadas em suas práticas.

---

<sup>2</sup> O termo modelo aqui está sendo utilizado como uma estrutura incutida de crenças e valores, que guiam as ações dos indivíduos, este é um significado diferente do que se apresenta no restante do trabalho.

Outro aspecto ressaltado na literatura referente à formação de professores é a importância dos licenciandos construírem atitudes positivas em relação ao laboratório didático, para que, dessa forma, ao ingressarem na profissão docente, possam promover uma imagem positiva do laboratório aos seus alunos (CUSTÓDIO, PIETROCOLA & CRUZ, 2014).

Em suma, concluímos que o papel da experimentação no ensino de Física é uma questão em aberto, constantemente abordada, sendo comum críticas a passividade dos estudantes durante as atividades experimentais e discussões sobre as limitações dos resultados alcançados quando as atividades são amparadas em concepções epistemológicas e teóricas não ingênuas.

A modelagem é abordada nesta investigação como um elemento efetivo para dar significado às atividades experimentais e contribuir para que os estudantes construam concepções mais sofisticadas sobre como a Ciência se desenvolve. Pudemos identificar trabalhos que mostram que os professores também possuem concepções simplórias sobre como é construído o conhecimento científico. Por fim, considerando que são muito poucas as pesquisas identificadas que tratam de reflexões sobre as atividades experimentais no contexto da formação de professores de Física nas revistas que compuseram o escopo desta síntese dos trabalhos publicados nos últimos 6 anos. Esta dissertação contribui para diminuir esta lacuna presente na literatura da área de ensino de Física.

## **2.2 TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO**

Nesta seção discutimos trabalhos que usam a Teoria Antropológica do Didático como referencial teórico ou teórico-metodológico. Nos apoiamos na revisão da literatura realizada por Espinosa (2019), que abarca artigos publicados desde o ano 2000 até 2017, em periódicos de Qualis A1, A2 e B1, classificados pela CAPES. Foi feito um recorte dessa revisão e apresentamos aqui os trabalhos que têm relação com nossa pesquisa, pois possuem objetivos similares ou se assemelham metodologicamente. Espinosa separou os trabalhos em dez categorias, são elas: *i) Diálogo e/ou comparação entre teorias; ii) Percursos (ou atividades) de estudo e pesquisa; iii) Currículo; iv) Resolução de problemas; v) Transposição*

*Praxeológica*; vi) *Condições e restrições para a aplicação de uma Organização Praxeológica*; vii) *Análise de livro didático*; viii) *Análise de atividade didática*; ix) *Análise de prática didática*; x) *Formação docente*. Consideramos que as três últimas categorias têm relação direta ou indireta nossa pesquisa e as discutiremos a seguir.

Na categoria *Análise de atividade didática* estão os estudos que focam na análise do material que é (ou será) usado na atividade, discutindo a interação dos discentes com o material de forma secundária ou nem a discutindo. Nesta categoria, encontram-se trabalhos com objetivos muito distintos. Por exemplo, Achiam, Simony e Lindow (2016) constroem um modelo epistemológico de referência e desenvolvem uma atividade que aproxima a *praxis* de estudantes à dos cientistas no estudo da evolução das aves. Os autores elencam os conhecimentos que consideram básicos nas pesquisas realizadas em um museu de história natural e identificam os tipos de tarefas realizadas e as técnicas implementadas pelos cientistas, assim como os discursos tecnológicos que geram, explicam e justificam as técnicas. Posteriormente, delineiam uma atividade que possibilite aos estudantes da Educação Básica que desenvolvam uma Organização Praxeológica semelhante. Esta pesquisa se assemelha à desta dissertação, pois, no grupo de pesquisa no qual nosso trabalho está inserido, também buscamos aproximar a *praxis* de estudantes do nível médio à de cientistas, especificamente no que toca o campo conceitual da modelagem.

Machado e Weckerlin (2017) propõem que professores em formação continuada estudem a TAD e identifiquem uma Organização Praxeológica (OP) para uma atividade já pronta, existente na *internet*. Os professores que participam do estudo relatam que refletir sobre os discursos tecnológico-teóricos subjacentes a uma atividade tem potencial para melhorar o planejamento da atividade e sua aplicação. De forma similar aos autores, promovemos uma reflexão sobre os discursos racionais subjacentes a atividades didáticas, encontrando resultados semelhantes sobre a conscientização da importância dessa reflexão.

Também dialogamos com trabalhos que versam sobre a *prática didática*, ou seja, analisam atividades que foram implementadas, o que Chevallard (1991) chama de *saber ensinado*. Por exemplo, o trabalho de Bergé (2008) tem como objetivo apresentar e analisar OP relacionadas ao estudo da completude dos números reais e como essas OP mudam no decorrer de um curso de graduação em Matemática. O autor constrói um modelo

epistemológico de referência para o estudo da temática citada e a compara com as OP observadas em quatro disciplinas de graduação. Uma das conclusões é que os gêneros de tarefas nos cursos iniciais são mais variados e aplicados, por exemplo: achar, decidir, determinar. Exigindo técnicas voltadas para a aplicação dos conceitos. Já nos cursos finais os gêneros de tarefas tendem a “justificar” ou “provar”, demandando técnicas mais sofisticadas e abstratas.

Resultado semelhante foi encontrado por Corica e Otero (2009), que investigaram as OP presentes durante as aulas em uma disciplina de Cálculo I e as demonstradas pelos discentes nas avaliações. Os autores identificaram que há uma priorização pelo gênero de tarefa “calcular”, exigindo técnicas algorítmicas, com discursos racionais simplistas.

Ruiz-Higueras e García (2011) realizam um estudo de caso no qual investigam a práxis de uma professora de matemática, que leciona a crianças de 3 a 6 anos, durante a implementação de um *Recorrido de Estudio e Investigación* (REI)<sup>3</sup>. São analisadas as tarefas realizadas pela professora e as técnicas utilizadas, dividindo-as em três categorias: 1. mesogenéticas: técnicas que impactam o meio didático; 2. topogenéticas: técnicas que impactem o *topos* didático; 3. cronogenéticas: técnicas que impactam o tempo didático. Os autores ainda investigam o discurso tecnológico-teórico da professora, concluindo que ideias construtivistas fundamentam a sua prática. Há uma semelhança metodológica entre nossa pesquisa e os três trabalhos apresentados, visto que eles também utilizam Organizações Praxeológicas para descrever e analisar práticas didáticas.

Verónica, Otero e Elichiribehety (2006) comparam uma Organização Praxeológica de Referência (desenvolvida em estudos anteriores) para o estudo de funções com a OP planejada e a OP implementada em aulas de um curso de Cálculo voltado para estudantes de Economia. Os autores advertem que o bloco tecnológico-teórico é composto por um grande número de definições. Também concluem que há uma mudança na linguagem entre as OP de referência e implementadas, pois na primeira há uma predominância da linguagem matemática, enquanto na segunda predomina uma linguagem mais próxima do cotidiano, impedindo os discentes de distinguir o que se define do se fala. A similitude metodológica

---

<sup>3</sup> Um REI é uma atividade didática investigativa, que pode ser entendida como uma forma de organização didática pautada na construção de diferentes caminhos a partir de uma sucessão de perguntas e respostas articuladas por meio de processos de modelagem (Barquero, Bosch e Gascón, 2011 *apud* Espinosa, 2019).



deste artigo com nossa pesquisa é ainda maior, pois os autores realizam uma comparação entre uma OP planejada e depois implementada, discutindo as diferenças que surgiram.

Por fim, destacamos trabalhos que versam sobre formação docente, como Corica e Otero (2016), que desenham e implementam um curso fundamentado na TAD, para o estudo de noções didáticas da matemática. O estudo foi feito com um grupo de futuros professores, que estavam cursando o terceiro ano da graduação, e deveriam desenvolver um REI. Os autores caracterizam os elementos da praxeologia dos professores, identificando dois principais gêneros de tarefas: *caracterizar* e *administrar*. Em uma segunda caracterização especificam os tipos de tarefas dentro dos gêneros anteriormente citados. Por exemplo, ao gênero *caracterizar* está vinculado o tipo de tarefa *caracterizar a noção de dispositivo didático* e ao gênero *administrar* está vinculado o tipo de tarefa *administrar o interesse pelo estudo da matemática*. Conclui-se que houve um insucesso no desenvolvimento da REI, pois os futuros professores participantes do estudo não buscaram responder as perguntas de segunda ordem que surgiram a partir da questão geratriz.

Pereira, Silva e Nunes (2017) realizam um estudo autobiográfico do primeiro autor, de sua trajetória como professor de matemática, especificamente no que se refere ao ensino da Aritmética e Álgebra. A TAD é utilizada para: 1) descrever e analisar a prática do professor antes de fazer uma especialização em Educação Matemática, apontando as Organizações Praxeológicas subjacentes a sua prática; 2) construir um modelo epistemológico alternativo para o estudo de operações com polinômios, com enfoque nos discursos tecnológicos que se originam das teorias da Aritmética e Álgebra.

Rossini (2007) pesquisa o impacto que um curso de formação continuada tem em um grupo de professores de matemática sobre as suas *praxes* a respeito do ensino de funções. Concluem que a produção de material escrito auxilia os professores a refletir sobre os discursos tecnológicos-teóricos vinculados às tarefas e técnicas presentes no referido material.

### 2.3 IMPLICAÇÕES PARA A PESQUISA

Podemos observar que a TAD é utilizada em uma grande variedade de pesquisas, com os mais diversos objetivos, desde atividades em museus a cursos de formação continuada de professores. Entendemos que esta dissertação, além de dialogar com os trabalhos da área, ajuda a expandir o tema propondo a contrastação de uma atividade de laboratório didático, no âmbito do planejamento, com a prática didática da mesma atividade, o que não é feito nos artigos acima citados.

Outro ponto de destaque desta pesquisa é a ênfase na experimentação, utilizando a TAD para identificar tarefas e técnicas presentes em uma metodologia ativa para o ensino no laboratório didático, buscando reconhecer os discursos racionais que as fundamentam, viabilizando estabelecer relações entre as ideias discutidas na seção 1.2 e o que foi declarado pelos licenciandos. Espinosa (2019) conclui que a TAD é um referencial teórico válido para o estudo de metodologias ativas, como os Episódios de Modelagem, afirmando “destacamos que é possível construir uma OP para qualquer método de ensino, o que possibilita maior clareza a respeito das partes que o compõe e suas justificativas.”

### 3 EPISÓDIOS DE MODELAGEM

Fundamentados nas ideias apresentadas na seção 2.1, de que um ensino de Física que enfoque o processo de modelagem proporciona uma série de benefícios, o grupo de pesquisa no qual esta pesquisa se insere desenvolveu uma metodologia de ensino, chamada Episódios de Modelagem (EM) (HEIDEMANN; ARAUJO & VEIT, 2016b). Essa metodologia tem como principal objetivo oportunizar aos estudantes a construção e/ou exploração de modelos didático-científicos para resolver problemas que demandam, em algum nível, a tomada de decisão no delineamento, execução e análise de experimentos. . Ao final de um EM, espera-se que os alunos tenham uma melhor compreensão do papel dos modelos no desenvolvimento científico, entendendo-os como mediadores entre teoria e realidade, assimilando a realidade objetiva como inacessível em sua completude, o que faz com que os modelos sejam sempre representações simplificadas e, portanto, perfectíveis (BUNGE, 1974).

Nos primeiros trabalhos desenvolvidos no grupo, buscou-se aprofundar a compreensão sobre o papel da modelagem no Ensino de Física por meio da construção de um marco teórico chamado de Modelagem Didático-Científica (MDC) (BRANDÃO, 2012). Foi feita uma costura teórica entre as concepções de modelagem de Bunge e as ideias de Vergnaud (2009) sobre campos conceituais, de forma que foram caracterizados conceitos e teoremas próprios do campo conceitual da modelagem científica. Segundo Vergnaud (2009), um campo conceitual é um conjunto de esquemas, situações, invariantes operatórios e representações simbólicas. É central nesse contexto a conjectura de que são as situações que dão sentido aos conceitos.

Posteriormente, Heidemann (2015) expandiu a MDC identificando conceitos e teoremas do campo conceitual da modelagem científica específicos da prática experimental, por exemplo: ao conceito de *controle de variáveis* associa-se o teorema *estabelecer procedimentos de controle de variáveis que minimizem a influência dos fatores desprezados no modelo teórico de referência da investigação*. O sentido desse conceito pode ser estabelecido em situações de experimentação, durante, por exemplo, a análise de dados ou a discussão das conclusões. O fundamental aqui é que o sentido dos conceitos se constrói na mobilização deles em situações. A esta expansão da MDC chamamos de MDC+ (HEIDEMANN, ARAUJO & VEIT, 2018).

Amparados na MDC+, os Episódios de Modelagem constituem uma metodologia de ensino para o laboratório didático na qual se busca possibilitar reflexões sofisticadas sobre o processo de modelagem durante o trabalho experimental. Assim, o processo de modelagem é protagonista de todo EM e deve permear todas as suas etapas.

Nos próximos parágrafos descrevemos a metodologia de EM e apresentamos exemplos específicos da atividade denominada “Resfriamento de Sistemas<sup>4</sup>” (HEIDEMANN; ARAUJO & VEIT, 2016b). Escolhemos exemplificar com esse EM porque ele foi feito pelo grupo de licenciandos participantes desta investigação.

Um EM não começa na sala de aula, mas sim com uma tarefa de leitura, que tem como um dos principais objetivos possibilitar aos estudantes a mobilização de conhecimentos básicos fundamentais para a investigação que desenvolverão (HEIDEMANN; ARAUJO & VEIT, 2016b). Ela consiste de um texto curto, de aproximadamente cinco páginas, e/ou de um vídeo ou simulação computacional. Após o contato com esse material, há duas ou três questões sobre o conteúdo tratado e uma questão sobre as dificuldades que os alunos enfrentaram ao realizar a tarefa. Os estudantes enviam as respostas ao professor, com antecedência suficiente para que ele possa analisá-las e usá-las para iniciar a primeira aula do EM com uma discussão, analogamente ao que é feito com a metodologia Ensino sob Medida (ARAUJO & MAZUR, 2013). Nessa discussão inicial, o professor apresenta a problematização da atividade, que deve ser planejada utilizando conceitos tratados na tarefa de leitura conjuntamente com as respostas dos alunos. A tarefa de leitura do EM “Resfriamento de Sistemas”, que os licenciandos realizaram, está disponibilizada no Anexo 1.

É possível organizar a metodologia de EM em cinco grandes etapas, sobre as quais discorreremos nos próximos parágrafos. São elas: 1. Tarefa de Leitura; 2. Discussão inicial; 3. Coleta de dados; 4. Análise de dados; 5. Discussão final.

Durante a *discussão inicial* é apresentado o problema com o qual os estudantes trabalharão e se viabiliza situações para dar sentido a alguns conceitos do campo conceitual

---

<sup>4</sup> Os guias para essa atividade, além de mais detalhes, podem ser encontrados em [http://www.if.ufrgs.br/gpef/modelagem/hipermidia/Resfriamento\\_de\\_Sistemas.html](http://www.if.ufrgs.br/gpef/modelagem/hipermidia/Resfriamento_de_Sistemas.html).

da modelagem científica, como os conceitos de idealização, precisão e domínio de validade. Por exemplo, no EM “Resfriamento de Sistemas”, os alunos são questionados sobre o trabalho de um perito criminal que deve estimar há quanto tempo ocorreu um crime e uma das evidências encontradas no local é uma xícara de café ainda quente. A lei de resfriamento de Newton é apresentada como uma forte candidata para atacar esse problema, entretanto é mostrado que ela possui uma importante limitação.

A lei prevê que, em um intervalo de tempo suficientemente longo, a temperatura de uma porção de água em um prato deve se igualar à temperatura ambiente. Mas são apontadas evidências experimentais que mostram que a temperatura de uma porção de água alcança valores menores do que a temperatura ambiente. Contudo, quando o mesmo experimento é realizado com uma porção de água em um recipiente fechado, as previsões da lei de resfriamento de Newton se mostram adequadas.

O principal motivo para expor esta inconsistência é evidenciar que esta lei não é absoluta ou tampouco uma cópia especular da realidade: ela possui um domínio de validade. São expostas todas as idealizações subjacentes ao modelo que contém a lei de resfriamento de Newton e é proposto aos estudantes que o expandam, de forma que ele seja capaz de prever e explicar com maior precisão o comportamento da porção de água exposta ao ambiente.

Ressaltamos que esta atividade, assim como qualquer EM, exige maturidade dos discentes, no sentido de que demanda muito mais do que apenas preencher tabelas e construir gráficos. Cabe ao professor ponderar se seus alunos têm condições de desenvolver a atividade. Caso não a tenham, é também responsabilidade do professor promover situações para que eles desenvolvam gradativamente experiência, independência e conhecimentos para que consigam trabalhar com EM.

Após a problematização da atividade durante a discussão inicial, inicia-se a etapa de coleta de dados. Os estudantes, divididos em grupos de 3 a 5 membros, precisam formular hipóteses, decidir quais as idealizações e simplificações da realidade que serão consideradas, construir um modelo teórico, planejar a análise dos dados que serão coletados, escolher os instrumentos de medidas. Essas situações dão sentido aos conceitos de predição, idealização, controle de variáveis, entre outros.

No EM “Resfriamento de Sistemas” são feitas três sugestões de investigação experimental: i) *avaliar a influência da área exposta ao ambiente na evolução temporal de uma porção de água exposta ao ambiente*; ii) *avaliar a influência da temperatura inicial na evolução temporal de uma porção de água exposta ao ambiente*; iii) *avaliar a influência da umidade relativa do ar na evolução temporal de uma porção de água exposta ao ambiente*. Destaca-se que essas são apenas sugestões, pois os discentes têm liberdade para escolher investigar outros aspectos que julgarem relevantes, assim como têm liberdade para escolher como vão realizar essa investigação.

Posteriormente à coleta, é preciso *analisar os dados obtidos*, seguindo o planejamento feito anteriormente e alterando-o no que for necessário. Nessa etapa, os conceitos de predição, grau de precisão e domínio de validade ganham sentido através da contrastação dos dados coletados com a previsão do modelo.

Após a análise de dados, tem início a *discussão final*. Nesse momento os estudantes devem compartilhar e debater os modelos que construíram, seus resultados e conclusões. Para isso são disponibilizados quadros brancos, que podem ser visualizados na Figura 1, onde os discentes sintetizam suas ideias.

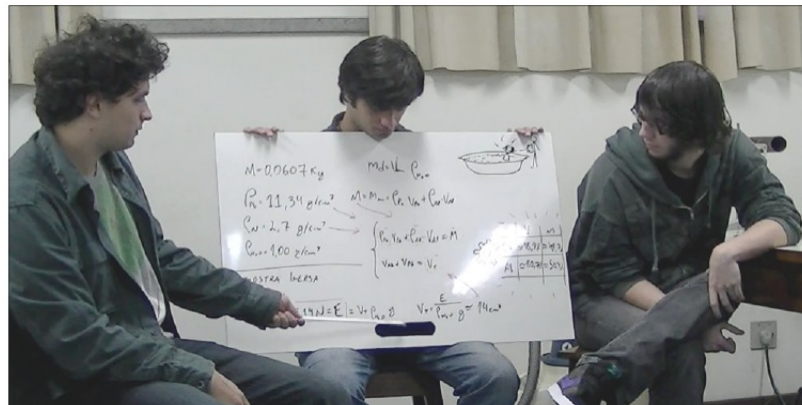


Figura 1. Estudantes apresentando seus resultados ao final de um Episódio de Modelagem (HEIDEMANN, 2010).

O professor é um mediador no debate realizado na discussão final, fazendo perguntas e promovendo reflexões, sempre procurando destacar que existem vários modelos possíveis para se representar um mesmo evento real e que a escolha pelo mais adequado varia em cada situação e para cada pesquisador.

Ao término do EM, o professor apresenta uma possível solução para o problema da investigação, buscando vincular sua resolução com as apresentadas pelos estudantes. Mais uma vez, ele deixa claro que um mesmo problema pode ser resolvido de formas diferentes, com modelos diferentes. No EM que estamos usando como exemplo, o professor promove um debate onde mostra alguns eventos em que o processo de evaporação é fundamental como, por exemplo, na transpiração ou no ciclo da água. Discute-se os pressupostos teóricos subjacentes a um modelo teórico expandido da lei de resfriamento de Newton, considerando também a perda de energia por evaporação, aspecto que não é considerado no modelo original. Com o propósito de destacar a relevância que a lei de resfriamento de Newton ainda possui, são apresentados artigos atuais que usam essa lei como referencial teórico e propostas de expandi-la, destacando as possibilidades para o Ensino de Física.

Nesta seção apresentamos a metodologia de Episódios de Modelagem, usando como exemplo o EM que foi feito pelos licenciandos que foram sujeitos desta pesquisa. Destacamos que uma das principais diferenças entre um EM e uma atividade tradicional de laboratório é o tipo de tarefa que é proposto. Enquanto que em uma atividade tradicional é usual solicitar que os estudantes preencham tabelas, construam gráficos e averiguem se a curva construída é condizente com a esperada, o que pode favorecer uma visão ingênua sobre a natureza do conhecimento científico, em um EM os discentes investigam as limitações de modelos científicos e procuram explicar as razões dessas limitações, expandindo-os quando necessário.

Promovendo um enfoque construtivista às atividades de laboratório, os EM demandam dos discentes uma postura ativa em sala de aula em problemas de maior complexidade, pois envolvem a tomada de decisão em situações de modelagem. Quando comparados as atividades tradicionais, demandam mais tempo. Esta é uma restrição que precisa ser considerada e voltaremos a discuti-la nos capítulos 5 e 6.

Essa metodologia teve origem no contexto do Ensino Superior. Entretanto, supomos que a sua utilização na Educação Básica é possível e potencialmente benéfica. Esta pesquisa é uma primeira tentativa de investigar as condições e restrições que a metodologia encontra para ser transposta para esse nível de ensino.

No próximo capítulo apresentamos o referencial teórico que fundamentou esta pesquisa, a Teoria Antropológica do Didático, explicando os elementos dessa teoria que fundamentaram o planejamento da coleta de dados, a análise deles e as conclusões do estudo.



## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Como mencionado anteriormente, adotamos para a presente pesquisa a Teoria Antropológica do Didático (TAD) de Yves Chevallard (1999). Nela, toma-se como premissa que “*toda atividade humana regularmente realizada pode ser descrita com um modelo único, que se resume aqui com a palavra praxeologia*” (CHEVALLARD, 1999, p. 222). Chevallard propõe que uma praxeologia possui dois níveis: o nível do saber fazer (práxis) e o nível do saber (logos). Esses níveis, em conjunto, estabelecem uma Organização Praxeológica (OP). As OP podem “*ser de diferentes tipos: didática, física, matemática, química, artesã, industrial, doméstica, etc.*” (SCHIVANI, 2014, p. 29) e são expressas em termos de Tipos de Tarefas (T), Tarefas (t), Técnicas ( $\tau$ ), Tecnologias ( $\theta$ ) e Teorias ( $\Theta$ ). Em linhas gerais, uma OP pontual é composta por um tipo de tarefa T cuja realização pode ser feita com a utilização de uma técnica  $\tau$  que, por sua vez, é justificada por uma tecnologia  $\theta$  originada em uma teoria  $\Theta$ . Desse modo, uma OP é usualmente representada pelo conjunto  $\{T, \tau, \theta, \Theta\}$ . No que segue, são debatidas as características mais fundamentais das OP, destacando os processos envolvidos na reconstrução das OP em uma instituição.

Não é raro que uma OP pontual não possua um bloco tecnológico, pois existem praxeologias que englobam tarefas e técnicas desprovidas de um discurso tecnológico bem consolidado. Além disso, não é usual que, em uma instituição, uma teoria  $\Theta$  origine uma única tecnologia  $\theta$ . Geralmente, uma teoria corresponde a um conjunto de tecnologias  $\theta_i$ , que explicam e justificam uma quantidade ainda maior de técnicas ( $\tau_{ij}$ ) que são usadas para resolver uma grande quantidade de tarefas ( $T_{ij}$ ). Esse tipo de OP é denominada regional, e utilizamos a notação  $\{T_{ij}, \tau_{ij}, \theta_i, \Theta\}$  para representá-la. Já as OP constituídas por um conjunto de tarefas ( $T_i$ ) para as quais existem um conjunto de técnicas ( $\tau_i$ ), mas apenas uma tecnologia ( $\theta$ ) e apenas uma teoria ( $\Theta$ ), são chamadas de locais, e utiliza-se a notação  $\{T_i, \tau_i, \theta, \Theta\}$  para representá-las. Por fim, o tipo mais complexo de OP engloba uma série de teorias ( $\Theta_i$ ) que são usadas para explicar e justificar várias tecnologias ( $\theta_{ij}$ ) que por sua vez justificam e explicam um grande conjunto de técnicas ( $\tau_{ijk}$ ) que são usadas para resolver uma grande quantidade de tarefas ( $T_{ijk}$ ). Esse tipo de OP é denominado de global, e, para representá-la, utilizamos a notação  $\{T_{ijk}, \tau_{ijk}, \theta_{ij}, \Theta_i\}$  (CHEVALLARD, 1999).

Chevallard destaca a existência de dois tipos bem distintos de tarefas: *i.* as que não demandam significativos esforços para realizar, e *ii.* as que não se sabe, a princípio, resolver. Como exemplo das do primeiro tipo podemos citar “olhar o horário em um relógio” ou “informar onde fica a agência dos correios mais próxima”. Essas tarefas são muito simples e as OP subjacentes a elas são muitas vezes ignoradas, embora existam. De modo distinto, as tarefas do segundo tipo demandam o desenvolvimento de uma nova praxeologia, ou seja, demandam escolher a melhor técnica para resolver a tarefa. Para escolher uma (ou mais) técnica(s), é necessário refletir sobre os discursos tecnológicos e teóricos que justificam e geram essas técnicas. Chevallard descreve esse processo de construção intencional de uma OP por meio de uma Organização Praxeológica Didática (OD) (CHEVALLARD, 1999).

As OD são respostas a questões do tipo “*como estudar uma questão q?*” ou “*como estudar uma obra O?*”. Com essa definição em mente, resta nos preocuparmos com quais tarefas podem fazer parte da OP do estudo da questão ou obra, isto é, quais tarefas podem ser consideradas como didáticas. Estudar uma questão depende do tipo de conteúdo de que essa trata (o estudo de uma questão de Física em geral é diferente do estudo de uma questão de Sociologia), mas não apenas isso deve ser considerado, pois a instituição em que a questão será estudada também é fator determinante sobre como será feito o estudo da questão, ou seja, como será constituída a OD. Chevallard define instituição como qualquer agrupamento de pessoas socialmente legitimados que compartilham uma mesma OP (CHEVALLARD, 1999).

Utilizando a TAD como referencial teórico-metodológico nessa pesquisa, partimos do pressuposto de que existem OPs subjacentes à MDC+ e, portanto, aos EM, ou seja, que existem tarefas, técnicas, tecnologias e teorias legitimadas pela metodologia que definem uma OP de referência. Por exemplo, é uma tarefa subjacente aos Episódios de Modelagem o delineamento, por parte dos estudantes, de procedimentos de controle de variáveis para a investigação experimental que realizarão. Uma técnica para realizar essa tarefa envolve, primeiramente, uma avaliação das simplificações da realidade consideradas no modelo teórico de referência de suas investigações e, então, a definição de procedimentos com o intuito de minimizar os efeitos de aspectos desprezados nesse modelo. Por exemplo, se forças resistivas são desprezadas no modelo de referência de uma investigação, é necessário que os estudantes definam procedimentos para diminuir os efeitos de forças resistivas em suas experiências, o que pode implicar o uso de um trilho de ar, em alguns casos. Uma tecnologia que explica e

justifica essa técnica é de que os experimentos científicos, por definição, envolvem eventos controlados, cujo delineamento é dirigido por um modelo teórico de referência (HEIDEMANN, 2015). Tal tecnologia é explicada e justificada pela MDC+ (HEIDEMANN, ARAUJO & VEIT, 2018).

## 5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Utilizamos nesta pesquisa a metodologia do estudo de caso. Yin (2015) define um estudo de caso ressaltando dois aspectos: 1) O estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo (o “caso”) em profundidade e em seu contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes. 2) A investigação do estudo de caso enfrenta a situação tecnicamente diferenciada em que existirão muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados. Como resultado, conta com múltiplas fontes de evidência, com os dados precisando convergir de maneira triangular, e se beneficia do desenvolvimento anterior das proposições teóricas para orientar a coleta e a análise de dados. Entendemos que um estudo de caso é adequado para a nossa pesquisa, pois investigamos um fenômeno contemporâneo, entendendo aqui que esse fenômeno

*abarca uma ampla noção de estudar o presente, mas não exclui passado recente – apenas aqueles eventos que se estendem para um passado já “morto”, em que não se podem fazer observações diretas e do qual não há pessoas vivas para entrevistar (YIN, 2015, p.26).*

O caso investigado consiste de um grupo de estudantes matriculados em uma disciplina obrigatória da grade curricular do curso de licenciatura em Física da UFRGS intitulada “Instrumentação para Laboratório”, focada em discussões sobre a experimentação no ensino de Física. Nela, foram abordados fundamentos teóricos e epistemológicos relacionados ao trabalho experimental, à modelagem científica, à argumentação e à problematização. Foram também debatidas e implementadas abordagens que auxiliassem os licenciandos no propósito de fomentar atividades em que seus futuros alunos busquem soluções para problemas autênticos, demandando a tomada de decisão, a argumentação, o levantamento e teste de hipóteses e a construção de conclusões.

Particularmente, o caso da investigação consiste na turma de *Instrumentação para Laboratório*<sup>5</sup> do semestre 2017/1, na qual havia nove alunos matriculados com faixa etária

---

<sup>5</sup> Segundo a súmula da disciplina, os objetivos de ensino estabelecidos para ela são: "1. Fomentar reflexões críticas, fundamentadas na literatura sobre o ensino de Física, sobre: i) o papel da experimentação na Física e no seu ensino; ii) a estrutura metodológica usualmente empregada em atividades experimentais; e iii) alternativas metodológicas para a construção, condução e avaliação de atividades experimentais no ensino de Física; 2. Promover a familiarização dos estudantes com equipamentos e montagens experimentais utilizando diferentes

entre 18 e 32 anos e média de 22,9 anos, sendo cinco homens e quatro mulheres. Seis desses licenciandos cursavam o quinto semestre da licenciatura. Eram discentes com bom desempenho acadêmico, como pode ser percebido na Tabela 1. Os outros três participantes tinham desempenho ruim, sendo que dois deles acumulavam muitas reprovações em. É possível observar que cinco licenciandos (2, 4, 5, 8 e 9) obtiveram conceito A ou B em pelo menos 70% das disciplinas que cursaram.

Licenciando	Número de disciplinas cursadas até 2016/2	Números de aprovações com conceito A.	Números de aprovações com conceito B.	Números de aprovações com conceito C.	Números de Reprovações.
1	73	8	9	27	29
2	30	13	8	7	2
3	45	5	10	12	18
4	32	25	5	2	0
5	28	27	1	0	0
6	36	13	5	13	5
7	30	9	6	9	6
8	28	18	4	5	1
9	28	28	0	0	0

Tabela 1. Quantidade de disciplinas cursadas pelos licenciando até o semestre 2016/2, com os respectivos conceitos. O conceito A indica aproveitamento máximo na disciplina, enquanto que o B corresponde ao desempenho mediano e o C, ao mínimo para obtenção de aprovação.

Os licenciandos fizeram jus ao bom desempenho acadêmico médio e demonstraram muito empenho durante todas atividades da disciplina, desde as discussões de artigos ao delineamento e aplicação do EM ao final da disciplina.

Oito licenciandos já haviam cursado com aprovação quatro disciplinas de Física Experimental até o semestre 2016/2, apenas o Licenciando 7 havia cursado três disciplinas de Física Experimental e estava cursando a quarta simultaneamente à disciplina de *Instrumentação para Laboratório*.

---

tipos de materiais, incluindo aquisição automática de dados e, particularmente, videoanálise; 3. Proporcionar um ambiente colaborativo entre os estudantes para a realização do delineamento de atividades experimentais bem fundamentadas teórico e epistemologicamente para o ensino de Física".

É relevante destacar que nenhum dos licenciandos havia cursado uma disciplina de estágio até o semestre no qual ocorreu a coleta de dados desta pesquisa, ou seja, nenhum deles tinha experiência formal em sala de aula como professor.

Em uma das atividades propostas, foi solicitado que os estudantes delineassem e realizassem um EM com discentes do terceiro ano do Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFRGS. Esta pesquisa consiste em investigar as ações dos estudantes tanto no delineamento como na implementação desse EM no Colégio de Aplicação, avaliando as dificuldades e soluções implantadas pelos futuros docentes especificamente nessa atividade. Cabe destacar que os limites entre o fenômeno e o contexto não são claros, pois os próprios contextos nos quais os licenciandos estão inseridos (disciplina de *Instrumentação para Laboratório* e CAp da UFRGS) influenciam o delineamento e implementação do EM.

Esta pesquisa foi de um estudo holístico na perspectiva de Yin (2015), pois temos um único caso (o grupo de licenciandos) e optamos por uma única unidade de análise (o grupo de licenciandos). Tal escolha foi feita porque o foco da investigação era a transposição praxeológica dos EM legitimada no CAp, ou seja, estávamos interessados na legitimação de uma ação conjunta, e não nas ações individuais dos licenciandos.

Em nossa análise da disciplina *Instrumentação para Laboratório*, a dividimos em quatro grandes etapas em relação ao EM, são elas: pré planejamento, planejamento, implementação e pós-implementação. No restante desta dissertação, iremos nos referir a estas etapas com regularidade, por isso apresentamos o Quadro 1, onde destacamos o período de duração de cada uma dessas etapas. Nas seções seguintes detalharemos cada uma destas etapas.

Etapa	Período de Duração	Quantidade de horas aula
Pré-planejamento	27/03 – 05/06	40
Planejamento	07/06 – 28/06	16
Implementação	03/07 – 12/07	8
Pós-Implementação	17/07 – 26/07	8

Quadro 1. Período de duração das etapas da disciplina *Instrumentação para Laboratório*.

## 5.1 PRÉ PLANEJAMENTO

A etapa de pré-planejamento iniciou com estudos sobre aspectos teóricos e epistemológicos da experimentação na Física e no Ensino de Física. Os licenciandos leram artigos (BORGES, 2002; SILVEIRA & OSTERMANN, 2002; SILVEIRA & PEDUZZI, 2006; BRANDÃO, ARAÚJO & VEIT, 2008; HEIDEMANN, ARAUJO & VEIT, 2016b) e fizeram intensas discussões teóricas e epistemológicas com o professor.

Durante a discussão do artigo de Silveira e Peduzzi (2006) ficou evidente que os licenciandos não tinham uma visão positivista do fazer científico, como pode ser observado no diálogo abaixo:

**Pesquisador:** *Em ciência, existe crença?*

**Licencianda 8:** *Eu acho que sim, porque não tem como tu fazer a coisa sem os teus pensamentos e as tuas convicções. Tipo, o cientista não vai lá e fala, ‘agora é minha hora de trabalho’... Ai ele vai lá e tira a parte do cérebro dele, que é das coisas que ele gosta, das coisas que ele acredita, e vai lá fazer. Não tem como...”*

**Licenciando 4:** *Eu entendo que são coisas mais básicas ainda que envolvem crenças. Por exemplo, que o nosso pensamento em algum momento corresponde ao que a gente chama de realidade. Isso é uma crença que a gente tem na ciência.*

Tal diálogo indica que os licenciandos estavam distantes da concepção de que o trabalho científico deve ser feito de maneira completamente imparcial e que a realidade é inteiramente cognoscível, sendo possível sua descrição completa, postura típica do positivismo.

Já durante a aula onde o debate acerca do trabalho de Silveira e Ostermann (2002), os licenciandos demonstraram conhecer o uso das tarefas de leitura e a metodologia Just-in-time teaching (Ensino sob Medida), como constatado no diálogo abaixo:

**Professor:** *Vocês conhecem a proposta de tarefa de leitura?*

**Licenciando 5:** *Tem alguma coisa a ver com just-in-time teaching?*

**Professor:** *Sim.*

**Licencianda 8:** *O just-in-time seria tipo tu... tu guiar a tua aula de acordo com o que a gente respondeu ali?*

**Professor:** *Exato. Vocês responderam algumas questões e a minha aula vai ser desenvolvida a partir das respostas de vocês [...] a avaliação dessa tarefa aqui não é feita por acerto e erro, o Just-in-Time Teaching é uma forma de tu fazer o ensino*

*sob medida. Vocês fizeram a leitura e eu vou dar a minha aula a partir das dificuldades que vocês tiveram durante a leitura, ok?*

A familiaridade com as tarefas de leituras e o ensino sob medida são relevantes, pois essas metodologias fazem parte da estrutura geral dos EM e, como será apontado nos próximos capítulos, foi usada pelos licenciandos.

Durante a aula em que se trabalhou o artigo de Borges (2002), houve uma discussão incitada pelo autor sobre a diferença entre contextualização e problematização que segue transcrita, em parte:

**Pesquisador:** *Para vocês [licenciandos], problematização e contextualização são sinônimos?*

**Licencianda 8:** *Contextualização é no sentido de que a gente, nós como professores, estamos tentando enfiar a Física no cotidiano do aluno. A problematização seria meio que... sei lá, o caminho contrário, de repente o aluno trazer uma questão de tipo, sei lá, que nem... 'como é que o GPS funciona?' Daí ele traz um problema e a gente têm que trabalhar em cima disso, mas não sei... acho que deve ter um jeito bem mais simples de definir?*

**Licenciando 9:** *Eu entendo assim: problematização é quando eu tento criar uma dúvida, para não ficar aquela coisa chata de dar a resposta e ninguém perguntou nada, mas isso de criar a dúvida pode ser de muitas formas, pode ser contextualizada [...] ou pode ser a uma dúvida não necessariamente ligada ao contexto de vida do aluno. Pode ser, por exemplo, uma problematização histórica [...] ou pode ser uma coisa completamente teórica.*

**Licenciando 4:** *Eu vejo assim também. Eu acho que contextualizar é dizer assim: 'a Física faz parte da vida de vocês' e a problematização seria esse levantar questionamentos e fazer com que o aluno tenha um olhar crítico sobre o que ele tá aprendendo, passe a refletir sobre esse conteúdo e sobre as consequências dele.*

Neste estrato é possível inferir que a Licencianda 8 não tinha clareza do que distingue problematização e contextualização, ao passo que os licenciandos 4 e 9 possuíam maior discernimento sobre estes dois conceitos. Como dito no Capítulo 3, a problematização é uma característica fundamental de um EM.

Cientes da polissemia do termo "contextualização" (PINHEIRO, 2016), assumimos, neste trabalho, que a contextualização é a inserção de um debate em uma estrutura narrativa mais ampla que permite a atribuição de sentido à ele. Essa ação pode ser estabelecida, por



exemplo, por meio do vínculo com elementos do cotidiano dos estudantes, da história da Ciência, ou de outras disciplinas estudadas. Complementando a contextualização, a problematização é o processo de limitação de uma questão originada na narrativa que fundamenta a contextualização para ser enfrentada na atividade proposta aos estudantes. Um professor de Física trabalhando o tema energia elétrica poderá contextualizar o conceito de energia elétrica por meio de um debate desenvolvido durante o cálculo do valor a ser pago por uma família a partir do seu consumo de energia. A problematização, no entanto, só ocorrerá quando uma questão for proposta aos estudantes a partir dessa contextualização. Por exemplo, o professor pode questionar os estudantes sobre ações fundamentadas em conhecimentos de Física que podem ser realizadas para se aumentar o fator de potência da rede elétrica da residência de uma família.

Os conceitos de contextualização e de problematização foram discutidos por toda a disciplina de Instrumentação para Laboratório e a diferença entre eles não pareceu clara para alguns licenciandos, como explicitado pela fala da Licencianda 2: “[...] *na hora de problematizar tu precisa relacionar com alguma coisa do cotidiano*”. Esse ponto será novamente discutido no capítulo 6.

Ainda na etapa de pré-planejamento, os licenciandos realizaram o EM "Resfriamento de Sistemas", como explicado no Capítulo 3. A apresentação do problema e discussão inicial foi feita em uma aula, nesta mesma aula os licenciandos se dividiram em grupos e escolheram que aspecto do problema investigariam. A coleta de dados começou a ser feita na aula seguinte, mas devido à demora inerente à prática (era preciso esperar o sistema resfriar) e a uma significativa falta de familiaridade dos estudantes com atividades pouco dirigidas, como esse EM, eles precisaram terminar a coleta de dados em horário extra-classe. Alguns tiveram que refazer a coleta em casa. Inicialmente os licenciandos demonstraram uma atitude negativa em relação aos EM, devido a inerente dificuldade da metodologia, como pode ser inferido pela fala do Licenciando 6 (com um tom de voz que intencionava destacar e reclamar da dificuldade): “[nome do professor]... *Eu fiquei até onze da noite medindo isso aqui, fiquei com a estufa ligada para diminuir a umidade do ar.*”

A discussão final do EM foi realizada em uma aula. Foi um momento de intenso debate sobre os conceitos envolvidos, as escolhas para medir grandezas, procedimento de

controle de variáveis e ao final todos os licenciandos concordaram que aquele havia sido um momento que propiciou muita aprendizagem. Na aula anterior a etapa de discussão os licenciandos demonstraram preocupação com o EM que deveriam delinear para a Educação Básica, como evidenciado pelo diálogo abaixo entre o Licenciando 5, a Licencianda 8 e o professor da disciplina:

**Licencianda 8:** *O problema é o tempo. Imagina! A gente aqui está tendo toda essa dificuldade. Imagina no Ensino Médio! Como é que tu vai basear um ensino nisso. Sabe... tu não vai conseguir ensinar ninguém.*

**Licenciando 5:** *Porque assim, nós chegamos aqui depois de 4 Físicas Experimentais, nós chegamos assim... treinados.*

**Professor:** *Mas é justamente esse o problema que a gente tá tentando resolver agora. Não pensem que eu discordo disso. Claro que o problema do tempo é um problema gravíssimo nos EM. A grande questão é... a gente têm opções: tentar adaptar os EM para Educação Básica fazendo as modificações que vão ser necessárias. Não vão ser poucas, vai ser uma série de modificações. A gente vai ter que adequar tempo, adequar grau de abertura da atividade, vai ter que adequar uma série de coisas. A outra possibilidade é deixar as atividades como elas são feitas tradicionalmente.*

**Licencianda 8:** *Não. [respondeu imediatamente a licencianda].*

Ao final do EM, a atitude dos licenciandos melhorou timidamente. Estavam convencidos de que a metodologia era mais adequada para o ensino no laboratório do que as práticas tradicionais, mas ainda estavam bastante inseguros sobre a transposição desta metodologia para a Educação Básica. É importante destacar uma fala que o professor fez antes do início da discussão final, quando um licenciando disse que a discussão poderia começar enquanto ele terminava de preparar o seu quadro branco. O professor afirmou:

*“Não, não, não. A ideia é a seguinte... Isso é uma coisa muito importante, tá? Nós vamos começar a primeira discussão final. O meu objetivo com a discussão final, como o próprio nome diz, é que a gente discuta. Então, quando um grupo apresentar, o outro vai fazer perguntas, vai discutir. A ideia é que discutam. Não é para ser um momento burocrático. OK? Não é pra ser um momento em que vocês estão fazendo o que o professor manda. É um momento para vocês terem uma discussão sobre os experimentos realizados”.*

Nesse enunciado, observa-se a preocupação do professor em deixar claro que o momento de discussão é muito importante e não pode ser feito de qualquer maneira. Toda a

turma deve participar e interagir para que ocorra efetivamente uma discussão e não uma mera apresentação dos resultados.

No Quadro 2 apresentamos os momentos do Pré Planejamento, com as respectivas datas.

<b>Momentos</b>	<b>Número da aula</b>	<b>Data</b>
Discussão sobre o papel da experimentação na Física e no seu ensino.	Aula 1	27/03
Discussão de artigo (SILVEIRA & PEDUZZI, 2006).	Aula 2	05/04
Atividade com o <i>software</i> Tracker <sup>6</sup> : Como deve ser um arremesso de uma bola de basquete para que ele seja exitoso?	Aula 3	10/04
Discussão de artigo (SILVEIRA & OSTERMANN, 2002).	Aula 4	12/04
Delineamento de uma atividade experimental com o Tracker.	Aula 5	17/04
Discussão de artigo (BORGES, 2002).	Aula 6	19/04
Continuação do delineamento de atividade experimental com o Tracker.	Aula 7	24/04
Discussão de artigo (BRANDÃO, ARAÚJO & VEIT, 2008).	Aula 8	26/04
Apresentação das atividades delineadas com o Tracker aos colegas.	Aula 9	03/05
Em grupos, apresentação em que, baseados no artigo de Brandão, Araujo e Veit, os licenciandos: i) escolheram um modelo teórico da física para representar um evento real; ii) destacaram as simplificações da realidade que precisam ser consideradas nesse modelo; iii) propuseram	Aula 10	08/05

<sup>6</sup> Software de análise de vídeo utilizado em aulas experimentais de Física. Disponível em: <https://physlets.org/tracker/>. Acesso em: 24/06/2019.

uma forma de contrastar esse modelo experimentalmente.		
Discussão inicial do Episódio de Modelagem Resfriamento de Sistemas.	Aula 11	10/05
Coleta de dados do Episódio de Modelagem Resfriamento de Sistemas.	Aula 12	22/05 e 24/05
Análise de dados do Episódio de Modelagem Resfriamento de Sistemas.	Aula 13	29/05
Início da discussão final do Episódio de Modelagem Resfriamento de Sistemas.	Aula 14	31/05
Encerramento do Episódio de Modelagem Resfriamento de Sistemas.	Aula 15	05/06

Quadro 2. Momentos do Pré Planejamento e suas datas.

## 5.2 PLANEJAMENTO

Na etapa de planejamento, os licenciandos foram divididos em duas duplas e dois trios para que as etapas do EM fossem planejadas separadamente, com o intuito de otimizar o tempo. Cada dupla ou trio ficou responsável por uma das seguintes etapas: 1) tarefa de leitura; 2) discussão inicial; 3) arranjo experimental; 4) discussão final.

Como pode ser observado no Quadro 3, esta etapa durou sete aulas. Houve duas visitas do professor regente das turmas da Educação Básica onde o EM ocorreria. Ele explicou que os discentes do terceiro ano do Cap estavam estudando *estrutura da matéria*, especificamente o *efeito fotoelétrico*. Dessa forma, os licenciandos decidiram por uma atividade que envolvesse LED's e seus princípios de funcionamento.

Apesar do reconhecimento da importância do processo de problematização dos EM por parte dos licenciandos, ele não conseguiram delinear uma problematização elaborada e coerente com os preceitos dos Episódios de Modelagem. Ciente disso, o professor da disciplina sugeriu uma problematização histórica que foi quase imediatamente acatada pelos licenciandos.

A contextualização sugerida pelo professor consistia em chamar atenção dos estudantes para o motivo de Albert Einstein ter sido laureado com o prêmio *Nobel* em 1921. A

distinção foi concedida pela sua explicação do efeito fotoelétrico, publicada em 1905. Esperava-se que os estudantes do Ensino Médio se surpreendessem com o fato de que o prêmio não estava relacionado com a Teoria da Relatividade, mas com a explicação de Einstein para o efeito fotoelétrico. Prosseguindo, discutiria-se que, na emissão de luz de um LED, ocorre a emissão de fótons, assim como ocorre no efeito fotoelétrico, e que podemos idealizar que a energia desses fótons é igual à energia cedida pelo circuito conectado ao LED. Por isso, a cor e a tensão de corte do LED se vinculariam por meio da relação  $e.V_C = h.f$ , onde “ $e$ ” é a carga de um elétron, “ $V_C$ ” é a tensão de corte, “ $h$ ” é a constante de Planck e “ $f$ ” é a frequência da luz emitida. Nesse momento, seria conduzida uma discussão sobre aplicações práticas de um LED, destacando sua eficiência energética. A problematização da atividade decorreria de uma questão sobre a construção de um circuito para se acender um LED com a seguinte questão: *Como podemos projetar o circuito elétrico que precisa ser conectado em um LED para que ele emita luz submetido a uma tensão elétrica adequada?*

A resposta dessa questão demandaria, então, a predição da tensão de corte de um LED em função da cor da sua luz. A etapa de investigação do EM demandaria a contrastação de predições com evidências experimentais, avaliando se o modelo teórico utilizado na predição era adequado para representar a relação entre a cor e a tensão de corte de LED's. Em suma, na etapa de investigação do EM planejado seria solicitado aos estudantes do Ensino Médio que medissem a tensão de corte de um LED identificando a tensão mínima para a qual passaria corrente sobre ele.

A etapa do planejamento será discutida com mais detalhes no Capítulo 6, quando discutiremos também questões vinculadas com as dificuldades dos licenciandos para manter a coesão da linha argumentativa apresentada acima, tornando o objetivo da atividade menos autêntico e reduzindo seu potencial significativamente.

<b>Momentos</b>	<b>Número da aula</b>	<b>Data</b>
Início do planejamento do Episódio de Modelagem.	Aula 16	07/06
Continuação do planejamento do Episódio de Modelagem.	Aula 17	12/06
Visita do professor das turmas do CAp onde seria implementado o Episódio de Modelagem.	Aula 18	14/04
Continuação do planejamento do Episódio de Modelagem.	Aula 19 e 20	19/06 e 21/06
Finalização do planejamento do Episódio de Modelagem.	Aula 21	26/06
Nova visita do professor das turmas do CAp onde seria implementado o Episódio de Modelagem.	Aula 22	28/06

Quadro 3. Momentos do planejamento e suas datas.

### 5.3 IMPLEMENTAÇÃO

Na etapa de implementação, os nove licenciandos foram divididos em dois grupos para que uma mesma atividade fosse implementada em duas turmas diferentes do terceiro ano do Ensino Médio. A atividade consistiu em duas aulas experimentais, cada aula com uma hora e trinta minutos de duração, onde na primeira aula ocorreu a discussão inicial e a coleta de dados e na segunda aula ocorreu a análise dos dados e discussão final, como verifica-se no Quadro 4. Cabe ressaltar que o delineamento da atividade que foi aplicada ocorreu em permanente debate com professor regular dessas turmas. Os alunos do Colégio de Aplicação e seus responsáveis assinaram, respectivamente, um termo de consentimento (Apêndice I) e um termo de assentimento (Apêndice II).

<b>Momentos</b>	<b>Número da aula</b>	<b>Data</b>
Discussão inicial e coleta de dados do experimento na primeira turma.	Aula 23	03/07
Discussão inicial e coleta de dados do experimento na segunda turma.	Aula 24	05/07
Análise dos dados e discussão final na primeira turma.	Aula 25	10/07
Análise dos dados e discussão final na segunda turma.	Aula 26	12/07

Quadro 4. Momentos da implementação e suas datas.

## 5.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Existem muitas variáveis influenciando o caso de estudo desta investigação. Focamos naquelas que possibilitam a identificação das OP mobilizadas pelos licenciandos ao planejarem e implementarem a atividade, tais como os elementos dos discursos racionais evocados pelos licenciandos. Foram coletados dados por meio de: *i.* gravações de áudio das aulas da disciplina Instrumentação para Laboratório e da implementação do EM no Colégio de Aplicação, *ii.* anotações em caderno de campo, *iii.* gravação de áudio e vídeo da aula posterior à implementação do EM, onde os alunos relataram as suas impressões, dificuldades e conclusões sobre a implementação do EM. Com esses dados, identificamos as tarefas que os licenciandos desenvolveram, as técnicas que utilizaram e os discursos racionais que usaram para justificá-las, como está especificado no Quadro 2. Nesse quadro, é explicitado cada instrumento de coleta de dados e o que se esperava identificar com eles.

O que se esperava identificar	Instrumento de coleta de dados
Tarefas e técnicas da OP implementada.	Gravações de áudio e vídeo da implementação no CAP.
Tecnologias e teorias das OP planejada e implementada.	Gravações de áudio e anotações das aulas que ocorreram durante a disciplina, sendo que algumas dessas aulas ocorreram no CAP.
Tarefas e técnicas da OP planejada.	Guia da atividade planejada e gravações em áudios das aulas de planejamento.
Tecnologias e teorias das OP' planejada e implementada.	Entrevista coletiva com os licenciandos após a implementação da atividade.

Quadro 5. Relações entre os instrumentos de coleta de dados e as variáveis que foram mensuradas.

No que segue, expomos os resultados da investigação, destacando respostas para as questões da investigação.

## 6 RESULTADOS

Iniciamos este capítulo com a apresentação da OP planejada pelos estudantes para a atividade no Cap-UFRGS, para depois comentarmos um dos resultados mais surpreendentes e importantes desta pesquisa: já no planejamento da atividade percebemos a quase total ausência de componentes teórico-epistemológicos próprios da modelagem didático-científica + nos discursos dos estudantes. Analisamos a OP implementada pelos licenciandos, observando que a ausência de elementos essenciais da modelagem perduram.

### 6.1 ORGANIZAÇÃO PRAXEOLÓGICA PLANEJADA

Nesta e na próxima seção apresentamos uma resposta para a primeira questão de pesquisa específica apresentada na introdução: *Quais tarefas e técnicas foram propostas por licenciandos no planejamento e implementação de atividades experimentais ao buscar transpor Episódios de Modelagem, voltados para o Ensino Superior, para a Educação Básica? Que discursos tecnológicos são evocados para justificar, explicar e/ou gerar essas técnicas?*

O EM planejado pelos licenciandos, intitulado *Fiat Lux*, tinha como principal objetivo estudar o funcionamento dos LED's, associando a frequência da luz emitida pelo LED (a sua cor) com a diferença de potencial mínima para a qual tais componentes passam a emitir luz (a sua tensão de corte).

Os licenciandos prepararam uma tarefa de leitura (Anexo 2) que continha informações básicas sobre o funcionamento dos LED's. Havia perguntas no final para que pudesse ser desenvolvida uma atividade baseada no método *Ensino sob Medida*<sup>7</sup> no início da primeira aula, na discussão inicial, possibilitando a mobilização de conceitos importantes para a problematização da atividade. Durante esse primeiro momento da aula, os licenciandos apresentariam essa problematização por meio de uma discussão sobre a explicação de

---

<sup>7</sup> Método no qual o professor prepara uma aula baseada nas dúvidas e dificuldades dos alunos, que são identificadas antes da aula através de algum tipo de questionário.



Einstein para o efeito fotoelétrico e aplicações práticas dos LED's, principalmente em relação a sua eficiência e economia quando comparada a outras fontes de luz.

Resumidamente, na etapa de investigação do EM planejado seria solicitado que os estudantes do CAP inferissem o valor da constante de Planck baseando-se na explicação presente na tarefa de leitura e na explicação feita pelos licenciandos alguns instantes antes sobre a quantização de energia. Para isso, eles deveriam medir a tensão de corte de um LED e, identificando a frequência da luz emitida por aquele LED a partir da cor dessa luz, explorar a equação abaixo, onde “ $e$ ” é a carga elétrica fundamental ( $1,6 \times 10^{-19}$  C), “ $V_C$ ” é a tensão de corte, “ $h$ ” é a constante de Planck e “ $f$ ” é a frequência da luz emitida. O guia da atividade pode ser consultado no Anexo 3.

$$e.V_C=h.f$$

Apresentamos abaixo um quadro 3 para facilitar o entendimento da OP planejada seguido de uma explicação (imprescindível para a plena compreensão da OP) onde explicitamos trechos que embasaram os elementos da OP. Reiteramos que as OP foram construídas no *topos* dos estudantes de Ensino Médio, dessa forma são apresentadas as tarefas que os alunos do CAp realizaram e as respectivas técnicas empregadas.

No quadro e textos abaixo usamos os símbolos apresentados na seção referencial teórico para representar os tipos de tarefas, tarefas, técnicas, tecnologias e teorias. Os índices que acompanham cada símbolo são para sistematizar a Organização Praxeológica. Por exemplo, a técnica  $\tau_{12}$  é a segunda técnica evocada para a tarefa  $t_{11}$ . Já  $\theta_{12}$  é a tecnologia que gera e explica a técnica  $\tau_{12}$ . Os elementos que constituem o bloco da *práxis* da OP estão na perspectiva dos estudantes de Ensino Médio, ou seja, estas são as tarefas que os estudantes de Ensino Médio enfrentaram, seguidas das técnicas que mobilizaram para isso. Os elementos constituintes do bloco do *logos* da OP estão na perspectiva dos licenciandos, portanto trata-se dos discursos racionais que justificaram ou geraram as ações dos estudantes de Ensino Médio. Em vários momentos não foi possível identificar as teorias, que geram e justificam as tecnologias correspondentes. Chevallard alerta que isso é possível, como foi destacado no Capítulo 3.

Nesta dissertação, os estudantes do CAp serão denominados de estudantes de Ensino Médio ou alunos e os licenciandos, como são o foco da pesquisa, muitas vezes aparecem especificados como Licenciando 1, Licenciando 2,..., Licenciando 9.

Tipo de tarefa	Tarefa	Técnica	Tecnologia	Teoria
T <sub>1</sub> – Estudar previamente.	t <sub>11</sub> – Realizar uma tarefa de leitura.	τ <sub>11</sub> – Leitura de uma parte selecionada do livro-texto.	θ <sub>11</sub> – Para otimizar o tempo de sala de aula, os alunos tomam primeiro contato com o conteúdo previamente.	Não identificada.
		τ <sub>12</sub> – Responder duas questões sobre o funcionamento dos LED's.	θ <sub>12/13</sub> – O conhecimento prévio das dúvidas e dificuldades dos estudantes permitiria aos licenciandos organizar um ensino sob medida ( <i>Just-in-time Teaching</i> ) para seus alunos.	
		τ <sub>13</sub> – Responder uma questão relativa às próprias dificuldades enfrentadas em τ <sub>11</sub> e τ <sub>12</sub> .		
T <sub>2</sub> – Discutir o problema proposto na atividade.	t <sub>21</sub> – Explicar o funcionamento de um LED por meio de um modelo de junção P-N.	τ <sub>21/22</sub> – Participação em um debate introdutório conduzido pelos licenciandos onde é apresentada uma problematização para a atividade.	θ <sub>21/22</sub> – A problematização da atividade é uma característica fundamental em um EM.	Não identificada.
	t <sub>22</sub> – Familiarizar-se com a explicação do efeito fotoelétrico a partir da quantização de energia.			
	t <sub>23</sub> – Relacionar a tensão de corte dos LED's com suas cores.	τ <sub>23</sub> – Uso da relação entre a energia fornecida por um circuito a um LED com a energia dos fótons emitidos por eles ( $V_e = h.f$ , onde $V$ é a tensão de corte do LED, $e$ , a	θ <sub>23</sub> – Considera-se que toda a energia cedida ao LED é transformada em energia dos fótons emitidos por eles. Nesse contexto, a relação presente em τ <sub>22</sub> é válida e útil para a inferência da	Θ <sub>232</sub> – Teoria Eletromagnética.

Tipo de tarefa	Tarefa	Técnica	Tecnologia	Teoria
		carga de um elétron, $h$ é a constante de Plank, e $f$ é a frequência da luz emitida pelo LED).	tensão de corte de LEDs em laboratórios didáticos.	
T <sub>3</sub> – Coletar dados experimentais.	t <sub>31</sub> – Completar a montagem de um circuito contendo uma fonte de 5V (a do próprio Arduino), um potenciômetro e um LED em série inserindo o LED no local adequado.	τ <sub>31</sub> – Escolha de um LED dentro de um conjunto de cinco cores e inserção dele no circuito.	θ <sub>31</sub> – É importante que seja oportunizado aos estudantes momentos de tomada de decisão.	Não identificada.
	t <sub>32</sub> – Medir pares ordenados de corrente elétrica e diferença de potencial no LED.	τ <sub>32</sub> – Variar a resistência do potenciômetro e registrar medidas coletadas com a plataforma Arduino.	θ <sub>32</sub> – Ao variar a resistência no potenciômetro, muda-se a diferença de potencial nele e consequentemente no LED, pois a diferença de potencial total no circuito é considerada constante.	
T <sub>4</sub> – Analisar os dados experimentais.	t <sub>4</sub> – Construir um gráfico, no computador, da corrente elétrica pela diferença de potencial no LED.	τ <sub>41</sub> – Transferência dos dados fornecidos pelo Arduino para um <i>software</i> de edição de textos (LibreOffice Writer) para substituir os pontos por vírgulas nos números decimais.	θ <sub>41</sub> – O <i>software</i> usado para a análise dos dados só reconhece números decimais que usam vírgulas.	Não identificada.
		τ <sub>42</sub> – Transferência dos dados transformados para o <i>software</i> de análise de dados (LibreOffice Calc) utilizado nesta atividade os dados fornecidos pelo Arduino.	θ <sub>42/43</sub> – Ao construir um gráfico da corrente elétrica pela diferença de potencial no LED, encontra-se uma curva aproximadamente exponencial, essa curva possui uma parte com um regime aproximadamente linear e ao fazer o prolongamento dessa reta até o	Θ <sub>42/43</sub> – Mecânica Quântica.
		τ <sub>43</sub> – Construção de um		

Tipo de tarefa	Tarefa	Técnica	Tecnologia	Teoria
		gráfico com os valores da corrente elétrica no eixo das abcissas e os valores de diferença de potencial no eixo das ordenadas.	eixo das abcissas encontra-se a tensão de corte daquele LED.	
T <sub>5</sub> – Debater os resultados e conclusões obtidos com o restante da turma e com os licenciandos.	t <sub>51</sub> – Responder à questão presente no fim do guia que versa sobre a diferença entre o valor teórico da faixa de frequência de cada cor e o valor obtido experimentalmente para o LED escolhido.	τ <sub>51/52</sub> – Comparação entre os valores nominais da frequência da luz emitida pelos LED's com os obtidos experimentalmente, fariam o mesmo para a tensão de corte do LED.	θ <sub>51/52</sub> – Para vincular a teoria com a experimentação, é necessário fazer uma contrastação dos valores nominais obtidos experimentalmente.	Não identificada.
	t <sub>52</sub> – Responder à questão presente no fim do guia que versa sobre a diferença do valor nominal da tensão de corte do LED escolhido para o valor obtido experimentalmente.			
	t <sub>53</sub> – Compartilhar os resultados e reflexões do grupo para o restante da turma.	τ <sub>53</sub> – Utilização de quadros brancos para organizar e sintetizar os resultados e conclusões.	θ <sub>53A</sub> – A divulgação dos resultados é uma característica essencial em um EM.  θ <sub>53B</sub> – Seguir a orientação do professor da disciplina de Instrumentação para Laboratório de que os quadros brancos são um componente importante nos EM.	

Quadro 3. Organização Praxeológica planejada do EM no *topos* dos estudantes do CAP.

Como dito anteriormente, usualmente a primeira etapa de um EM é um estudo prévio ( $T_1$ ) que ocorre por meio de uma tarefa de leitura ( $t_{11}$ ). Os estudantes de Ensino Médio deveriam ler as páginas 87, 88, 89, 90 e 91 do livro-texto selecionada pelos licenciandos ( $\tau_{11}$ ).

Nestas páginas havia uma breve explicação sobre semicondutores, os diferenciando dos condutores e isolantes devido pelas configurações eletrônicas de seus átomos, explorando o conceito de banda de valência. Posteriormente o texto apresenta os semicondutores artificiais, que desenvolvidos utilizando-se uma dopagem P (positivo) ou N (negativo). Tal dopagem é feita para manipular a diferença energética entre os níveis das bandas de valência, utilizando-se elementos com uma estrutura eletrônica apropriada para tal fim.

Na seção seguinte são apresentados os Diodos e os LED'S. Os primeiros são semicondutores com dopagem positiva e negativa e os últimos são, literalmente, diodos emissores de luz, em inglês *Ligth Emiting Diode*. Destaca-se no texto que os diodos só permitem a passagem de corrente elétrica em um sentido.

Toda a explicação do trecho selecionado pelos licenciandos era rica em ilustrações, principalmente nas partes que versavam sobre a banda de valência e o “salto” que os elétrons precisam fazer em semicondutores. A única equação presente era a do efeito fotoelétrico e, apesar da complexidade inerente ao tema, o texto era acessível.

Podemos inferir do trecho abaixo, de uma fala da Licencianda 8, que um dos objetivos dos licenciandos era que os estudantes de Ensino Médio tivessem um primeiro contato com o conteúdo previamente, otimizando o tempo em sala de aula ( $\theta_{11}$ ).

*“A gente fez uma tarefa de leitura, que eles já estão em contato, alguns vão responder pelo Google Docs<sup>8</sup>, alguns vão nos entregar em mãos. Nessa tarefa de leitura a gente mandou eles lerem um texto do próprio livro texto que eles trabalham, o quanta física<sup>9</sup>, que fala o que é um semicondutor, o que é uma junção PN e fala sobre os LED's. A tarefa de leitura é pra eles pensarem sobre isso”.*  
(Licencianda 8)

<sup>8</sup> Editor de texto online onde é possível compartilhar arquivos.

<sup>9</sup> Livro texto de Física usado no CAP-UFRGS.

Ao final da tarefa de leitura, os estudantes de Ensino Médio deveriam responder duas questões sobre propriedades dos semicondutores ( $\tau_{12}$ ), e a uma questão sobre as dificuldades encontradas na tarefa de leitura ( $\tau_{13}$ ) (vide Anexo 2). O objetivo dos licenciandos era identificar as concepções prévias dos estudantes de Ensino Médio e quais dificuldades tiveram ao ler sobre o assunto, para assim iniciar a primeira aula do EM utilizando o método *Ensino sob Medida* ( $\theta_{12}$ ). Isso fica evidenciado pelas falas da Licencianda 8 e do Licenciando 9, respectivamente: “*A tarefa de leitura a gente tá fazendo pra conseguir identificar quais são as dificuldades deles, quais são as concepções alternativas que eles têm no entendimento dessa parte da Física*”; “*A gente vai usar essas respostas pra basear a nossa explicação nessas respostas, inspirado lá no Just-in-Time Teaching<sup>10</sup>*”.

Antes de fazer o experimento, é preciso que os estudantes de Ensino Médio compreendam o problema e o objetivo da atividade ( $T_2$ ) que era: explicar o funcionamento de um LED por meio de um modelo de junção P-N ( $t_{21}$ ); familiarizar-se com a quantização de energia como explicação para o efeito fotoelétrico ( $t_{22}$ ); e relacionar a tensão de corte dos LED's com suas cores ( $t_{23}$ ). Pode-se inferir estes objetivos a partir do parágrafo inicial do guia feito pelos licenciandos (Anexo 3) onde se lê: “*Por que os LEDs têm cores diferentes? Como é o funcionamento desses componentes eletrônicos? Essas são questões que compreenderemos com mais profundidade ao final desta investigação experimental*”. Para executar  $t_{23}$ , era esperado que os estudantes de Ensino Médio fizessem uso da relação entre a energia fornecida por um circuito a um LED com a energia dos fótons emitidos por eles ( $V.e=h.f$ , onde “ $V$ ” é a tensão no circuito, “ $e$ ” é a carga de um elétron, “ $h$ ” é a constante de Planck e “ $f$ ” é a frequência da luz emitida pelo LED) ( $\tau_{22}$ ) o que é evidenciado no diálogo entre o Aluno 6 e o professor transcrito abaixo:

**Professor:** *Com que objetivo os alunos (estudantes de Ensino Médio) vão fazer o experimento?*

**Licenciando 6:** *Com o objetivo de avaliar a energia emitida por um LED.*

**Professor:** *E como é que eles vão medir isso?*

**Licenciando 6:** *Com a tensão de corte e com essa “equaçõzinha” aqui (escreve a equação  $V.e=h.f$  no quadro).*

Foi planejado para o início da primeira aula do EM um debate onde seria apresentado a problematização da atividade ( $\tau_{21/22}$ ) (uma problematização histórica). Como discutido

<sup>10</sup> Termo em inglês para “Ensino sob Medida”.

anteriormente, a problematização é um elemento fundamental em um EM ( $\theta_{21}$ ) e é evidenciado na fala da Licencianda 8 que os licenciandos reconheceram isso:

*“A gente então elaborou uns slides, que já tão prontos, para problematizar a atividade. A gente optou por seguir uma problematização histórica. O questionamento que a gente vai fazer é por que Albert Einstein é tão famoso. A gente vai puxar ali pro fato de que ele não ganhou o prêmio Nobel por conta da teoria da relatividade, que é o que geralmente se pensa e tudo mais. A gente vai tentar fazer uma problematização em cima disso e vamos tentar ‘linkar’ com as respostas que os alunos derem. Essa problematização é para a gente não chegar lá respondendo pergunta que ninguém fez”* (Licencianda 8).

A fala da estudante evidencia que, ainda que os conceitos de problematização e contextualização tenham sido amplamente debatidos durante o período de pré-planejamento, a licencianda os utiliza de forma despretensiosa, demonstrando não compreendê-los com clareza. A ênfase na problematização demonstrada pelos licenciandos será amplamente tratada na seção *Considerações Finais*.

Em seguida começaria a coleta de dados ( $T_3$ ). Os estudantes de Ensino Médio teriam em suas mesas um circuito quase montado sobre uma *proto-board*, na qual havia uma placa Arduino ligada a um computador, que funcionava como fonte e como instrumento de coleta de dados; e um potenciômetro. Eles deveriam completar a montagem desse circuito ( $t_{31}$ ) escolhendo um LED entre cinco opções de cores possíveis ( $\tau_{31}$ ) e inseri-lo em série no circuito, como ilustrado na Figura 2. Os licenciandos optaram por não entregar o circuito montado por completo, pois em um EM é importante que seja oportunizado aos estudantes de Ensino Médio momentos de tomada de decisão ( $\theta_{31}$ ), como destacado pelo no trecho abaixo:

*“[...] na construção do guia, pelo menos a gente tentou não colocar de uma maneira muito imperativa, tipo, faça tal coisa, para que tenha um grau de abertura. Não pode ser um grau de abertura muito grande por se tratar de uma sala de Ensino Médio, enfim, mas também não podia virar uma receita de bolo. Daí a gente vai colocar um momento ali em que o aluno vai poder ter uma tomada de decisão, o aluno vai poder escolher a cor do LED com o qual ele vai trabalhar”.* (Licencianda 8)



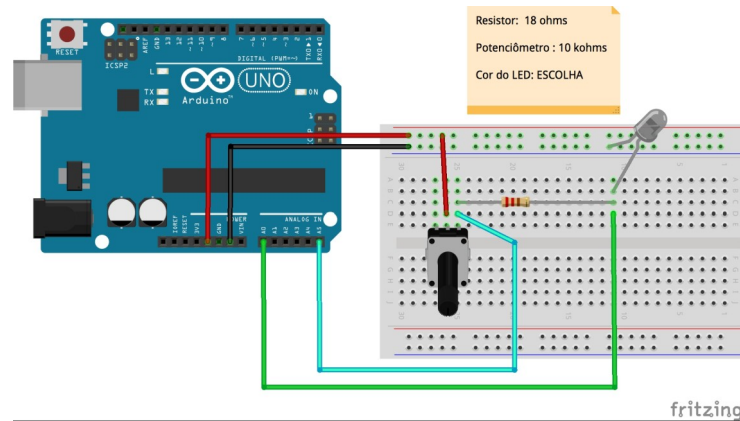


Figura 2. Representação esquemática de como deveria ficar o circuito após o LED ser inserido.

Embora essa escolha seja simples, ela era a única prevista no planejamento, o que evidencia a grande dificuldade dos licenciandos em favorecer momentos em que os discentes tivessem autonomia para fazer escolhas. Essa é uma característica importante dos EM, pois sem possibilidade de fazer escolhas significativas o processo de modelagem é gravemente comprometido. Argumentaremos nas próximas seções e no Capítulo *Considerações Finais* que essa ausência de momentos de escolha não aconteceu em decorrência dos licenciandos não estarem convencidos da sua importância, mas pela inexperiência em elaborar um EM.

Posteriormente à escolha do LED e com o circuito funcionando, os estudantes de Ensino Médio deveriam coletar com a Arduino dados constituídos por pares ordenados da corrente elétrica e da correspondente tensão no LED, que seriam posteriormente analisados ( $t_{32}$ ). Diferentes valores de corrente elétrica e tensão seriam coletados ao variar a resistência do potenciômetro ( $\tau_{32}$ ), pois considerava-se que a tensão fornecida ao circuito pela saída de 5V da Arduino constante. Dessa forma, ao diminuir a resistência do potenciômetro, também se diminuiria a tensão nele, conseqüentemente a tensão e a corrente no LED aumentam ( $\theta_{32}$ ).

No início da segunda aula, de posse dos dados de tensão e corrente elétrica no LED, os estudantes de Ensino Médio deveriam analisá-los para determinar a tensão de corte do LED escolhido ( $T_4$ ). A análise seria feita construindo, no computador, um gráfico da corrente elétrica pela tensão no LED ( $t_4$ ). Antes de transferir os dados coletados da IDE da Arduino para o *software* de análise de dados (foi usado o *software* LibreOffice Calc), seria preciso fazer uma pequena alteração neles: nos números decimais, os pontos deveriam ser substituídos por vírgulas ( $\tau_{41}$ ). Isso seria necessário porque o *software* de análise de dados não reconhece vírgulas ( $\theta_{41}$ ). Apesar de, a primeira vista, esta ser uma tarefa trivial, optamos por

explicitá-la pelo tempo despendido para sua realização, aproximadamente um terço do tempo despendido na análise dos dados.

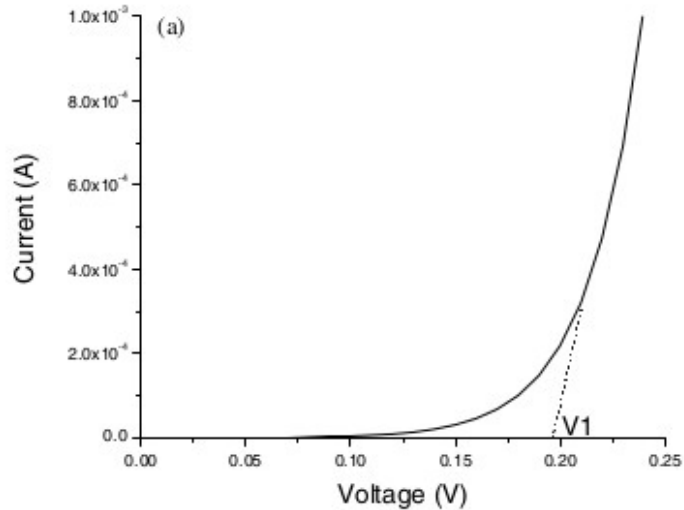


Figura 3. Gráfico da tensão pela corrente elétrica em LED.

Depois dessa alteração nos dados, eles deveriam ser colados no *software* de análise de dados ( $\tau_{42}$ ) para então se plotar um gráfico da tensão, no eixo das abcissas, em função da corrente elétrica no LED, no eixo das ordenadas ( $\tau_{43}$ ). Com o gráfico confeccionado, obtêm-se uma curva aproximadamente exponencial, como explica o Aluno 4: “*os estudantes vão determinar um gráfico de corrente por tensão. Esse gráfico vai ser uma exponencial e a gente vai pedir para eles selecionarem a parte que eles acharem que é linear, tem um regime linear, para aí fazer um ajuste de reta para determinar a tensão de corte*”. Ao fazer o prolongamento dessa reta até o eixo horizontal, encontra-se a tensão de corte do LED ( $\theta_{42/43}$ ). A Figura 3 a seguir estava presente no guia desenvolvido pelos licenciandos, a linha pontilhada ilustra o que eles esperavam que fosse feito pelos estudantes de Ensino Médio

Com a análise terminada, os estudantes de Ensino Médio deveriam debater entre si e com os licenciandos os resultados e conclusões que obtiveram ( $T_5$ ). Para tanto, eles deveriam, inicialmente, responder duas questões presentes no final do guia da atividade. A primeira se referia à diferença entre o valor de referência apresentado em livros da faixa de frequência de cada cor do espectro visível e o valor inferido experimentalmente para o LED escolhido ( $t_{51}$ ). A segunda trata sobre a diferença do valor nominal da tensão de corte do LED escolhido e o valor inferido experimentalmente ( $t_{52}$ ). Ao responder essas questões, os estudantes de Ensino Médio comparariam os valores nominais da frequência da luz emitida pelos LED's com os

obtidos experimentalmente. Fariam o mesmo para a tensão de corte do LED ( $\tau_{51/52}$ ). Essa comparação é importante para vincular a teoria com a prática e evidenciar que os valores experimentais não são iguais aos teóricos ( $\theta_{51/52}$ ), como realçado pela fala do Aluno 4: “eles vão determinar a frequência e aí eles vão bater com o que se esperou. Eles vão contrastar”. A Licencianda 8 fez um comentário semelhante.

*“Daí, nas discussões, a gente colocou algumas perguntas, a gente retomou o que eles mediram nessa atividade e fizemos perguntas para nortear a análise dos dados. Aqui o ‘a partir dos dados que você coletou, você diria que todos os fótons do LED são emitidos com a mesma frequência emitida na tabela?’”* (Licencianda 8)

A apresentação dos resultados e conclusões ( $t_{53}$ ) deveria ser feita com o uso de quadros brancos, nos quais os estudantes de Ensino Médio deveriam organizar e sintetizar suas ideias ( $\tau_{53}$ ). O uso dos quadros brancos foi incluído no planejamento na última aula antes da implementação, após o professor da disciplina de "Instrumentação para Laboratório" reafirmar que este é um componente importante ( $\theta_{53B}$ ), como é destacado no diálogo abaixo entre a Licencianda 8, o Licenciando 4, um doutorando<sup>11</sup> que estava presente e o professor da disciplina:

*Licencianda 8:* [...]essa discussão final é aquela parte que eles apresentam os resultados pra gente.

*Doutorando:* Com quadrinhos brancos?

*Licencianda 8:* Oh [nome do professor], a gente vai usar quadrinho branco?

*Professor:* Quadrinho branco? Claro! É a discussão final.

*Licencianda 8 e o Licenciando 4* (quase simultaneamente): Sim..

*Professor:* Não é pra ser?

*Licenciando 4:* Sim, sim. A gente só...

*Doutorando:* Não tinham pensado.

## 6.2 ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO PRAXEOLÓGICA PLANEJADA: UM EPISÓDIO DE MODELAGEM SEM MODELAGEM?

O leitor atento talvez tenha percebido uma contradição na OP apresentada na seção 6.1: os discursos tecnológicos não contém afirmativas que envolvam a modelagem

<sup>11</sup> Um doutorando do PPGEnFis da UFRGS acompanhou algumas aulas da disciplina, com o intuito de cumprir sua carga horária em atividades extracurriculares.

diretamente e a MDC+ não aparece como teoria em nenhum momento na OP. A atividade não possui os elementos fundamentais que caracterizam um EM. As idealizações do modelo teórico subjacente à investigação experimental desenvolvida pelos estudantes do Ensino Médio não foram discutidas. Por exemplo, não foram debatidas as implicações de se assumir que toda a energia cedida para um LED é emitida na forma de luz, de que a luz emitida por um LED é monocromática ou de que a corrente elétrica que circula nesse componente é linearmente proporcional à tensão a qual ele é submetido. Também não foram discutidos os elementos da modelagem relacionados com os procedimentos de coleta de dados conduzidos. Por exemplo, não foi destacado que a resistência dos fios do aparato experimental são desprezadas no modelo teórico utilizado para se inferir a tensão elétrica ao qual o LED era submetido. Em suma, ainda que a atividade planejada envolvesse muitos elementos que poderiam dar sentido aos conceitos do campo conceitual da modelagem científica, ela acabou sendo reduzida a uma atividade experimental inovadora, mas sem vínculos significativos com elementos do processo de modelagem científica.

Apesar de, como já dito, os licenciandos terem tido contato com uma série de trabalhos e artigos que versavam sobre o papel da experimentação no Ensino de Física, e muitos deles especificamente sobre a contribuição do enfoque na modelagem, ao delinear uma atividade experimental, os licenciandos não consideraram esse enfoque como algo prioritário e que deveria permear toda a atividade. Como fica claro no trecho abaixo de uma fala da Licencianda 8, a modelagem foi considerada um conteúdo a mais, que deveria ser discutida em um momento específico.

*“[...]acredito que a questão da modelagem pode entrar nessa explicação breve que a gente vai fazer, sem usar o termo modelagem. A gente faz os questionamentos do LED monocromático, eu acho isso importante, eles vão tá interessados, por que eles vão usar uma frequência ali.” [grifo nosso] (Licencianda 8)*

Destacamos o papel do professor da disciplina de Instrumentação para Laboratório, que diversas vezes durante o delineamento da atividade incentivou os licenciandos a inserir elementos da MDC+, como exemplifica o estrato abaixo do final de umas das aulas em que ocorreu o planejamento, onde discutiam o que faltava para a atividade ficar pronta:

*“Outra coisa que é importante pensar é: se trata de um Episódio de Modelagem. Vou repetir mais uma vez, o que tem de simplificação da realidade, o que tem de...*

*como é que a gente está modelando esse negócio? Entendem o que eu estou dizendo? Onde é que entra a modelagem nesse negócio?” (Professor)*

Após esses questionamentos, os licenciandos ficaram calados, pensativos, indicando que até aquele momento não estava claro para eles como a modelagem seria abordada. Eles já tinham demonstrado um sentimento de que aquilo era secundário e que havia questões mais urgentes. Como pode ser observado no diálogo abaixo da Licencianda 7 e o professor da disciplina de Instrumentação para Laboratório:

**Professor:** *Outra coisa importante: é um Episódio de Modelagem. Onde está a modelagem nisso aí?*

**Licencianda 7:** *Ai meu Deus!(com um tom de “mais uma coisa para nos preocuparmos”).*

*[Os alunos ficaram calados por alguns segundos pensando]*

**Professor:** *Tá, isso não precisa pensar por enquanto, mas vão ficando com isso na cabeça, quais são as idealizações que estão por trás desse modelo que a gente tá usando aqui?*

Faz-se mister salientar que a atividade desenvolvida difere de uma atividade tradicional de laboratório, principalmente pela ênfase demonstrada pelos licenciandos na tentativa de problematizar a atividade, embora eles tenham confundido problematização com contextualização, como é evidenciado pela fala da Licencianda 8 abaixo:

*“Tem que tá no guia a problematização inicial... a gente tem que colocar... tem que tá no guia a problematização inicial, discussão sobre os LED's, aquela coisa lá de economia de energia, do impacto do LED na sociedade, acho que isso tem que tá presente tanto no guia quanto nos slides da discussão.” (Licencianda 8)*

Também houve preocupação para que a atividade não fosse demasiadamente estruturada, embora a única liberdade possibilitada aos estudantes do CAP foi a escolha da cor do LED, o que é insuficiente para afirmar que eles tiveram autonomia durante a atividade. Os licenciandos estavam cientes da importância de não ser excessivamente diretivo durante a atividade, porém encontraram grande dificuldade em fazê-lo.

Por esses motivos o professor da disciplina tinha a expectativa de que, durante a implementação da atividade, a modelagem fosse explicitada e efetivamente discutida. No que segue, descrevemos e avaliamos a OP implementada da atividade, buscando identificar momentos em que um discurso tecnológico-teórico pautado na modelagem estivesse presente.

### 6.3 ORGANIZAÇÃO PRAXEOLÓGICA IMPLEMENTADA

Nesta seção e na próxima, descrevemos a OP da atividade que foi implementada no CAp da UFRGS, destacando as diferenças entre esta OP e a OP apresentada na última seção. São apresentados fragmentos dos dados coletados para fundamentar nossa argumentação. Devido às poucas diferenças entre a OP planejada e a implementada, optamos aqui por não utilizar um novo quadro para detalhar a OP implementada. Como muitas informações seriam repetidas nesse quadro, escolhemos nos limitar nessa seção a apenas destacar as diferenças entre as OP.

Seguindo o que estava planejado, a primeira tarefa executada no EM foi estudar previamente sobre o tema, o que foi feito através de tarefa de leitura. Os estudantes do CAp leram uma parte do livro-texto selecionada pelos licenciandos, responderam à duas questões presentes no fim do texto que versavam sobre as propriedades dos semicondutores, e a uma questão sobre as dificuldades que tiveram ao fazer a tarefa de leitura. Com essas respostas os licenciandos puderam organizar um Ensino sob Medida para iniciar a primeira aula da atividade, da forma como planejaram. Como pode ser constatado na fala do Licenciando 9 logo antes de se iniciar esta etapa:

*“Agora a próxima etapa é a seguinte, vocês já fizeram a tarefa de leitura né? Nós já temos várias delas, não sei se vocês já fizeram alguma coisa desse tipo antes, fazer uma tarefa antes da aula e mandar para o professor. Bom, tem um motivo para fazer isso. É o seguinte, isso aí é uma técnica que a gente vai usar o que vocês fizeram antes, para esclarecer as dúvidas de vocês.”* (Licenciando 9)

Com o objetivo de possibilitar aos estudantes de Ensino Médio a oportunidade de compreender o problema sobre o qual a atividade versaria ( $T_2$ ) os licenciandos fizeram o debate inicial que estava previsto, usando a metodologia *Ensino sob Medida*, onde buscaram efetivar a contextualização histórica ( $\tau_{21/22}$ ) que haviam planejado, iniciando com um questionamento da razão pela qual Albert Einstein foi laureado com o prêmio Nobel. Seguiu-se uma explicação sobre as limitações do modelo previsto pela Física Clássica e como a ideia de quantização de energia contornava essas limitações, o que pode ser visto no trecho da fala da Licencianda 7 abaixo:

*“[...] Acontece que com a Física clássica, o modelo explicado pela Física clássica para o efeito fotoelétrico, ele tinha alguns probleminhas que não batiam com a*

*realidade. Por exemplo: ele era independente da intensidade da luz. [...] O modelo da Física Clássica tinha esse problema. Para qualquer intensidade de luz a tensão de corte era a mesma. E aí não se sabia como explicar isso. Então Einstein explicou tudo isso usando a quantização de energia que já tinha sido dita por Planck. Tá ali a constante de Planck. Então Einstein explica todo esse efeito fotoelétrico usando a ideia de quantização de energia. Foi por isso que ele ganhou o Nobel e não por causa da relatividade.” (Licencianda 7)*

Inferimos do diálogo abaixo, do professor da disciplina Instrumentação para Laboratório após a implementação com a Licencianda 7, que o discurso tecnológico que justifica a presença da problematização/contextualização é que esta proporciona motivação aos estudantes de Ensino Médio:

**Professor:** *E a problematização? Vocês conseguiram problematizar a atividade?*

**Licencianda 7:** *Eu acho que sim. Teve gente dormindo, que não tava prestando atenção na discussão inicial, mas eu acho isso é uma coisa de aluno de Ensino Médio com Slide. Eles não estavam dormindo porque a nossa discussão não estava boa. Eu acho que não era porque estava chato. Eu acho que a gente conseguiu fazer o link do efeito fotoelétrico para o nosso experimento e eu acho que falar ali da conta de luz, ali no final... Isso foi uma problematização muito boa.*

Os licenciandos explanaram o princípio de funcionamento dos LED's e como a quantização de energia possibilita a construção de uma explicação para o efeito fotoelétrico, o que pode ser observado no trecho da fala da Licencianda 7:

*“Vocês podem estar se perguntando o que tem a ver semicondutores com o Einstein e o efeito fotoelétrico. A ideia é que quando a gente vai trabalhar com LED's, eles emitem luz em frequências específicas, ou seja, em frequências quantizadas. E aí que tá a quantização de energia, e aí que vai vir a atividade de vocês.” (Licencianda 7)*

Ao fim da abordagem inicial o Licenciando 6 iniciou a etapa de coleta dados declarando:

*“Então é o seguinte, o que vocês vão fazer... Nós vamos descobrir qual é a tensão de corte de um LED. ‘Ah professor, o que é tensão de corte?’ A tensão de corte é a partir de quanto de energia o LED começa a operar e começa a acontecer esse fenômeno[LED acender/efeito fotoelétrico], certo?” (Licenciando 6)*

Ele projetou a Figura 1 da seção anterior no quadro e informou os estudantes que aquele circuito já estava praticamente pronto nas mesas deles. Era preciso completá-lo apenas

inserindo um LED que eles deveriam escolher. Após escolher um LED e com o circuito funcionando, os estudantes começaram a medir a corrente elétrica no LED para vários valores de tensão nele. Os estudantes variaram a resistência do potenciômetro, mas, diferente do que foi planejado, eles não tinham um discurso tecnológico elaborado, apenas seguiam as orientações dos licenciandos sem ter muita clareza do que estavam fazendo. Como pode ser observado no diálogo abaixo entre um secundarista e a Licencianda 1, onde a licencianda explica apenas a função do potenciômetro, sem esclarecer os princípios de funcionamento do componente:

**Aluno 1:** *Me diz uma coisa, para que serve isso aqui?*

**Licencianda 1:** *Isso é um potenciômetro, é para tu poder mudar a quantidade de voltagem que está passando em todo o teu circuito. Tu vai ver que depois que tu ligar, conforme tu for girando, ele vai mudando, e é isso que tu tem que medir.*

Os licenciandos iniciaram a segunda aula informando aos estudantes de Ensino Médio que eles teriam trinta minutos para analisar os dados obtidos na aula anterior. Que, para tanto, um gráfico da corrente elétrica pela tensão no LED deveria ser construído no computador (Figura 4).

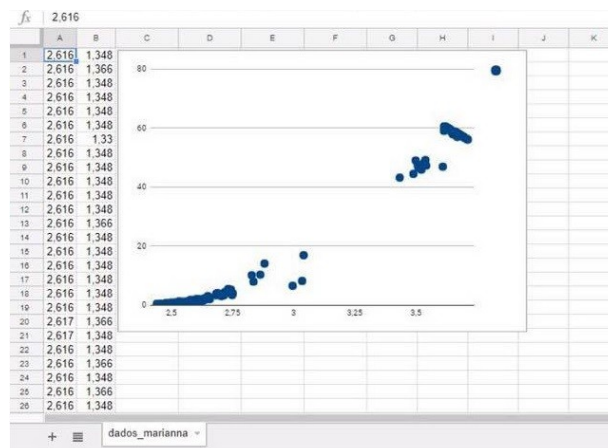


Figura 4. Gráfico da Tensão x corrente construído por um grupo de estudantes de Ensino Médio.

Enquanto faziam a análise os estudantes, deveriam preparar os quadros brancos (Figura 5) para apresentar suas conclusões a toda a turma, como explicitado abaixo pelos trechos de falas das Licenciandas 2 e 7, respectivamente:



“Tem quadros brancos, pequenos, aqui na frente. Eu peço que cada um dos grupos venha pegar um deles e trabalhe na construção desse quadro juntamente com o gráfico. No sentido de que esse quadro vai auxiliar vocês na discussão final, sobre o que vocês produziram. Então vocês vão montando o gráfico e já escrevendo as coisas que vocês encontraram durante o trabalho nesse quadro, o que vocês acharem importante[...]. Então assim, vocês vão ter uma meia hora para trabalhar na montagem desse quadro e dos gráficos. Muita gente ficou na dúvida dos dados que coletaram, tenho uma coisa para dizer para vocês, a tensão no resistor não nos interessa. O que nos interessa é tensão no LED e a corrente (elétrica), a gente vai trabalhar com esses dois dados. Porque o que nos interessa hoje é trabalhar com o LED, a corrente é a corrente que passa pelo LED e a tensão no LED é a tensão que nos importa. Então para a gente descobrir a tensão de corte a gente vai usar esses dois dados aqui.” (Licencianda 2)

“Vocês façam os gráficos no computador, salvem lá no Excel e tal, passem para o quadro [branco] esse gráfico, com os resultados que vocês acharam, que vocês obtiveram, escrevam o que vocês entenderam dessa experiência. Vocês vão ter que apresentar, não só mostrar o gráfico para todo mundo, vocês vão ter que falar para o grupo inteiro o que tá acontecendo no experimento.” (Licencianda 7)

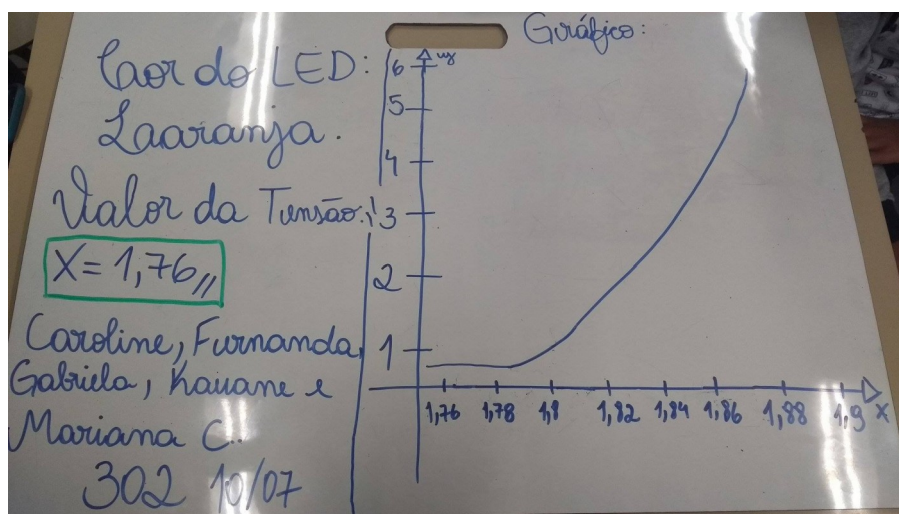


Figura 5. Quadro branco construído por um dos grupos de estudantes de Ensino Médio.

Os estudantes seguiram essas instruções. Entretanto, antes de começarem a construir os gráficos, foi preciso que eles fizessem a substituição dos pontos por vírgulas utilizando um editor de texto. Posteriormente, foi feita a transferência dos dados já modificados para o *software* onde o gráfico foi construído, e a tensão de corte pôde ser determinada. De posse da tensão de corte, os estudantes de Ensino Médio calcularam o valor da frequência da luz emitida pelo LED, fazendo uso da equação  $V_{c.e} = h.f$ . Fizeram isso

seguindo as orientações dos licenciandos, como a seguinte, do Licenciando 6: “*No guia<sup>12</sup> de vocês, está dizendo como faz para vocês descobrirem a frequência. Cada LED tem a sua.*”

Com a análise terminada, os estudantes apresentaram os resultados que alcançaram para o restante dos presentes, contudo não houve um debate sobre as conclusões a respeito das diferenças encontradas na contrastação dos valores experimentais com os nominais. Os estudantes apenas informaram os valores que mediram para a tensão de corte e a respectiva frequência de emissão dos LED's. Cada grupo fez isso em menos de quatro minutos, como exemplificado pelo diálogo abaixo que ocorreu durante esta etapa:

**Aluno 1:** *A cor do nosso LED era laranja e o valor de tensão que a gente encontrou foi de 1,76.*

**Aluno 2:** *A gente encontrou esse resultado fazendo função afim com os dados que a gente encontrou no gráfico.*

**Licencianda 8:** *Muito bem, vocês acham que isso é um valor legal, vocês acham que isso é razoável?*

**Alunos 1 e 2:** *Acho que sim... [demonstrando insegurança].*

**Licencianda 8:** *Então tá. Próximo!*

Os licenciandos atribuíram essa celeridade na discussão devido à falta de tempo, como destacado pelas falas da Licencianda 8 e do Licenciando 9, respectivamente: “*Eles precisavam chegar nos resultados porque, enfim, eles precisavam ter alguma coisa, né? Então a gente deixou eles montarem os quadros e para discutir. Ficou muito pouco tempo*” (Licencianda 8).

*“Na discussão dos dados, na verdade, não teve discussão, teve só... os grupos chegaram assim ‘ah, a gente usou LED tal, a gente achou resultado x’. De vez em quando, comentavam em um minuto alguma dificuldade que tiveram, uma alguma coisa parecida, mas não mais que isso, porque ia faltar tempo se fosse mais que isso” [grifo nosso]. (Licenciando9)*

---

<sup>12</sup> Ver Anexo 3.

## 6.4 ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO PRAXEOLÓGICA IMPLEMENTADA

Nesta seção, analisaremos a OP implementada, respondemos a segunda questão de pesquisa específica da investigação: *As organizações praxeológicas planejada e implementada pelos licenciandos quando desenvolvem um Episódio de Modelagem na Educação Básica apresentam diferenças importantes entre si? Quais? Por quê?*

A OP implementada difere principalmente em dois pontos da OP planejada: na problematização e na discussão final da atividade. No que se refere à problematização, ela divergiu daquela proposta inicialmente pelo professor da disciplina Instrumentação para Laboratório, pois não houve coesão entre a parte histórica (explicação de Einstein para o efeito fotoelétrico) e a tensão de corte dos LED's, de forma que a problematização ficou desconectada da contextualização, restringindo-se à economia de energia e sustentabilidade. Sendo assim, não houve uma problematização efetiva, mas sim uma contextualização.

Outra substancial divergência ocorreu na discussão final, especificamente na tecnologia  $\theta_{53A}$  (a divulgação dos resultados é uma característica essencial em um EM), pois, durante a implementação, a discussão final foi feita com demasiada pressa, de forma que os resultados não foram debatidos, de forma a se alcançar maior clareza sobre tudo o que foi feito no EM.

Novamente a modelagem não estava presente no discurso tecnológico dos licenciandos, e eles perceberam isso, pois alguns dias após a implementação houve o seguinte diálogo:

**Licencianda 7:** Então assim, a questão da idealização que é uma questão muito importante, já que a gente está falando de modelagem não foi bem abordada e eu acho que a maioria saiu sem entender isso.

**Professor:** Mas por que não foi bem abordada?

**Licencianda 7:** Porque eu acho que a gente esqueceu na hora de preparar a atividade de ver em que momento a gente ia falar isso.

Nesse momento, após a implementação, os licenciandos continuavam demonstrando a concepção de que existia um momento específico para tratar da modelagem durante um EM, como pode ser percebido pela fala abaixo da Licencianda 7:

*Eu acho que essa parte da idealização deveria ter ficado na discussão inicial. Justamente por isso se faltasse tempo, mas eu achei que faltou a gente lembrar disso, até porque se chegasse na discussão final eu acho que a gente ia esquecer de novo. (Licencianda 7)*

Como abordado no Capítulo 3, a modelagem é um elemento intrínseco a um EM: deve estar presente de forma orgânica nas atividades, ou seja, deve estar presente nos discursos racionais que geram e justificam a maioria das técnicas. O entendimento de que elementos da modelagem científica devem ser discutido de forma pontual nas atividades vai de encontro com o discurso tecnológico subjacente à metodologia.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os modelos científicos desempenham um papel integrador entre teoria e realidade. Tal papel, no entanto, costuma ser negligenciado no ensino de Física, até mesmo por professores, assumindo-se posturas ingênuas frente aos modelos científicos. Por exemplo, podemos citar, o desconhecimento do caráter representacional dos modelos científicos, considerando-os como cópias especulares da realidade. Tal concepção foi identificada em pesquisas com professores de Ciências (BRANDÃO, 2010). Ideias como essa evidenciam uma lacuna na formação destes professores e, por isso, contribuir com alternativas para amenizar esse problema foi o objetivo geral desta pesquisa.

Amparados em pesquisas anteriores, consideramos os Episódios de Modelagem promissores para evidenciar a importância dos modelos didático-científicos. Por isso, nos propusemos a responder a questão de pesquisa geral: *Como licenciandos em Física transpõem a metodologia de Episódios de Modelagem para o Ensino Médio?* Queríamos entender quais as práticas seriam empregadas por licenciandos ao planejarem e aplicarem um EM na Educação Básica, e quais as motivações dessas práticas.

A Teoria Antropológica do Didático mostrou-se um referencial teórico apropriado, pois é intrínseco à teoria o conceito de Praxeologia, que engloba os discursos racionais (tecnologias e teorias) vinculados à *praxis* (tarefas e técnicas). Assumindo esse referencial teórico, esmiuçamos a questão de pesquisa geral em duas questões específicas. A primeira delas é: *Quais tarefas e técnicas foram propostas por licenciandos no planejamento e implementação de atividades experimentais ao buscar transpor Episódios de Modelagem, voltados para o Ensino Superior, para a Educação Básica? Que discursos tecnológicos são evocados para justificar, explicar e/ou gerar essas técnicas?* Uma resposta para essa questão foi apresentada e discutida no Capítulo 6.

Nesse ponto está um dos resultados mais relevantes deste trabalho: já no planejamento do EM, não foi possível identificar no discurso dos licenciandos elementos centrais dessa metodologia, como a ênfase no processo de modelagem. Uma possível explicação para isso pode ser encontrada no trabalho de Beach e Pearson (1998), o qual evidencia que professores em formação tendem a se preocupar com questões da sua relação

com os alunos e com outros membros da comunidade escolar (por exemplo, se o tom de voz que estão usando durante a aula é adequado ou se serão respeitados pelos demais professores) em detrimento da matéria de ensino.

Outro fator que nos ajuda a entender a ausência dos elementos fundamentais dos EM na prática realizada pelos licenciandos é a crença destes de que os estudantes de Ensino Médio teriam dificuldades durante com o EM, devido a sua natureza mais complexa do que uma prática de laboratório comum. Tal afirmação é corroborada pelas falas da Licencianda 7:

*“Assim, eu já acho que é uma atividade bem puxada, eu... eu sempre tento me colocar no lugar. Eu, no Ensino Médio, acho que não daria conta dessa atividade. [...] Eu acho que a gente já tá exigindo um pouco a mais deles fazendo essa atividade, ainda com esse tema, ainda mais com essa problematização, que tô indo lá de não sei o que para chegar nesse experimento, então eu acho que enfiar mais discussões ainda... Paralelas... Sobre a pureza do negócio, acho que isso vai pesar tanto que eles vão dizer ‘meu deus, eu não tô entendendo nada, alguém me ajuda’”*  
(Licencianda 7)

Um terceiro fator que auxilia a entender essa ausência da modelagem é a ambiguidade entre os conceitos problematização e contextualização. Os licenciandos realizaram uma contextualização crendo que faziam uma problematização, e a falta de um problema bem definido para ser atacado compromete toda estrutura de um EM.

Também era nosso objetivo entender as possíveis diferenças entre o EM planejado e o implementado pelos licenciando, o que se traduz na segunda questão de pesquisa específica da dissertação: *As organizações praxeológicas planejada e implementada pelos licenciandos quando desenvolvem um Episódio de Modelagem na Educação Básica apresentam diferenças importantes entre si? Quais? Por quê?*

A maior divergência entre a OP planejada e a implementada está no discurso tecnológico que gera e justifica a técnica para realizar a discussão final. No planejamento, esse discurso estava associado a ideia da importância da divulgação dos dados e do debate que é gerado a partir disso. Pode-se inferir que esta não era tecnologia na implementação, pois cada grupo apresentou seus dados rapidamente, sem a possibilidade de uma discussão. Os licenciandos atribuíram essa urgência na discussão ao pouco tempo restante no final da aula

(o que poderia ser contornado escolhendo apenas um dos grupos de estudantes do Ensino Médio para apresentar seus resultados com mais detalhes e mais debate).

A ausência de discussões sobre o processo de modelagem também foi atribuído a falta de tempo, pois este seria feito no final do EM (isso não estava presente durante a maior parte do planejamento, tendo sido incluso na OP implementada devido principalmente a insistência do professor). Existir um momento específico para refletir sobre o processo de modelagem é um forte indício de que os licenciandos não se apropriaram dos fundamentos teóricos e epistemológicos dos EM e a descrição das OP planejada e implementada ajuda a sustentar essa afirmação, pois não há tecnologias ou teorias que envolvam a modelagem.

É importante destacar que não tínhamos a expectativa de que os licenciandos se apropriariam completamente de todos os discursos racionais subjacentes aos EM. Nosso objetivo era estudar o primeiro contato deles com estas ideias e como isso refletiria em sua *praxis* ao delinear e aplicar uma prática experimental.

Em suma, é razoável afirmar que os licenciandos se apropriaram da estrutura geral dos EM, da *praxis*, já que consta nas OP planejada e implementada elementos tais como: realizar uma tarefa de leitura, discutir o problema tratado no EM (problema confundido com contexto), coletar e analisar dados experimentais. O bloco da *praxis* está presente, mas sem as teorias e tecnologias próprias dos EM. Essa divergência será estudada em trabalhos futuros, havendo a possibilidade de um estudo longitudinal com os mesmos sujeitos de pesquisa, pois, como defendeu Heidemann (2015), a modelagem é um campo conceitual da física e, portanto, sua apropriação é um processo lento e incessante, pois estamos constantemente tendo contato com situações que dão sentido e significado a conceitos.

Outra possibilidade é um estudo com outros sujeitos de pesquisa, investigando novamente o primeiro contato destes com os Episódios de Modelagem, talvez em um contexto diferente, para que outros elementos da Teoria Antropológica do Didático fossem explorados e não apenas o de Organização Praxeológica. Diferente da primeira, esta é uma possibilidade que não se restringe ao autor desta dissertação, mas está aberta a todos que veem no Ensino de Física um campo promissor de pesquisa.

## 8. Referências

ABRAHAMS, I.; MILLAR, R. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school Science. **International Journal of Science Education**, Philadelphia, v. 30, n. 14, p. 1945-1969, Nov. 2008.

ACHIAM, M., SIMONY, L., & LINDOW, B. E. K. Objects prompt authentic scientific activities among learners in a museum programme. **International Journal of Science Education**, v. 38, n. 6, p. 1012–1035, jun, 2016.

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 362 -384, ago. 2013.

BAROLLI, E.; LABURÚ, C. E.; GUIRIDI, V. M. Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 9, n. 1, p. 88-110, jan, 2010.

BEACH, P.; PEARSON, D. Changes in preservice teachers` perception of conflict and tensions. *Teaching and Teacher Education*, v. 14, n. 3, p. 337 – 351, ago, 1998.

BERGÉ, A. The completeness property of the set of reals numbers on the transition from calculus to analysis. **Educational Studies in Mathematics**, v. 67, n. 2. p. 217–235, abr, 2008.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, p. 9 - 30, ed. especial, 2002.

BRANDÃO, R. V. **A estratégia da modelagem didático-científica reflexiva para a conceitualização do real no ensino de Física**. 2012. 230 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física. **Física na Escola**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 10-14, mar. 2008.

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. A modelagem científica vista como um campo conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 3, p. 507-545, dez. 2011.

Brasil. Ministério da Educação, Secretária de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares do ensino médio*. Brasília: MEC, 1999.

BRETONES, P. S.; COMPIANI, M. Tutoria na formação de professores para observação do movimento anual da esfera celeste e das chuvas de meteoros. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 3, 2012.



BREWE, E. Modeling theory applied: Modeling Instruction in introductory physics. **American Journal of Physics, Melville**, v.76, n.12, p. 1155-1160, dec. 2008.

BREWE, E.; SAWTELLE, V.; KRAMER, L.; O'BRIEN, G.; RODRIGUEZ, I.; PAMELÁ, P. Toward equity through participation in Modeling Instruction in introductory university physics. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, College Park, v.6, n.1, 010106 12p., May 2010.

BUNGE, M. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

\_\_\_\_\_. **Caçando a realidade**. São Paulo: Perspectiva, 2016.

CAMARGO, S.; NARDI, R.; RUBO, E. A. A. Demandas de professores de Física em exercício no Ensino Médio: subsídios para um processo de reestruturação de um curso de licenciatura, **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 3, 2014.

CARTWRIGHT, N. **How the Laws of Physics Lie**. New York: Oxford University Press, 1983.

CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P., GIL-PÉREZ, D. **Formação de Professor de Ciências**. 10.Ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CHEVALLARD, Y. **La Transposition Didatique**. Marseille: penseessauvage, 1991.

CHEVALLARD, Y. El análisis de las prácticas docentes em la teoría antropológica de lo didáctico. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, Marseille, Vol 19, nº 2, p. 221-266, 1999.

CLEMENT, J. Model Based Learning as a Key Research Area for Science Education. **International Journal of Science Education**, Philadelphia, v. 22, n. 9, p. 1041-1053, Set, 2000.

COLL, R.; LAJIUM, D. Modeling and the future of Science learning. In: Khine, M. S.; Saleh, I. M. (Eds.). **Models and modeling: Cognitive tools for scientific enquiry**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2011, p. 3-21.

CONTRERAS, D. J. **A autonomia de professores**. 2.ed. São Paulo: Cortes, 2012.

CORICA, A. R., & OTERO, M. R. Análisis de una praxeología matemática universitaria en torno al límite de funciones y la producción de los estudiantes en el momento de la evaluación. **RELIME - Revista Latinoamericana de Investigación En Matemática Educativa**, v. 12, n. 3, p. 305-331, set, 2009.

CORICA, A. R., & OTERO, M. R.. Diseño e Implementación de un Curso para la Formación de Profesores en Matemática: una Propuesta desde la TAD. **Bolema**, v. 30, n. 5, p. 763–785, ago, 2016.

CUSTÓDIO, J. F.; PIETROCOLA, M.; CRUZ, F. F. S.; Experiências profissionais de estudantes de graduação como motivação para se tornarem professores de Física, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 1, p. 25 – 57, abr, 2013.

DAMASIO, S.; PEDUZZI, L. O. Q. O pior inimigo da ciência: procurando esclarecer questões polêmicas da epistemologia de Paul Feyerabend na formação de professores, **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 97 – 126, 2015.

DEVELAKI, M. The model-based view of scientific theories and the structuring of schoolscience programmes. **Science & Education**, New York, v. 16, n. 7-8, p. 725-749, Aug. 2007.

FEYERABEND, P., **Contra o método**, Rio de Janeiro: Editora Francisco Alves, 1989.

FEITOSA, R. A.; LEITE, R. C. A. A formação de professores de ciências baseada em uma associação de companheiros de ofício. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p. 35 – 50, jan – abr, 2012.

GARCÍA-CARMONA, A.; ACEVEDO-DÍAZ, J. A. The Nature of scientific practice and science education. **Science & Education**, New York, v. 27, n. 5, p. 1-21, July 2018.

GASPAR, A. Cinquenta anos de ensino de Física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade de recolocar o professor no centro do processo educacional. **Educação: revista de estudos da educação**, Maceió, v. 13, n.21, p. 71 – 91, dez. 2004.

GIERE, R. How models are used to represent reality. **Philosophy of Science**, Chicago, v. 71, n. 5, p. 742–752, dec, 2004.

GILBERT, J. Models and modelling: Routes to more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, New York, v. 2, n. 2, p. 115-130, Jun 2004.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Mental models, conceptual models and modelling. **International Journal of Science Education**, Philadelphia, v. 22, n. 1, p. 1-11, Jan. 2000.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. **Science Education**, New York, v. 86, n. 1, p. 106-121, Jan. 2002.

HALLOUN, I. A. Mediated modeling in Science Education. **Science & Education**, New York, v. 16, n. 7-8, p. 653–697, Aug. 2007.

HEIDEMANN, L. A. **Crenças e atitudes sobre o uso de atividades experimentais e computacionais no ensino de física por parte de professores do ensino médio**. 2011. 135f.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

\_\_\_\_\_. **Ressignificação das atividades experimentais no ensino de física por meio do enfoque no processo de modelagem científica**. 2015. 298f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT E. A. Modelagem Didático-científica: integrando atividades experimentais e o processo de modelagem científica no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 3-32, abr. 2016.

\_\_\_\_\_. Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a resignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 38, n.1, p. 34 – 49, Mar, 2016.

\_\_\_\_\_. Dificuldades e avanços no domínio do campo conceitual da modelagem didático-científica: um estudo de caso em uma disciplina de Física Experimental. **Investigações em Ensino de Ciências**. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, p. 353 – 382, Ago. 2018.

HENZE, I.; VAN DRIEL, J. H.; VERLOOP, N. The change of science teachers' personal knowledge about teaching models and modelling in the context of science education reform. **International Journal of Science Education**, London, v. 29, n. 15, p. 1819-1846, dec. 2007.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.12, n.3, p. 299-313, nov. 1994.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. **Science Education**, New York, v. 88, n.1, 28-54, Jan. 2004.

JUSTI, R. La enseñanza de Ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 24, n. 2, p. 173-184, jun, 2006.

KRAPAS, S.; QUEIROZ, G.; COLINVAUX, D.; FRANCO, C. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 185 – 205, set, 1997.

KNEUBIL, F. B. Models in physics teaching: an approach to highlight the nature of knowledge. **Physics Education**, v. 51, n. 6, p. 1 – 6, nov, 2016.

KOPONEN, I. T. Models and modelling in Physics Education: A critical re-analysis of philosophical underpinnings and suggestions for revisions. **Science & Education**, New York, v. 16, n. 7, p. 751-773, aug, 2007.

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

LEDERMAN, N. G. Nature of Science: Past, present, and future. In: Abell, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). **Handbook of research on science education**. New York: Routledge, 2006, p. 831-879.

LOUCA, L; ZACHARIA, Z. Modeling-based learning in Science education: cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. **Educational Review**, Philadelphia, v. 64, n. 4, p. 471–492, November 2012.

MACHADO, J.; BRAGA, M. A. B. Can the history of science contribute to modelling in Physics teaching? **Science & Education**, New York, v. 25, n. 7-8, p. 823-836, October 2016.

Machado, V. D. M., & Weckerlin, E. R. O Ensino de Ciências biológicas a partir de uma organização didática, segundo a Teoria Antropológica do Didático. **Enseñanza de Las Ciencias**, volume extra, p. 361–366, 2017.

MATTHEWS, M. Models in science and in science education: an introduction. **Science & Education**, New York, v. 16, n. 7-8, p. 647-652. Aug. 2007.

MONTINO, M.; PETRUCCI, D.; URE, J. E.; ALEMAN, A.; PÉREZ, S. M. Una propuesta de trabajos prácticos de laboratorio que favorece el aprendizaje de conceptos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 4, p. 823-833, dez. 2011.

ESPINOSA, T. O. **Adoções de inovações didáticas no ensino universitário de Física na perspectiva de transposições praxeológicas**. 2019. 189f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PACCA, J. L. A.; SCARINCI, A. A resignificação das atividades na sala de aula. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, p. 57-62, jan-abr 2011.

PEREIRA, J. C. S.; SILVA, F. H. S.; NUNES, J. M. V. Análise de narrativas praxeológicas de conexões entre aritmética e álgebra. **Amazônia - Revista de Educação Em Ciências E Matemáticas**, v. 14, n.2, p. 87–106, abr, 2017.

PINHEIRO, N. C. **Por uma pesquisa em ensino de física menos universal: considerando contextos e idiosincrasias na educação científica**. 2016. 173 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PIRATELO, M. V. M.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. M.; Um estudo a respeito das evidências de aprendizado docente no PIBID da licenciatura em Física, **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 3, p. 493 – 517, dez, 2014.

RAPOSO, W. L. História e Filosofia da Ciência na licenciatura em Física, uma proposta de ensino através da pedagogia de projetos, **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 3, p. 722 – 738, dez, 2014.

- ROSSINI, R. Evolução das organizações matemáticas e didáticas construídas em torno do conceito de função em uma formação de professores. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 9, n. 2, p. 205–247, abr, 2007.
- RUIZ-HIGUERAS, L.; GARCÍA, F. J. G. Análisis de praxeologías didácticas en la gestión de procesos de modelización matemática en la escuela infantil. **RELIME - Revista Latinoamericana de Investigación En Matemática Educativa**, v. 14, n. 1, p. 41–70, mar, 2011.
- SCHIVANI, M. **Contextualização no Ensino de Física à luz da Teoria Antropológica do Didático: o caso da robótica educacional**. São Paulo. Universidade de São Paulo, 2014.
- SELAU, F. F. **Atividades experimentais e crenças de autoeficácia: um estudo de caso com o método episódio de modelagem**. 2017. 109f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SILVA, C. B. C. **Uso da Modelagem Científica como recurso instrucional para o desenvolvimento de atividades experimentais no Ensino Médio**. 2017. 146f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé.
- SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”, **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, número especial, p. 7 – 27, jun, 2002.
- SILVEIRA, F. L.; PEDUZZI, L. O. Q. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história, **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 26 – 52, abr, 2006.
- TRUMPER, R. The physics laboratory – A historical overview and future perspectives. **Science & Education**, New York, v. 12, n. 7, p. 645-670, out, 2003.
- VERGNAUD, G. The theory of conceptual fields. **Human Development**, Boston, v. 52, n. 2, p. 83 – 94, mar, 2009.
- VERONICA, P., OTERO, M. R., & ELICHIRIBEHETY, I. Organizaciones Matematicas que se estudian en la Universidad en torno a la nocion de funcion: un estudio de caso. **Revista Electrónica de Investigación En Educación En Ciencias**, v. 1, n. 2, p. 65–83. jun, 2006.
- Yin. R., **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**, Porto Alegre: Bookman, 2015.

## APÊNDICE I

## TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO

Eu, \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, declaro por meio deste termo que autorizo a participação do aluno(a) \_\_\_\_\_ do terceiro ano do Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, do qual sou responsável legal, na coleta de dados de uma pesquisa sobre o uso de atividades experimentais no ensino de Física. A pesquisa será realizada pelo aluno de mestrado acadêmico Charles Xavier Rabelo (e-mail charles.xavier@ufrgs.br), do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação dos professores Dr. Leonardo Albuquerque Heidemann e Dr. Ives Solano Araujo. Declaro que fui informado de que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas para fins acadêmicos (e.g. composição de texto para dissertação, artigos científicos, palestras, seminários, etc.), sem trazer a identificação do aluno. Autorizo, também, para fins de divulgação dos trabalhos acadêmicos produzidos, as fotos e filmagens obtidas durante a participação do aluno. Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (e.g. livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa acima especificados. Estou ciente de que posso cancelar a participação do aluno na pesquisa a qualquer momento, bastando apenas informar minha vontade ao pesquisador. A colaboração terá início quando eu entregar este presente termo devidamente assinado, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Porto Alegre, 09 de Junho de 2017.

\_\_\_\_\_  
Leonardo Albuquerque Heidemann

\_\_\_\_\_  
Ives Solano Araujo

\_\_\_\_\_  
Charles Xavier Rabelo

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável

## APÊNDICE II

## TERMO DE ASSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO

Eu, \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, aluno(a) do terceiro ano do Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017, declaro por meio deste termo que me voluntario a participar da coleta de dados de uma pesquisa sobre o uso de atividades experimentais no ensino de Física. A pesquisa será realizada pelo aluno de mestrado acadêmico Charles Xavier Rabelo, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação dos professores Leonardo Albuquerque Heidemann e Ives Solano Araujo. Declaro que fui informado de que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas para fins acadêmicos (e.g. composição de texto para dissertação, artigos científicos, palestras, seminários, etc.), sem trazer minha identificação. Autorizo, também, para fins de divulgação dos trabalhos acadêmicos produzidos, as fotos e filmagens obtidas durante minha participação. Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (e.g. livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa acima especificados. Estou ciente de que posso cancelar minha participação na pesquisa a qualquer momento, bastando apenas informar minha vontade ao pesquisador. Minha colaboração terá início quando eu entregar este presente termo devidamente assinado, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Porto Alegre, 26 de Junho de 2017.

\_\_\_\_\_  
Leonardo Albuquerque Heidemann

\_\_\_\_\_  
Ives Solano Araujo

\_\_\_\_\_  
Charles Xavier Rabelo

\_\_\_\_\_  
Assinatura do aluno participante

**ANEXO I – TAREFA DE LEITURA DO EPISÓDIO DE MODELAGEM  
“RESFRIAMENTO DE SISTEMAS”**



Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Física  
Heidemann, L. A.; Araujo, I. S.; Veit, E. A.



**TAREFA DE LEITURA PARA O EPISÓDIO DE MODELAGEM  
“RESFRIAMENTO DE SISTEMAS”**

No próximo episódio de modelagem você utilizará conhecimentos sobre o processo de evaporação da água. Por isso, queremos que você realize uma tarefa antes da atividade. Para responder às questões abaixo, faça a leitura das cinco páginas das seções 1.2 e 1.3 intituladas *A Matéria é Feita de Átomos* e *Processos Atômicos*, respectivamente, presentes no volume 1 do livro *Lições de Física*, de *Richard Feynman, Robert Leighton e Matthew Sands* (Porto Alegre, Editora Bookman, Reimpressão, 2009, p. 1-2).

- 1) Explique com suas palavras o processo de *evaporação* da água do ponto de vista atômico.
- 2) Suponha um recipiente contendo uma porção de água exposta ao ar. Quais as principais características desse recipiente, da água e do ar circundante que influenciam na taxa de evaporação da porção de água contida no recipiente? Explique também como e por que essas características influenciam na evaporação da água.
- 3) Descreva brevemente qual(is) ponto(s) você teve mais dificuldade na tarefa de leitura, ou ainda o que achou confuso no material. Indique também os pontos que mais chamaram sua atenção.



**ANEXO II – TAREFA DE LEITURA DA ATIVIDADE DESENVOLVIDA PELOS  
LICENCIANDOS**



**TAREFA DE LEITURA PARA A ATIVIDADE FIAT LUX.**



Para responder às questões abaixo, faça a leitura da página 87 até 91 do capítulo 4 do livro “Física - Coleção Quanta - Volume 3”, ignorando os exercícios “Faça sua parte” 1 e 2, e o último parágrafo da página 91. O trecho que deve ser lido está disponível em PDF no Moodle. As respostas das perguntas devem ser submetidas através de um formulário online, o qual está disponível neste link: <https://goo.gl/forms/dCARQzdzqneUbyEj12>

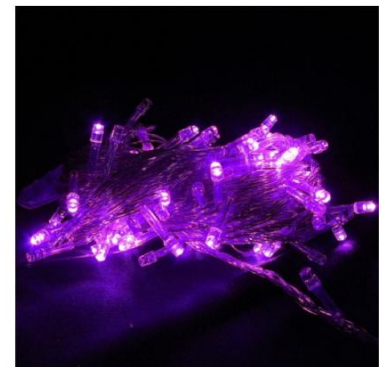
- 1 Descreva o princípio de funcionamento do LED considerando-o como uma junção p-n.
- 2 Abaixo, apresentamos 3 lâmpadas de LED, uma azul, outra vermelha e outra roxa. As imagens estão coloridas no arquivo da tarefa disponibilizado no Moodle:



Disponível em [1].



Disponível em [2].



Disponível em [3].

A que você atribuiria o fato de cada uma dessas lâmpadas emitir uma cor diferente?

- 3) Descreva brevemente qual(is) ponto(s) você teve mais dificuldade na tarefa de leitura, ou mesmo o que achou confuso no material. Indique também os pontos que chamaram mais a sua atenção.

Referências das imagens:

[1] <http://fruttar.com.br/sustentabilidade/economia-lampadas-led/>. Acesso em 09 de junho de 2017.

[2] [http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-689314883-impada-led-automotiva-vermelha-22-leds-2-polos-12-v-\\_JM](http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-689314883-impada-led-automotiva-vermelha-22-leds-2-polos-12-v-_JM). Acesso em 09 de junho de 2017.

[3] [http://www.tozaki.com.br/produto/8904/pisca\\_pisca+led+100+lampadas+roxo+10mt+100v](http://www.tozaki.com.br/produto/8904/pisca_pisca+led+100+lampadas+roxo+10mt+100v). Acesso em 09 de junho 2017.

## ANEXO III – GUIA DA ATIVIDADE DESENVOLVIDA PELOS LICENCIANDOS

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

### Guia de atividade FIAT LUX

Por que os LEDs têm cores diferentes? Como é o funcionamento desses componentes eletrônicos? Essas são questões que compreenderemos com mais profundidade ao final desta investigação experimental.

### INTRODUÇÃO

O Diodo Emissor de Luz, popularmente conhecido como LED (do inglês Light Emitting Diode), é um tipo de diodo, que é uma junção de dois tipos de semicondutores dopados, um do tipo “p” e outro do tipo “n” (junção p-n). Diodos permitem a passagem de corrente elétrica apenas em um sentido (sentido direto). Quando conectado no sentido direto, a corrente elétrica percorre um caminho pelo diodo de maneira que ocorre emissão de fótons na faixa do visível com energia igual à energia de “gap” de banda, que é a diferença entre a energia inicial e final de cada elétron ao passar pelo LED. A figura 1 abaixo demonstra essa energia de “gap”, ou seja a energia mínima ( $E_g$ ) para que ocorra a emissão dos fótons e ela está relacionada a um determinado valor mínimo de diferença de potencial a qual o LED deverá ser submetido para que a emissão seja observada.

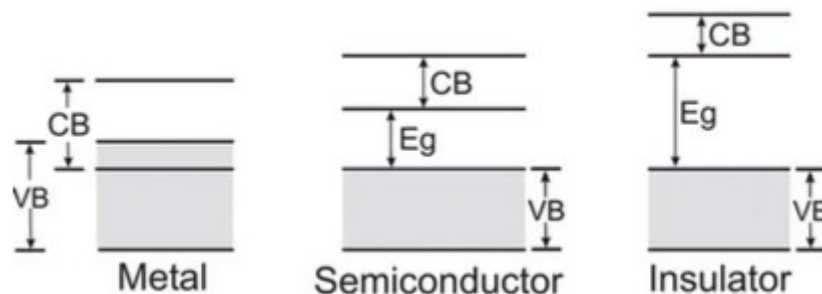


Figura 1: representação das bandas de condução para três tipos de materiais;

Fonte: Professor Fabiano Fruett.

A diferença de potencial mínima no LED para que ocorra a emissão de luz é chamada tensão de corte  $V_C$ . Vejamos como essa tensão está vinculada com a energia cedida ao LED.

$$U_G = mgy, \quad (1)$$

$$U_E = eEd. \quad (2)$$

Conhecemos a equação 1. Ela se refere à energia potencial gravitacional de um corpo de massa  $m$  em uma altura  $h$ . Na equação 2, temos a energia potencial elétrica cedida a um elétron submetido a um campo elétrico. A carga do elétron “ $e$ ” na equação 2 pode ser entendida como análoga à massa “ $m$ ” da equação 1; “ $g$ ” e “ $E$ ” são os campos envolvidos, e “ $y$ ” e “ $d$ ”, as distâncias. Sabendo que diferença de potencial  $V=E.d$ , pode-se obter uma nova relação para energia potencial elétrica:

$$U_E = eV. \quad (3)$$

Sabemos que a energia  $E$  de um fóton pode ser expressa como:

$$E = hf, \quad (4)$$

sendo  $h$  a constante de Planck e  $f$ , a frequência do fóton. Para que o LED não viole o princípio da conservação de energia, a energia que os elétrons perdem ao passarem da banda de condução para a banda de valência deve ser a mesma energia dos fótons emitidos. Vimos também que a energia potencial elétrica cedida ao LED é proporcional à tensão de corte  $V_C$  (equação 3). Matematicamente, isso significa igualar as expressões (3) e (4) para obter que:

$$eV_C = hf. \quad (5)$$

A equação 5 apresenta diversas idealizações que são utilizadas na hora de representar o funcionamento de um LED. Isso significa dizer que, para construir essa equação, diversos elementos associados ao LED tiveram que ser simplificados ou adaptados da realidade, de maneira que a expressão encontrada não representa a realidade perfeitamente. Entretanto, usamos essas idealizações ao pensarmos sobre a Física que existe por trás da emissão de luz. Empresas fabricantes dos LEDs também as usam. Nessas situações, as simplificações da

realidade geram um modelo que é suficientemente preciso. Por exemplo, nesse modelo, estamos considerando que toda a energia fornecida para o sistema pela fonte está sendo reemitida por meio da emissão do fóton.

No experimento, estarão disponíveis LEDs nas cores vermelho, laranja, azul, verde e amarelo. Qual deles possui a maior tensão de corte? Seria possível estimar um valor para a constante de Planck utilizando um LED?

### PROCEDIMENTOS

A Tabela 1 abaixo apresenta o intervalo de valores das frequências das radiações. Note que as frequências da luz visível estão inclusas.

Tabela 1 : faixas de frequências das radiações. Fonte: Quanta Física 3º ano, Luis Carlos de Menezes. Ed PERSON.

RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS	FAIXAS DE FREQUÊNCIA (HZ)	
Rádio e micro-ondas	Próximo a zero até $3 \cdot 10^{11}$	
Infravermelho	$3 \cdot 10^{11}$	a $4,0 \cdot 10^{14}$
Vermelho	$4,0 \cdot 10^{14}$	a $4,6 \cdot 10^{14}$
Laranja	$4,6 \cdot 10^{14}$	a $5,1 \cdot 10^{14}$
Amarelo	$5,1 \cdot 10^{14}$	a $5,7 \cdot 10^{14}$
Verde	$5,7 \cdot 10^{14}$	a $6,2 \cdot 10^{14}$
Azul	$6,2 \cdot 10^{14}$	a $6,8 \cdot 10^{14}$
Violeta	$7,3 \cdot 10^{14}$	a $7,6 \cdot 10^{14}$
Ultravioleta	$7,6 \cdot 10^{14}$	a $2,4 \cdot 10^{16}$
Raios X	$2,4 \cdot 10^{16}$	a $3,0 \cdot 10^{19}$
Raios gama	$3,0 \cdot 10^{19}$	a ...

Escolha uma cor de led: \_\_\_\_\_ .

Com o led escolhido, construa o circuito da Figura 2.

Discuta a ordem de grandeza da tensão de corte desse LED.

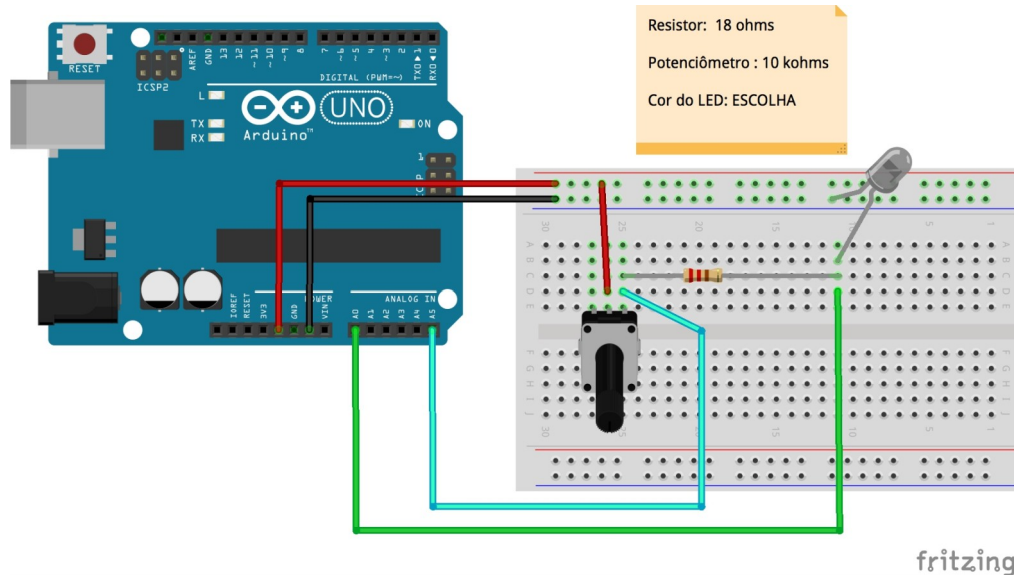


Figura 2: esquemático do circuito; Fonte: autor.

### **Antes de ligar o Arduino, chame o professor!**

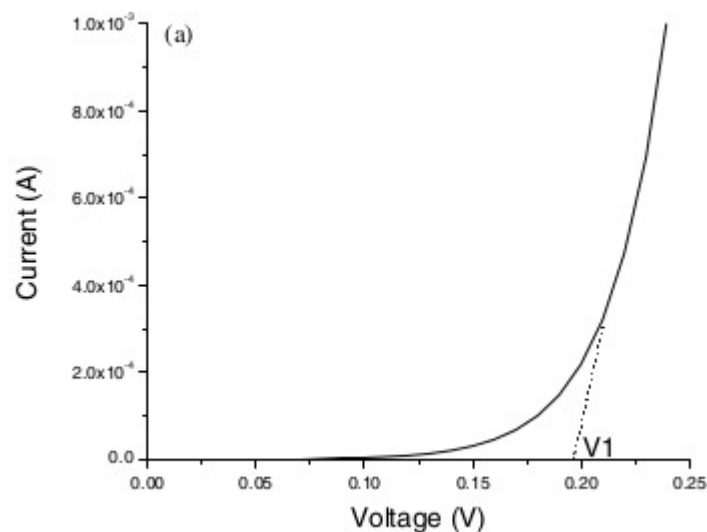
Para realizar sua coleta de dados são necessárias algumas informações. Você utilizará o potenciômetro, um componente cuja função é ser uma resistência variável. Utilizaremos esse componente para variar a corrente e a tensão no LED. Esse componente é muito sensível, portanto, tente ser delicado(a) ao girá-lo. Isso lhe dará melhores condições de analisar o comportamento da tensão no LED. O ponto fundamental aqui é que você varie muitas vezes a resistência do potenciômetro, isto é, gire no sentido horário e anti-horário quantas vezes quiser e julgar necessário (claro que, quanto maior o número de vezes, mais pontos você terá). Vale ressaltar que não importa quanto tempo você esteja medindo, pois o tempo é uma variável que não nos interessa.

Você está utilizando a placa Arduino e seu software de funcionamento - ambos tecnologias livres. A programação que será utilizada nesse trabalho já está pronta para você, sendo assim, só será necessária uma análise sobre o que está se medindo com o Arduino. Para verificar os valores que estão sendo coletados, abra o serial do Arduino (lupa no canto superior direito), você verá 3 variáveis sendo “printadas” a cada 0,5 segundo, são elas:

- Tensão no potenciômetro;
- Tensão no LED;
- Corrente do circuito em mA (mili Ampères).

As medidas que nos interessam nessa atividade são apenas a tensão no LED e a corrente que passa por ele. Note que o Arduino é apenas uma ferramenta para o que queremos estudar, portanto não aprofundaremos no seu estudo neste momento. (Caso queira se aprofundar, visite o CTA Jr. - sala 218)

Note também que o Arduino "printa" no serial números separados por pontos (.) em vez de vírgulas (,). Para nossa interpretação isso não faz diferença, porém para o software que utilizaremos para construir o gráfico de  $i \times V$  (corrente em função da tensão), para realizar a análise, faz.



Fonte: Barun RayChaudhuri, em On the determination of the emission wavelength of an infrared LED with common laboratory instruments

O LibreOffice Calc (semelhante ao excel, porém aberto e livre) não consegue diferenciar ponto de vírgula, para tanto, é necessário substituir todos os pontos por vírgulas antes de colocar os dados no Calc. Vamos utilizar um editor de texto qualquer (bloco de notas, Writer, Gedit.) para realizar essa substituição. Procure no software que escolheu a função “localizar e substituir” (caso não saiba onde está, pergunte aos Professores para auxiliá-lo) e insira no campo *procurar por* a vírgula, e no campo *substituir por* o ponto. Feito isso, salve

no formato texto (.txt). Agora abra o Calc e abra o arquivo salvo dentro do Calc, note que aparecerá uma divisão de colunas, procure dividir os nomes e dados cada um em uma coluna separada, assim será mais fácil trabalhar com os dados.

Após os dados estarem corretamente em colunas, selecione apenas os dados referentes à tensão no LED e à corrente no circuito. Insira um gráfico como o da figura acima. O gráfico obtido deverá ter formato exponencial, porém para verificarmos a tensão de corte do LED escolhido é necessária uma análise linear (reta) no intervalo de pontos adequado escolhido por você com uma linha de tendência. Para tanto desconsidere os pontos que não lhe parecerem lineares. O ponto que a mesma interseccionar o eixo x seria a tensão de corte ( $V_C$ ). Vale ressaltar que a reta possui formato  $y=ax+b$ , onde y representa a corrente do circuito e x é a tensão no mesmo. Quando  $y=0$ , x encontrado representa a  $V_C$ .

### **Discussão final:**

- Nesta atividade você coletou valores de tensão no LED, no resistor e a corrente no LED. A partir desses dados você diria que todos os fótons do LED que você utilizou são emitidos com a mesma frequência apresentada na Tabela 1?

- Por questões estruturais de montagem de circuitos envolvendo LEDs, um dado importante que deve ser informado ao comprarmos um LED, além de sua cor, é a sua tensão de corte. Será que o valor de tensão nominal de corte informado pelo fabricante  $V_{CN}$  é diferente do que foi encontrado nesse experimento? Ao usarmos o valor  $V_C$  e o  $V_{CN}$  para calcular a constante de Planck, vamos encontrar valores iguais ou diferentes? Se há diferença, é significativa? Quais os critérios que usamos para dizer se uma diferença é significativa ou não?

### Referências:

- Quanta Física 3º ano, Luis Carlos de Menezes. Ed Pearson Education
- <http://www.dsif.fee.unicamp.br/~fabiano/EE530/PDF/Texto%20-%20F%Edsica%20dos%20Semicondutores.pdf>. Acessado em 29 de junho de 2017
- On the determination of the emission wavelength of an infrared LED with common laboratory instruments, Online at [stacks.iop.org/EJP/32/935](http://stacks.iop.org/EJP/32/935)