

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

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E CRENÇAS DE AUTOEFICÁCIA:  
UM ESTUDO DE CASO COM O MÉTODO EPISÓDIOS DE MODELAGEM\***

**FELIPE FERREIRA SELAU**

Porto Alegre  
2017

---

\* Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

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

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E CRENÇAS DE AUTOEFICÁCIA:  
UM ESTUDO DE CASO COM O MÉTODO EPISÓDIOS DE MODELAGEM**

**FELIPE FERREIRA SELAU**

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. Ives Solano Araujo e Dra. Eliane Angela Veit.

Porto Alegre  
2017

Para Mariana de Mello Timm

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus orientadores, professores Eliane e Ives, pela atenção, auxílio e, principalmente, pelo conhecimento inestimável que me proporcionaram.

Aos professores Lang, Leonardo e Neusa pelas valiosas contribuições que deram ao meu trabalho e à minha formação.

Aos meus amigos, colegas e familiares que sempre acreditaram no meu potencial e estiveram presentes nos momentos de dificuldades.

A todos os professores que tive e me inspiraram pelas suas qualidades como professores e pessoas que são.

Aos estudantes que participaram como sujeitos de pesquisa, pela dedicação e colaboração.

## RESUMO

Parte da comunidade de pesquisa em ensino de Física tem devotado atenção ao estudo de métodos ativos de ensino que primam pela centralização do processo de ensino-aprendizagem no aluno. Além da aprendizagem conceitual, tais métodos buscam favorecer o desenvolvimento de habilidades associadas ao trabalho colaborativo e à argumentação, e diminuir a evasão estudantil. Em disciplinas de Física Experimental alguns desses métodos envolvem a aprendizagem por modelagem científica. Contudo, o sucesso de tais iniciativas depende, entre outros fatores, do quanto os alunos se julgam capazes de realizar as atividades propostas pelo professor, ou seja, do nível de autoeficácia dos alunos em realizar determinadas ações. Pesquisas do grupo de Ensino de Física da Universidade Internacional da Flórida apontam para uma baixa mudança ou redução em níveis de autoeficácia em função do uso de métodos ativos. Com base nesses resultados propomos um estudo de caso exploratório, único e incorporado com múltiplas unidades de análise. O objetivo geral dessa dissertação é o de estudar as influências do método Episódios de Modelagem (EM) (similar ao método *Modeling Instruction - MI*) sobre as atitudes e crenças de autoeficácia dos estudantes em aprender física, realizar atividades experimentais e trabalhar colaborativamente. Para isso procuramos responder às seguintes questões: Quais os impactos da aplicação de Episódios de Modelagem nas crenças de autoeficácia e atitudes dos estudantes em relação a: (i) aprender física?; (ii) realizar atividades experimentais?; e (iii) trabalhar colaborativamente? Para responder a tais questões de pesquisa, adotamos as orientações metodológicas para estudo de caso de Yin (2010) e utilizamos a Teoria Social Cognitiva, em específico, o conceito de autoeficácia, de Bandura (1997). Para a investigação, realizamos um estudo exploratório com múltiplas unidades de análise (8 estudantes) na disciplina de Física Experimental II – A, que aborda os conteúdos de oscilações, ondulatória, hidrostática e termodinâmica. Os resultados mostraram que as atitudes dos alunos frente ao aprendizado de física com o método de ensino foram positivas tendo sido destacadas, principalmente, o planejamento e execução de seus próprios experimentos e as discussões fomentadas pelas apresentações dos resultados e correções das tarefas de leitura. Como fatores negativos foram mencionados: o fato da disciplina ser muito trabalhosa e de não ter tempo suficiente em aula para a realização dos planejamentos e análise de dados. Já as atitudes frente às atividades experimentais e trabalho colaborativo foram reforçadas para os sete alunos aprovados na disciplina. Sobre as crenças de autoeficácia em aprender física e em trabalhar colaborativamente, constatamos que as crenças dos alunos foram influenciadas positivamente pelas atividades desenvolvidas com o método de ensino, através de três das principais fontes destacadas por Bandura: experiências de domínio e vicárias e persuasão social. Também constatamos um reajuste na percepção dos alunos quanto aos seus níveis de autoeficácia devido às experiências vivenciadas com o método EM em comparação ao método utilizado na disciplina anterior (que utiliza roteiros dirigidos nos experimentos). Novas pesquisas são necessárias para dar continuidade a este estudo exploratório, investigando mais profundamente o processo de reajuste dos níveis de autoeficácia.

**Palavras-chave:** Atividade experimental; Crenças de autoeficácia; Episódios de Modelagem; Trabalho colaborativo

## ABSTRACT

Part of the Physics Education Research (PER) community has devoted its attention to the study of Active Learning methods focusing on the centralization of the teaching-learning process at the students. Beyond the conceptual learning, these methods seek to foster the development of abilities associated to the collaborative work and argumentation, and also to decrease student's dropout. In experimental physics disciplines, some of those methods involve the scientific modeling learning. However, the success of such initiatives depends on how much the students judge themselves capable of carrying out the activities proposed by the teacher, that is, it depends on the student's self-efficacy levels in perform certain actions. Studies of the PER from the Florida International University show a small change or even a reduction on self-efficacy levels in function of the use of active methods. Based on those results we propose an exploratory case-study incorporated with multiple analysis unities. The general purpose of this dissertation is to study the influence of the Modeling Episodes (ME) method (similar to the MI method) on the students' attitudes and self-efficacy beliefs about learning physics; conduct experimental activities; and work collaboratively. We tried to answer the following questions: What are the impacts of the ME application on the students' self-efficacy beliefs and attitudes regarding: (i) learning physics?, (ii) carrying out experimental activities?, and (iii) working collaboratively? To answer these research questions we adopted the methodological orientations for Yin's case-study and we used the Cognitive Social Theory, specifically, Bandura's self-efficacy concept. For the investigation, we carried out an exploratory study with multiple analysis unities (8 students) at Experimental Physics II – A, class that discuss oscillations, waves, hydrostatic and thermodynamic. The results showed the students' attitudes regarding the learning of physics as a teaching method were positive, specially: the planning and execution of their own experiments; the discussions fomented by the presentation of the results; and the evaluation of the reading assignments by the teacher. As negative factors, it was mentioned: the fact that the class was quite laborious and short time to carry out the planning and data analysis in class. Regarding the self-efficacy beliefs about learning physics and work collaboratively, the students' beliefs were influenced positively by the activities developed with the teaching method, through three of the main sources highlighted by Bandura: mastery, vicarious experiences and social persuasion. We also identified a readjustment on student's perception about their self-efficacy levels due to the experience with the ME method when compared to the method used in the previous experimental physics class (which used guided experimental scripts). New studies are necessary to give continuity to this exploratory study, investigating more deeply the readjustment process of the self-efficacy levels.

**Keywords:** Experimental activities; Self-efficacy beliefs; Modeling Episodes; Collaborative work.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Contextualização do episódio de modelagem sobre oscilações mecânicas (Fonte: Heidemann, 2015).....	18
Figura 2: Dinâmica do laboratório na fase de Investigação (Fonte: o autor, com permissão do uso de imagem dos fotografados).....	19
Figura 3: Diagrama sobre os tipos de instrumentos e análise de dados dos oito artigos revisados. Os números informam quantos artigos usaram tal tipo de instrumento. (Fonte: o autor).....	27
Figura 4: Distribuição dos oito artigos por objetivos e principais resultados de pesquisa. (Fonte: o autor).....	28
Figura 5: Causação recíproca triádica ou Determinismo recíproco. (Fonte: Oliveira, 2016) ..	31
Figura 6: Possíveis respostas do comportamento e estado afetivo do indivíduo para diferentes sentidos de autoeficácia e expectativa de resultados (Fonte: Bandura, 1997).....	33
Figura 7: Modelo de desenvolvimento de crenças de autoeficácia em aprender física em ambientes de aprendizagem por métodos ativos de ensino. (Fonte: o autor).....	34
Figura 8: Um mapa conceitual sobre a TSC de Albert Bandura. (Fonte: o autor).....	35
Figura 9: Tipos de estudo de caso (Fonte: Heidemann, 2015).....	38
Figura 10: Caracterização dos estudos de caso. (Fonte: Yin (2010)).....	39
Figura 11: Escala utilizada no questionário para mensurar o nível de crenças de autoeficácia dos alunos.....	42
Figura 12: Estrutura apresentada aos estudantes na plataforma <i>online</i> para mensurar o nível de crenças de autoeficácia no início e fim do semestre letivo. (Fonte: o autor).....	43
Figura 13: As cinco fases de análise e suas interações (Fonte: Oliveira (2016), p. 69 adaptado de Yin, (2011)). .....	45
Figura 14: Frequência dos aspectos positivos mencionados pelos estudantes no Questionário Final. (Fonte: o autor) .....	52
Figura 15: Pontuação média atribuída pela turma ao grau de auxílio de cada item para aprender física. (Fonte: o autor) .....	56
Figura 16: Média dos escores atribuídos pelos estudantes às atitudes referentes a atividade experimental. (Fonte: o autor) .....	58
Figura 17: Média dos escores atribuídos pelos estudantes às atitudes referentes ao trabalho colaborativo. (Fonte: o autor).....	61
Figura 18: Nível das crenças de autoeficácia dos estudantes quanto a aprender física. (Fonte: o autor).....	65
Figura 19: Nível das crenças de autoeficácia dos estudantes quanto a realizar atividades experimentais. (Fonte: o autor).....	68

Figura 20: Nível das crenças de autoeficácia dos estudantes quanto a trabalhar colaborativamente. (Fonte: o autor).....	70
Figura 21: Níveis de autoeficácia dos estudantes no início do estudo avaliado com o questionário inicial (Qi) e final (Qf (início)). (Fonte: o autor).....	72
Figura 22: Frequência dos aspectos relacionados à redução dos níveis de autoeficácia em aprender física e realizar atividades experimentais mencionados pelos estudantes na entrevista semiestruturada. (Fonte: o autor).....	74

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Objetivos gerais dos episódios de modelagem. (Fonte: Heidemann, Araujo e Veit, 2016). .....	19
Quadro 2: Informações obtidas na revisão dos oito artigos que envolveram o método MI e crenças de autoeficácia do grupo de pesquisa em Ensino de Física da UIF divididos em quatro categorias (Resolução de problemas, Comparação de métodos de ensino, sucesso acadêmico e propostas inovadoras de análise). Para cada artigo, são destacados: a referência, os objetivos, a coleta de dados, a análise de dados e os resultados. (Fonte: o autor) ( <i>Continua</i> ) .....	23
Quadro 3: Descrição dos estudantes que participaram do estudo. (Fonte: o autor) ( <i>Continua</i> ) .....	46
Quadro 4: Posicionamento de cada estudante (n = 1 a 8) quanto à atividade experimental no início do semestre. (Fonte: o autor) .....	59
Quadro 5: Posicionamento de cada estudante (n = 1 a 8) quanto ao trabalho colaborativo no início do semestre. (Fonte: o autor) .....	62
Quadro 6: Trechos das entrevistas semiestruturadas e as possíveis fontes de autoeficácia envolvidas no aumento dos níveis de autoeficácia em trabalhar colaborativamente (Fonte: o autor). .....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cronograma das atividades realizadas durante o estudo com a Turma A com indicação do dia e semana em que ocorreram. ....	41
Tabela 2: Coeficiente de fidedignidade para os 21 itens referentes as crenças de autoeficácia. ....	44
Tabela 3: Conceitos obtidos pelos estudantes nos relatórios e seu conceito final na disciplina. ....	50

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
2.1 Episódios de Modelagem (EM).....	17
2.2 Modelagem científica e crenças de autoeficácia.....	20
2.2.1 O Ensino de Física e as crenças de autoeficácia.....	21
2.2.2 <i>Modeling Instruction</i> e crenças de autoeficácia.....	22
2.3 Implicações da revisão da literatura para o estudo realizado.....	30
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>31</b>
3.1 Teoria Social Cognitiva e autoeficácia.....	31
3.1.1 Crenças de autoeficácia.....	32
<b>4. METODOLOGIA DE PESQUISA.....</b>	<b>37</b>
4.1 Estudo de caso de Robert Yin.....	37
4.2 Contexto do estudo.....	39
4.3 Coleta e análise de dados.....	40
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
5.1 Sobre as influências dos episódios de modelagem nas atitudes dos estudantes.....	50
5.2 Sobre as influências dos episódios de modelagem nas crenças de autoeficácia.....	64
5.3 Sobre o reajuste no nível de autoeficácia dos alunos.....	71
5.4 Síntese dos resultados: novas perspectivas.....	75
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>79</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>82</b>
Apêndice A: Questionário inicial para avaliação das crenças de autoeficácia e atitudes dos estudantes.....	85
Apêndice B: Questionário final para avaliação das crenças de autoeficácia e atitudes dos estudantes.....	88
Apêndice C: Roteiro para entrevista semiestruturada.....	91
Apêndice D: Termo de consentimento informado e esclarecido.....	92
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>93</b>
Anexo A: Tarefa de Leitura correspondente ao primeiro episódio de modelagem.....	93
Anexo B: Protocolo de avaliação dos episódios de modelagem.....	94
Anexo C: Guia de atividades para o episódio de modelagem sobre pêndulos.....	96
Anexo D: Guia de atividades para o episódio de modelagem sobre oscilações amortecidas.....	100
Anexo E: Guia de atividades para o episódio de modelagem sobre Arquimedes e a Coroa do Rei.....	103
Anexo F: Guia de atividades para o episódio de modelagem sobre resfriamento de sistemas.....	106

## 1. INTRODUÇÃO

As disciplinas de Física Geral e Física Experimental têm como objetivo consolidar conceitos básicos de Física que serão importantes para a formação acadêmica dos estudantes. Em muitas universidades essas disciplinas são ministradas separadamente, sendo que, nas de caráter experimental, a utilização de roteiros de atividades altamente dirigidos ainda são recorrentes (BREWE, 2008, p.1159). Entretanto, essa estratégia de ensino pode resultar em relatórios experimentais produzidos de forma burocrática por parte dos alunos, sem discussão das análises dos dados e com o objetivo de obter uma nota mínima. Além disso, o uso exclusivo de tal estratégia pode promover falta de interesse pela atividade de laboratório, como sugere Hodson (1994). Tendo em vista a necessidade de ressignificar as aulas experimentais, para irem além da execução algorítmica de procedimentos de coleta de dados, surgem na literatura trabalhos com propostas baseadas no desenvolvimento de aprendizagem por modelagem científica. Em particular, destacamos as propostas dos métodos de ensino denominados *Modeling Instruction* (BREWE, 2008) e Episódios de Modelagem (EM) (HEIDEMANN; ARAUJO; VEIT, 2016) que permitem uma reestruturação na forma de ensinar concedendo ao aluno um papel mais ativo no processo de ensino e aprendizagem. Esses métodos têm por objetivo auxiliar os estudantes a conectar teoria e prática, e promover o trabalho colaborativo de forma mais autônoma, sendo que o EM foi desenvolvido com base na disciplina de Física Experimental II – A do Instituto de Física da UFRGS.

No presente trabalho optamos por investigar a utilização do método Episódios de Modelagem (EM) em disciplinas de graduação e, em particular, como este método ativo de ensino proporciona experiências ao aluno de forma a modificar suas crenças de autoeficácia, ou seja, o julgamento que o indivíduo faz sobre suas próprias habilidades de realizar determinada tarefa ou ação. A seguir discutiremos em maior detalhe o método EM e as crenças de autoeficácia.

Nos episódios de modelagem os estudantes dispõem de guias de atividades que problematizam a situação a ser enfrentada; apresentam de forma sucinta alguns dos conceitos científicos relevantes para a compreensão do problema a ser investigado e sugerem algumas alternativas de investigações experimentais que podem contribuir para que o aluno avance no sentido de resolver o problema proposto. Esses guias foram construídos de forma a não tornar a atividade mecânica, como costumam ser as atividades baseadas nos tradicionais roteiros rigidamente estruturados (HEIDEMANN, 2015, p. 168). Entretanto, Heidemann frisa que em seus estudos os alunos apresentaram, mesmo com os guias de atividades, dificuldades para

relembrar, discutir e por em prática os conteúdos necessários para o desenvolvimento da tarefa. Para contornar esse obstáculo, o autor agregou ao EM Tarefas de Leitura (TL) do chamado “Ensino sob Medida” (EsM) (ARAUJO; MAZUR, 2013), visando a mobilização de conhecimentos necessários para a solução do problema a ser enfrentado. Nessas tarefas são indicados aos alunos trechos do livro didático a serem lidos e um conjunto de três a quatro questões que devem ser respondidas até cerca de 24h antes da próxima aula e enviadas eletronicamente ao professor. Na primeira atividade presencial de um EM, o professor discute respostas fornecidas pelos alunos e as principais dúvidas apresentadas nas TL. Em grande parte das aulas são os discentes, trabalhando em pequenos grupos, que delineiam o experimento, coletam os dados e os analisam. Ao final, apresentam os resultados das investigações para o grande grupo.

Por ser um método ativo de ensino que promove o trabalho colaborativo nas aulas de laboratório, a aplicação dos EM resultou em mudanças positivas nas crenças e atitudes em atividades experimentais dos estudantes nos estudos da tese de Heidemann (2015).

Além da necessidade de reconectar, de forma significativa para o aluno, atividades teóricas e experimentais, é possível elencar pelo menos outra razão importante para busca por métodos ativos: evitar que os estudantes desistam das disciplinas frente aos desafios encontrados. As falhas na compreensão de conceitos básicos de Física Geral e o consequente malogro em provas e testes avaliativos fazem com que os estudantes passem a questionar suas próprias capacidades intelectivas. Fontes & Azzi (2012, p. 105) abordam as percepções sobre a capacidade de organizar e executar determinado curso de ação que são consideradas elemento central na motivação e resiliência do sujeito. Tais percepções foram propostas por Bandura (1977), que as denominou *crenças de autoeficácia*, e estão no núcleo fundamental da Teoria Social Cognitiva (TSC) (PAJARES; OLAZ, 2008, p. 101). Essas crenças indicam como a pessoa julga suas próprias habilidades em realizar determinada tarefa e influenciam diretamente na persistência do sujeito em enfrentar problemas e situações desafiadoras. Outros trabalhos presentes na literatura apontam que as crenças de autoeficácia são importantes por prever performance, engajamento, retenção e sucesso acadêmico (MATSUI; OHNISHI, 1990; ANDREW, 1998; FENCL; SCHELL, 2005; MATSUI; SAWTELLE, 2011; SAWTELLE; BREWE; KRAMER, 2011; SAWTELLE; LITTLE, 2015). Fencl & Schell (2005) ainda sugerem que estratégias de ensino têm efeitos significativos nas crenças de autoeficácia dos estudantes por proporcionarem situações que servem como fontes de autoeficácia. Segundo Bandura (1977, 1997), Pajares e Olaz (2008), as crenças de

autoeficácia são afetadas por quatro principais fontes (experiências de domínio, experiências vicárias, persuasão social e estado fisiológico<sup>2</sup>) que são situações vivenciadas pelo indivíduo e classificadas por ele como significativas.

O grupo de pesquisa em ensino de física da Universidade Internacional da Flórida vem desenvolvendo trabalhos que buscam identificar fontes de crenças de autoeficácia proporcionadas por estratégias de ensino como o *Modeling Instruction (MI)*. Em particular, destacamos os estudos realizados por Sawtelle, Brewe & Kramer (2010) e Dou et al. (2016). Ambos os trabalhos mensuraram a variação do nível de autoeficácia dos estudantes em aprender física com um questionário aplicado antes e depois da intervenção didática com o *MI*. Sawtelle, Brewe & Kramer (2010, p. 290) mostram que não há diferença estatisticamente significativa entre o pré-teste e pós-teste para a turma com o *MI*, concluindo que o método não teve efeito sobre as crenças de autoeficácia dos estudantes em aprender física. Já as aulas expositivas (*lectures*) promoveram uma redução das mesmas. No estudo de Dou et al. (2016, p.1) houve uma redução nos níveis autoeficácia dos alunos em aprender física que vivenciaram o método *MI*. Essa redução superou o decréscimo provocado por aulas expositivas em estudos anteriores que comparavam o método *MI* com as aulas expositivas (*lectures*) (p.10).

Uma possível explicação para a não alteração, ou mesmo redução, dos níveis de autoeficácia em relação a aprender física pode resultar da ineficácia de métodos ativos de ensino para influenciar as crenças de autoeficácia dos estudantes. Contudo, outra explicação potencial, cuja avaliação preliminar é também objetivo do presente trabalho, é:

*O envolvimento com o método de ensino fez com que os estudantes reajustassem suas avaliações sobre seus níveis de autoeficácia, inicialmente superestimadas e tal reajuste não é percebido em função da forma como as medidas dos níveis de autoeficácia foram feitas, isto é, com pré e pós-testes.*

Passemos a um exemplo ilustrativo. Imagine que um aluno responda a questões no pré-teste sobre seu nível de autoeficácia em trabalhar colaborativamente, numa escala de 0 a 10, onde “0” significa que o aluno se julga completamente incapaz e “10” completamente capaz. Suponhamos que a média de suas respostas para o referido nível seja “8” e ele tenha

---

<sup>2</sup> Segundo Pajares e Olaz (2008): as experiências de domínio estão relacionadas a situações vivenciadas pelo indivíduo; as experiências vicárias estão relacionadas ao sucesso (ou insucesso) de outros indivíduos que o sujeito percebe como um igual; a persuasão social está associada a um discurso de um professor (ou colega) ou ambiente de trabalho que pode motivar a formulação das crenças de autoeficácia do indivíduo; e os estados fisiológicos estão relacionados com o estado emocional do indivíduo.

respondido as perguntas com base em sua experiência em estudar para as disciplinas com outro colega e costume se sair muito bem. Esse aluno cursa então uma disciplina cuja metodologia de ensino promove sistematicamente o trabalho em grupos em sala de aula. Nos primeiros trabalhos, o aluno enfrenta muitas dificuldades de comunicação por não conseguir explicar seus raciocínios aos colegas e também por não ter paciência de ouvi-los, quando a opinião deles é contrária à sua. Conforme os trabalhos vão sendo realizados, o aluno aprimora suas capacidades de comunicação e argumentação, apesar de ainda perceber espaço para melhorias. Ao final do semestre, um pós-teste é aplicado e a média obtida também seja "8". Esses resultados, iguais no pré e no pós-teste, poderiam nos levar a pensar que a metodologia de ensino não teve efeito sobre os níveis de autoeficácia, porém no pós-teste o estudante fez seu julgamento levando em conta também as experiências vividas na disciplina. Logo, pode ter havido uma mudança nos parâmetros de julgamento do estudante do início para o final da disciplina.

Na presente pesquisa buscamos investigar como o uso do método ativo de ensino Episódios de Modelagem na disciplina de Física Experimental II – A do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) influenciam as crenças de autoeficácia em aprender física, realizar atividade experimental e trabalhar colaborativamente. Atingir o objetivo a que nos propomos é uma tarefa complexa. Por isso, limitamos nosso escopo de pesquisa em uma investigação do tipo Estudo de Caso Exploratório (YIN, 2010) que visa possibilitar o desenvolvimento de hipóteses, proposições teóricas e novas questões de investigação para estudos futuros.

Para iniciar nosso estudo exploratório, partimos das seguintes questões norteadoras:

Quais influências que o método ativo Episódios de Modelagem produz nas crenças de autoeficácia e atitudes dos estudantes em relação a:

- (i) aprender física?
- (ii) realizar atividades experimentais?
- (iii) trabalhar colaborativamente?

Na sequência, discutiremos o possível fenômeno de reajuste no nível das crenças de autoeficácia dos alunos em relação a aprender física, realizar atividades experimentais e trabalhar colaborativamente para algo mais próximo à realidade.

Para responder às questões de pesquisa foram utilizadas notas de campo feitas na

observação participante ao longo do semestre; resultados de dois questionários, aplicados no início (Questionário Inicial do Apêndice A) e no fim do semestre (Questionário Final do Apêndice B), sobre crenças de autoeficácia e atitudes dos estudantes; e uma entrevista semiestruturada (Apêndice C), conduzida ao final do estudo. Nessa entrevista, os alunos eram indagados sobre as experiências vivenciadas durante o semestre, sobre suas respostas aos questionários e possíveis fatores que os levaram a variar suas percepções de eficácia pessoal e atitudes.

Na sequência, apresentamos, no Capítulo 2, o método Episódios de Modelagem (EM), seguido pela revisão da literatura sobre aulas experimentais com aprendizagem por modelagem científica e crenças de autoeficácia. No Capítulo 3 descrevemos o referencial teórico utilizado, a Teoria Social Cognitiva (TSC) de Albert Bandura, em especial, o conceito de autoeficácia. A TSC se baseia na ideia da agência humana, ou seja, o indivíduo é auto-organizado, proativo, autorreflexivo e autorregulado, sendo que o comportamento humano é considerado um produto de uma interrelação entre fatores pessoais e ambientais (PAJARES; OLAZ, 2008).

No Capítulo 4 discutimos a metodologia de pesquisa adotada neste trabalho. Para isso, descrevemos sucintamente a aceção de estudo de caso de Yin (2010), seguida da apresentação do contexto dos participantes do estudo. Além disso, apresentamos e discutimos os instrumentos de pesquisa utilizados e a forma de análise dos dados sob a perspectiva de Yin (2011). No capítulo 5 apresentamos as características da turma que foi objeto de estudo e a análise desenvolvida para cada unidade de análise. Na última seção, mostramos a síntese das respostas às questões norteadoras, novas perspectivas de pesquisa, questões de pesquisa e proposições teóricas a serem conduzidas em estudos posteriores.

Nas considerações finais (Capítulo 6), discorremos sobre as principais evidências levantadas por este estudo exploratório, destacando suas asserções de valores e sua influência enquanto parte de uma pesquisa cujo objetivo mais amplo é a investigação sobre melhorias na aprendizagem de física em laboratórios de ensino, nas atitudes e crenças de autoeficácia em aprender física, realizar atividades experimentais e trabalhar colaborativamente.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo apresentaremos: (i) uma descrição do método intitulado Episódios de Modelagem (HEIDEMANN, 2015; HEIDEMANN; ARAUJO; VEIT, 2016) destacando sua origem e elementos que o compõem; (ii) uma revisão da literatura sobre o conceito de autoeficácia e métodos ativos de ensino que utilizam modelagem científica em laboratórios de Física; e (iii) as implicações da revisão apresentada para o presente estudo.

### 2.1 Episódios de Modelagem (EM)

O método intitulado Episódios de Modelagem foi proposto por Heidemann (2015) em sua tese de doutorado defendida na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), tendo como base os Ciclos de Modelagem de David Hestenes e a Modelagem Didático-Científica (BRANDÃO; ARAUJO; VEIT, 2011). Essas propostas de ensino partem do princípio de que o Ensino de Ciências deve promover condições favoráveis aos alunos para o desenvolvimento de habilidades para trabalhar com modelos e, assim, possam compreender melhor o mundo físico. Além disso, espera-se que os estudantes venham a ser capazes de avaliar de forma crítica as informações relatadas por outros (HEIDEMANN; ARAUJO; VEIT, 2012). Heidemann, Araujo & Veit (2016) ressaltam que os episódios de modelagem foram delineados com base na Modelagem Didático-Científica (MDC) e explicam que:

Esse referencial teórico-epistemológico parte da tese de que a modelagem científica pode ser entendida como um campo conceitual subjacente aos campos conceituais específicos da física para propor conhecimentos de referência que os estudantes precisam mobilizar quando enfrentam situações que demandam a construção, o uso e a validação de modelos científicos. (p. 2)

Cada episódio desse método é constituído por quatro fases que objetivam auxiliar os alunos a conectar teoria e prática ao enfrentar problemas reais de física. Essas fases são denominadas por Preparação, Discussão Inicial, Investigação e Discussão Final, detalhadas a seguir.

Na fase de Preparação os estudantes realizam as Tarefas de Leitura (TL) antes da aula. Nessas tarefas são indicados aos alunos para leitura trechos de livros didáticos (de cinco a seis páginas) e um conjunto de três a quatro questões, cujas respostas devem ser enviadas<sup>3</sup> ao professor antes da próxima aula, com antecedência de um ou dois dias. Como exemplo de TL apresentamos no Anexo A a TL1. As respostas servem para o professor tomar conhecimento das maiores dificuldades dos alunos e dar melhor encadeamento à Discussão Inicial que é realizada em sala de aula. Essa fase começa com uma breve explanação do professor sobre as

---

<sup>3</sup> Por meio de plataformas de ensino a distância como: Moodle (<https://moodle.ufrgs.br/login/index.php>), NAVi (<https://ead.ufrgs.br/navi/>), ROODA (<https://ead.ufrgs.br/rooda/>), Sala de Aula Virtual. Também podem ser utilizados formulários online como permite o Google Forms (<https://www.google.com/forms/about/>).

principais dificuldades encontradas pelos alunos na TL; tem continuidade com o professor problematizando o tema a ser abordado por meio das investigações e conduz os alunos a conceberem sistemas que poderão ser alvo de investigações no laboratório e os auxiliarão na compreensão da problemática inicial.

Para ilustrar, descrevemos com algum detalhe um Episódio de Modelagem que versa sobre oscilações mecânicas a partir do estudo de pêndulos. No início da aula o professor contextualiza o tema com exemplos de procura de petróleo (gravímetros pendulares) e mensuração de intervalos de tempo (relógios de pêndulo) como ilustrado na Figura 1. Em seguida, valendo-se de constante debate com os alunos, o docente conduz a proposta de estudo de um sistema simplificado (bola pendurada em um fio) que possibilite um melhor entendimento dos processos descritos. Após o problema ser discutido com os estudantes, eles se reúnem em pequenos grupos de três a quatro integrantes, munidos de quadros brancos (90 cm x 60 cm), e do guia de atividade. Esses instrumentos os auxiliarão na próxima fase do EM.

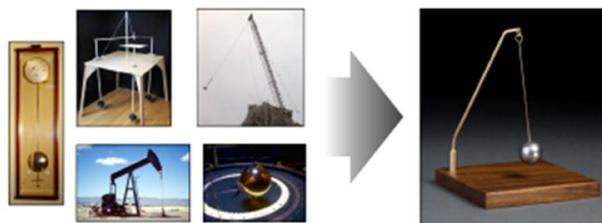


Figura 1: Contextualização do episódio de modelagem sobre oscilações mecânicas (Fonte: Heidemann, 2015).

Na fase de Investigação os grupos planejam as atividades que pretendem desenvolver, especificando que questões pretendem responder com a investigação, qual a montagem experimental, quais grandezas serão medidas, com que instrumentos e que análise farão com os dados coletados. Enfim, um planejamento inicial que só será executado após o professor aprovar o projeto de investigação. Tal aprovação depende de dois fatores: exequibilidade e consistência (HEIDEMANN, 2015, p. 105). Além de aprovar e/ou sugerir alterações no planejamento dos alunos, o professor observa o processo de coleta e análise de dados realizados pelos alunos, tanto auxiliando nas eventuais dúvidas dos discentes e aconselhando a prevenção de prováveis erros, quanto incentivando a utilização de recursos computacionais (*softwares* como Tracker, Modellus) na medida em que os estudantes mostram nível de entendimento adequado para tais aprimoramentos. A Figura 2 ilustra o ambiente do laboratório nessa fase do método EM. Os resultados da fase de investigação são apresentados pelos grupos aos demais colegas e ao professor, na etapa de Discussão Final. Para isso são

utilizados os quadros brancos, iniciando-se para exposição dos resultados finais, quando os grupos respondem aos questionamentos levantados pelos colegas e pelo professor. Também é papel do professor mediar as discussões para manter um ambiente de respeito, eventualmente corrigir erros conceituais presentes no discurso dos alunos e, na medida do possível, inserir termos técnicos para melhorar as explicações. Para finalizar, o professor apresenta uma solução ao problema enfrentado na atividade relacionando-a com os resultados obtidos pelos estudantes.



Figura 2: Dinâmica do laboratório na fase de Investigação (Fonte: o autor, com permissão do uso de imagem dos fotografados<sup>4</sup>).

Os autores propõem quatro episódios de modelagem, cujos objetivos gerais visam explorar o processo de modelagem científica, como pode ser visto no Quadro 1 (HEIDEMANN; ARAUJO; VEIT, 2016).

Quadro 1: Objetivos gerais dos episódios de modelagem. (Fonte: Heidemann, Araujo e Veit, 2016).

<b>Episódio de Modelagem</b>	<b>Objetivo Geral:</b> Proporcionar situações-problemas para que os estudantes compreendam...
Pêndulos	...o <b>caráter representacional dos modelos teóricos da física</b> , e que o <b>grau de precisão e o domínio de validade</b> desses modelos dependem das simplificações da realidade consideradas.
Sistema de Amortecimento Automotivo	...que os <b>modelos teóricos da física são construções com o propósito de representar eventos reais</b> , ou supostos como tais, e que as <b>simplificações</b> da realidade consideradas nesses modelos influenciam fortemente o delineamento de experimentos, pois procuramos utilizar arranjos experimentais onde os aspectos desconsiderados no modelo teórico de referência influenciam minimamente.
Arquimedes e a Coroa do Rei	...que o <b>ato de medir pressupõe o uso de modelos teóricos auxiliares</b> e que a escolha desses modelos influencia diretamente na precisão das medidas.
Resfriamento de Sistemas	...que quando o grau de precisão de um modelo teórico é insuficiente os <b>modelos podem ser modificados</b> por meio de alterações nas simplificações da realidade consideradas e/ou na teoria geral que o ampara.

<sup>4</sup> O Termo de consentimento encontra-se no Apêndice D.

Na avaliação de cada episódio são utilizados protocolos de avaliação (Anexo B) que apresentam os critérios de avaliação estipulados pelo professor, sendo que cada item é avaliado em três níveis representados pelos seguintes símbolos: ✓ (bem atendido), ½ (medianamente atendido), e ✗ (mal atendido) (ibid. p.6). É importante que os alunos estejam cientes de cada critério de avaliação constante no protocolo de avaliação antes do início da atividade presencial.

Esses episódios de modelagem foram utilizados com sucesso por Heidemann (2015) na disciplina de Física Experimental II – A oferecida para todas as ênfases do curso de Física da UFRGS. Como principais resultados o autor destaca que o método modificou de forma positiva as crenças e atitudes dos estudantes em relação à prática de laboratório. No presente trabalho vamos utilizar o método EM nessa mesma disciplina e também vamos aferir as atitudes dos alunos quanto à aprendizagem de física, atividades experimentais e trabalho colaborativo. Contudo, adicionalmente, vamos nos preocupar com o efeito proporcionado pelos episódios de modelagem sobre as crenças de autoeficácia dos indivíduos em aprender física, realizar atividade experimental e trabalhar colaborativamente, que descreveremos na próxima seção.

## **2.2 Modelagem científica e crenças de autoeficácia**

Partimos da revisão da literatura sobre crenças de autoeficácia e atitudes presente no trabalho de Oliveira (2016), que mapeou as publicações de artigos nacionais e internacionais entre 2011 e 2015. O autor selecionou e analisou 23 artigos, buscando traçar o perfil das publicações de acordo com sua nacionalidade, o nível de ensino pesquisado, as metodologias de pesquisa adotadas e os temas sobre os quais versam. Dentre estes trabalhos destacamos um que se propõe a identificar as crenças de autoeficácia dos alunos em tempo real ao cursarem uma disciplina com o método ativo de ensino *Modeling Instruction (MI)* (SAWTELLE et al., 2012a). A partir dessa referência, complementamos a revisão de literatura de Oliveira (2016) incluindo oito artigos sobre investigações que envolveram o *MI* e crenças de autoeficácia. Essa escolha nos direcionou a oito artigos do grupo de pesquisa em Ensino de Física da Universidade Internacional da Flórida (UIF). Com a revisão desses artigos procuramos responder às seguintes questões de pesquisas:

- (i) quais os tipos de instrumentos utilizados para a coleta de dados?
- (ii) qual a forma de análise de dados utilizada nos trabalhos?

(iii) quais os principais resultados destacados?

Nas subseções seguintes serão apresentadas: uma síntese dos principais resultados da revisão da literatura de Oliveira (2016); e os principais resultados, respondendo às questões de pesquisa propostas.

#### 2.2.1 O Ensino de Física e as crenças de autoeficácia

Oliveira (2016) mostra que o conceito de autoeficácia tem sido investigado em nível mundial com caráter pragmático e quantitativo focando, especialmente, no ensino superior (graduação e pós-graduação). O autor apresenta dados que indicam quantidades elevadas de artigos em periódicos especializados em ensino de Ciências e Física entre 2011 e 2015. Foi encontrado um total de 55 artigos, sendo que dez tratavam especificamente de física. O autor agregou a esses dez artigos treze trabalhos encontrados no banco de dados *Education Resources Information Center*<sup>5</sup> (ERIC) que envolviam crenças de autoeficácia e física. Em sua análise, Oliveira identificou cinco temas principais discutidos nos artigos sobre autoeficácia, a saber: Métodos ativos, Formação de professores, Formação de estudantes, Gênero e Questões raciais, culturais e/ou étnicas. Dentre esses temas interessam-nos de modo especial os trabalhos que versam sobre a utilização de métodos ativos de ensino. Segundo o autor esses trabalhos apontam como principal aspecto a potencialidade dos métodos ativos de ensino para influenciar as crenças de autoeficácia e com isso elevar o nível de motivação dos indivíduos.

Segundo Oliveira (ibid.), a aprendizagem ativa proporciona situações que envolvem os principais fatores que influenciam nas crenças de autoeficácia (experiências positivas, vicárias e persuasão social). O autor também ressalta que esses “métodos de ensino que utilizam trabalhos colaborativos e engajamento ativo do aluno podem melhorar o senso de eficácia pessoal dos estudantes em vários aspectos e, até mesmo, servir como base para a escolha de uma carreira científica” (ibid. p. 42). Outro aspecto importante é a pequena quantidade de investigações com delineamento quantitativo nesses estudos. Isso justifica a motivação de Sawtelle et al. (2012) para propor uma forma de análise de vídeos em tempo real para identificar as fontes de crenças de autoeficácia envolvidas no processo de modelagem científica como o *MI*.

Segundo esses autores (ibid.) a investigação sobre crenças de autoeficácia é de extrema relevância para o Ensino de Física, entretanto poucas pesquisas realizam uma

---

<sup>5</sup> Disponível em <http://eric.ed.gov/>. Acesso em 28/12/2016.

investigação mais profunda sobre a identificação das fontes de autoeficácia. Eles ainda comentam que os principais resultados encontrados por esses trabalhos são: estabelecimento de correlação entre as crenças de autoeficácia com o sucesso em determinados campos; relação entre a escolha de carreira e as crenças de autoeficácia; conexão entre a crença de autoeficácia em aprender física e o sucesso acadêmico; e impactos positivos do método *MI* nas crenças de autoeficácia em aprender física (p. 1).

### 2.2.2 *Modeling Instruction* e crenças de autoeficácia

Nesta subseção apresentaremos as respostas que encontramos às questões de pesquisa que nos propusemos responder sobre as pesquisas do Grupo de Ensino de Física da Universidade Internacional da Flórida (UIF). Começamos apresentando o Quadro 2, onde reunimos as informações coletadas para cada artigo em quatro categorias segundo os seus objetivos e principais resultados. As categorias utilizadas foram: resolução de problemas, comparação de métodos de ensino, sucesso acadêmico e propostas inovadoras de análise.

Passamos, agora, a responder às questões de pesquisa de nossa revisão da literatura.

#### *Quais os tipos de instrumentos utilizados para a coleta de dados?*

Os oito artigos selecionados para a revisão utilizam sete tipos diferentes de instrumentos em suas coletas de dados como mostra o diagrama da Figura 3. Dentre esses artigos, três valem-se somente de um tipo de instrumento, sendo que dois utilizaram questionários (pré-teste e pós-teste) e o terceiro realizou a coleta de dados por meio de filmagens da interação dos alunos durante a resolução de problemas em sala de aula. Os outros cinco artigos optaram por uma coleta de dados com múltiplos instrumentos. Na Figura 3 vemos que esses trabalhos utilizaram desde os dados disponíveis no banco de dados da UIF (que incluem, por exemplo, informações sobre etnia e gênero dos estudantes) até anotações de campo registradas durante as observações. Na Figura 3 também vemos as combinações de coletas utilizadas, bem como o número de artigos que as utilizaram.

Quadro 2: Informações obtidas na revisão dos oito artigos que envolveram o método MI e crenças de autoeficácia do grupo de pesquisa em Ensino de Física da UIF divididos em quatro categorias (Resolução de problemas, Comparação de métodos de ensino, sucesso acadêmico e propostas inovadoras de análise). Para cada artigo, são destacados: a referência, os objetivos, a coleta de dados, a análise de dados e os resultados. (Fonte: o autor) *(Continua)*

	Ref.	Objetivos	Coleta de dados	Análise dos dados	Resultados
Categoria: Resolução de problemas	Sawtelle; Brewe; Kramer (2009)	Compreender o processo de resolução de problemas e sua relação com as crenças de autoeficácia.	Observações, entrevistas e caderno de reflexões.	Observaram uma turma de <i>Modeling Instruction (MI)</i> e realizaram entrevistas com uma aluna e um aluno. A análise foi dividida em quatro categorias do processo de resolução de problemas com modelagem científica: introdução e representação; coordenação de representação; aplicações; e verificar a consistência.	Encontraram a possibilidade de dividir o processo de resolução de problemas em duas principais fases: processo de definição de metas e ciclo de <i>feedback</i> de crenças de autoeficácia. Com a pesquisa qualitativa não foi possível isolar o processo de definição de metas e as crenças de autoeficácia em resolver problemas. Os autores afirmam que essa conexão pode estar relacionada com a retenção dos alunos em Física.
	Sawtelle et al. (2012b)	Compreender o mecanismo pelo qual o <i>MI</i> influencia as crenças de autoeficácia em aprender física dos alunos.	Vídeo de uma aula com resolução de problemas em uma turma que utilizava o método <i>MI</i> .	Busca por <i>SEOs (self-efficacy experience opportunities)</i> ao analisar 25 minutos da filmagem (1 minuto de análise e 24 minutos para validação dos resultados) de uma aula de resolução de problemas realizada por três alunas da disciplina introdutória de Física. Essa aula ocorreu no fim do primeiro mês do semestre inicial de física. O problema a ser enfrentado possuía uma dificuldade que correspondia ao limite das habilidades desenvolvidas em sala de aula.	A análise do vídeo permitiu aos autores identificar a utilização do modelo trabalhado na aula anterior com o método <i>MI</i> . Além disso, detectaram dois momentos dos diálogos que foram caracterizados como Oportunidades de Experiências de Domínio, Oportunidades de Experiências Vicárias e Oportunidades de Persuasão Social. Os autores acreditam que sua análise fornece uma detalhada descrição de um potencial mecanismo para a complexa tarefa de estudar o desenvolvimento de crenças de autoeficácia em aulas baseadas no método <i>MI</i> . Além de fornecer novas perspectivas de pesquisa para identificação de outros elementos do <i>MI</i> que criam <i>SEOs</i> .

Quadro 2: Informações obtidas na revisão dos oito artigos que envolveram o método MI e crenças de autoeficácia do grupo de pesquisa em Ensino de Física da UIF divididos em quatro categorias (Resolução de problemas, Comparação de métodos de ensino, sucesso acadêmico e propostas inovadoras de análise). Para cada artigo, são destacados: a referência, a coleta de dados, a análise de dados e os resultados. (Fonte: o autor) *(Continuação)*

	Ref.	Objetivos	Coleta de dados	Análise dos dados	Resultados
Categoria: Comparação de métodos de ensino	Sawtelle; Brewe; Kramer (2010)	Investigar os impactos do <i>MI</i> nas fontes de autoeficácia em aprender física comparado ao método tradicional ( <i>lecture</i> ).	Aplicação do <i>SOSESC-P (Sources of Self-Efficacy in Science Courses Survey – Physics)</i> como pré-teste e pós-teste	Essa investigação teve como objetivo identificar as influências do método <i>Modeling Instruction</i> e do método tradicional ( <i>lecture</i> ) sobre as crenças de autoeficácia dos alunos. Para tanto, realizaram uma análise quantitativa com o <i>d de Cohen</i> para detectar as diferenças entre pós-teste e pré-teste. A análise ocorreu em duas fases: agrupados por gênero (crença de autoeficácia total) e desagrupados por gênero e fontes de crenças de autoeficácia.	Os alunos da disciplina tradicional ( <i>lecture</i> ) apresentaram pequena redução no nível de crenças de autoeficácia em física. Em contra partida, alunos da disciplina com o <i>MI</i> não apresentaram mudanças estatisticamente significativas nas crenças de autoeficácia total. Foram detectadas diferenças pequenas e positivas proporcionadas pela fonte de Persuasão Verbal sobre o nível de crenças de autoeficácia das mulheres que participaram do <i>MI</i> . As demais fontes não tiveram influência. Já para a disciplina com o método tradicional houve média redução no nível das crenças de autoeficácia. Os autores relacionam essa alteração às Experiências de Domínio e Experiências Vicárias. Para os homens o <i>MI</i> promoveu diferenças estatisticamente significativas nos níveis de crenças de autoeficácia proporcionadas por todas as fontes. Já na turma tradicional foram detectadas médias reduções devidas à fonte de Estados Fisiológicos e pequena redução para as fontes de Persuasão Verbal, Experiências de Domínio e Vicárias.
	Dou; Brewe (2014)	Examinar um mecanismo plausível pelo qual disciplinas com trabalho colaborativo influenciam as crenças de autoeficácia dos estudantes em aprender física.	Aplicação do <i>SOSESC-P</i> como pré-teste e pós-teste.	Utilizaram uma análise de rede social para identificar possíveis oportunidades de Experiências Vicárias e Persuasão Social. Também foram realizados testes estatísticos usando os <i>softwares R</i> e o <i>statnet package</i> visando identificar os impactos do método <i>MI</i> e das aulas expositivas sobre as crenças de autoeficácia dos estudantes em aprender física.	A análise preliminar não só fornece evidências de que estratégias de ensino com aprendizagem colaborativa (como o <i>University MI</i> ) têm impactos positivos nas crenças de autoeficácia dos alunos devido ao elevado número de interações sociais em comparação às aulas tradicionais ( <i>lecture</i> ). Ela também esclarece o potencial mecanismo pelo qual essa estratégia de ensino o faz, ou seja, promove oportunidades para Experiências Vicárias e Persuasão social. Isso se deve à elevada correlação entre a posição em uma rede social e as Experiências Vicárias e Persuasão social ( <i>SOSESC-P</i> ).

Quadro 2: Informações obtidas na revisão dos oito artigos que envolveram o método MI e crenças de autoeficácia do grupo de pesquisa em Ensino de Física da UIF divididos em quatro categorias (Resolução de problemas, Comparação de métodos de ensino, sucesso acadêmico e propostas inovadoras de análise). Para cada artigo, são destacados: a referência, a coleta de dados, a análise de dados e os resultados. (Fonte: o autor) *(Continuação)*

	<b>Ref.</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Coleta de dados</b>	<b>Análise dos dados</b>	<b>Resultados</b>
Categoria: Sucesso acadêmico	Sawtelle; Brewe; Kramer (2011)	Investigar a o poder preditivo de falha ou sucesso (baseada nas notas finais obtidas pelos estudantes) das crenças de autoeficácia das mulheres em aprender física.	Pré-teste utilizando o questionário <i>SOSESC-P</i> aplicado na terceira semana de aula. Além dessa coleta de dados foi utilizado o banco de dados da universidade que contém informações de gênero e etnia.	Utilizaram a regressão logística sequencial para demonstrar a habilidade preditiva de falha ou sucesso das crenças de autoeficácia em aprender física, e mostrar as variações devido ao tipo de curso de física.	O estudo indica significativa correlação entre a autoeficácia média em física e a classificação final das notas dos estudantes. A fonte de Persuasão Social não é um importante indicador para o sucesso de mulheres, em contra partida, as Experiências Vicárias preveem significativamente o sucesso das mulheres. O <i>MI</i> não só promove oportunidade de Experiências Vicárias, mas também enfatiza a sua importância ao incentivar o trabalho coletivo.
	Sawtelle; Brewe; Kramer (2012)	Explorar a teoria de gênero para entender as sutilezas de como as fontes de autoeficácia em aprender física proporcionam um mecanismo de entendimento da retenção de mulheres nas disciplinas introdutórias de Física.	Pré-teste (aplicado após a terceira semana de aula) e pós-teste (aplicado três semanas antes do término das aulas) com o <i>SOSESC-P</i> , o <i>FCI (Force Concept Inventory)</i> e o banco de dados da universidade, que contém informações de gênero e etnia.	Análise dos dados como o método de regressão logística sequencial que visou encontrar a melhor combinação das variáveis de diagnóstico que maximize a probabilidade de correlação. Nessa análise foram utilizados os dados coletados no pré-teste das fontes de dados comparando com o sucesso ou insucesso na disciplina de Física.	Existe uma relação positiva entre autoeficácia em aprender física e o sucesso nas aulas de Física. Quando desagregados por gênero os resultados mostram que as Experiências Vicárias são fatores preditivos significativos para a retenção das mulheres, para os homens são as Experiências de Domínio. O trabalho colaborativo motivado pelo método <i>MI</i> pode aumentar as Experiências Vicárias, o que é um fator importante principalmente para as mulheres. Para os homens a aprendizagem ativa também pode ajudar. Afinal, eles podem ter experiências positivas em Experiências de Domínio.

Quadro 2: Informações obtidas na revisão dos oito artigos que envolveram o método MI e crenças de autoeficácia do grupo de pesquisa em Ensino de Física da UIF divididos em quatro categorias (Resolução de problemas, Comparação de métodos de ensino, sucesso acadêmico e propostas inovadoras de análise). Para cada artigo, são destacados: a referência, a coleta de dados, a análise de dados e os resultados. (Fonte: o autor) (*Continuação*)

	Ref.	Objetivos	Coleta de dados	Análise dos dados	Resultados
Categoria: Proposta inovadora de análise	Dou et al. (2016)	Investigar os impactos do método <i>MI</i> nas crenças de autoeficácia dos estudantes em aprender física e as influências dessas crenças no processo de escolha de carreira.	Pré-teste e Pós-teste com o <i>SOSESC-P</i> em turmas com o método <i>MI</i> . Inferem as Experiências Vicárias e Persuasão Social pelo número e tipo de interações sociais dos alunos que utiliza a <i>Social Network Analysis (SNA)</i> .	Utilizaram análise estatística com o teste t para comparar os escores do pré-teste e pós-teste. Combinaram as respostas dos alunos com uma análise de rede social para verificar as interações sociais ocorridas no processo. Também realizaram o teste t com os dados desagregados por gênero e por fontes de autoeficácia.	Houve redução no nível de crenças de autoeficácia dos alunos em física. A análise para as redes sociais mostra um resultado positivo para o índice de previsão das Experiências de Domínio, Persuasão social e Experiências vicárias. Esses resultados não só corroboram com o modelo proposto pelos autores como também indicam a necessidade de expansão, visto que as Experiências de Domínio mostram poder preditivo positivo, mesmo não tendo conexão direta com a interação social.
	Sawtelle et al. (2012a)	Apresentar um método de análise de vídeos em tempo real para investigar o desenvolvimento das crenças de autoeficácia dos estudantes em aprender física.	Gravações das aulas como o método <i>MI</i> e entrevista com os participantes.	Primeiro foram feitas microanálises de três alunas (eram as mesmas alunas do <i>Creating Opportunities to Influence Self-Efficacy through Modeling Instruction</i> ) da disciplina com o método <i>MI</i> no processo de resolução de problemas para verificar as oportunidades de experiências de autoeficácia ( <i>SEOs</i> ). Em seguida, foram conduzidas entrevistas para identificar eventos que têm potencial de influenciar a autoeficácia. Na entrevista os alunos olhavam o vídeo da aula e comentavam sobre como se sentiam em determinados momentos.	Com a análise em tempo real os autores perceberam a dificuldade de identificar com a microanálise a fonte de Estado Fisiológico. Eles focam na identificação das demais fontes de autoeficácia com base na análise em tempo real. Essa análise inovadora proposta pelos autores corrobora as ideias de Bandura, visto que uma experiência só é significativa para as crenças de autoeficácia se foi relevante para o indivíduo. Como principal conclusão do artigo os autores constatarem a relevância dessa metodologia para identificação das fontes de autoeficácia, entretanto admitem a limitação dessa investigação ao sugerir que novos estudos devam ser realizados para melhor consolidar a análise em tempo real.

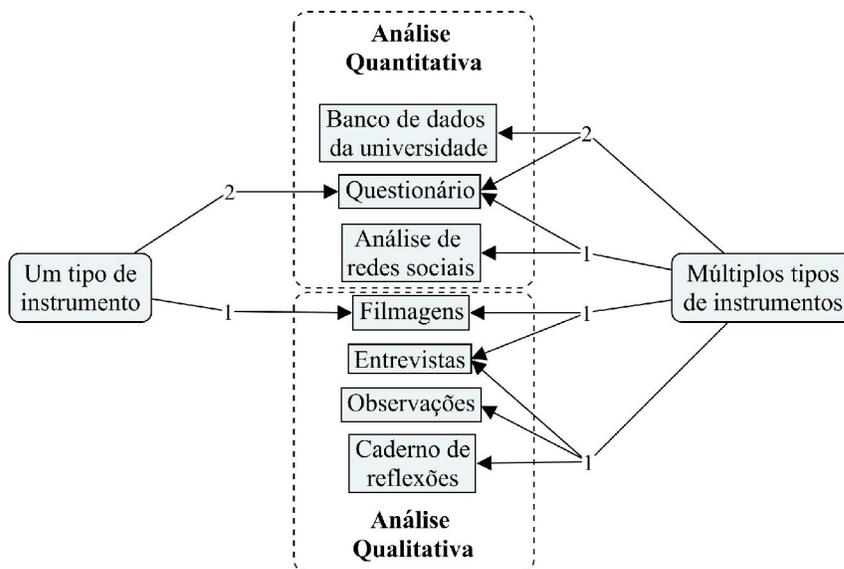


Figura 3: Diagrama sobre os tipos de instrumentos e análise de dados dos oito artigos revisados. Os números informam quantos artigos usaram tal tipo de instrumento. (Fonte: o autor)

### *Qual a forma de análise de dados utilizada nos trabalhos?*

A Figura 3 mostra que, dos oito artigos revisados, cinco utilizaram análises quantitativas, a saber: análise estatística com o *d* de *Cohen* para detectar as diferenças entre o pré-teste e pós-teste; análise de correlação com o método de regressão logística sequencial; e outras análises estatísticas como o teste t. Nos três artigos restantes, os autores optaram pela análise qualitativa dos dados coletados. Essas pesquisas buscaram identificar nas observações, entrevistas e filmagens eventos que oportunizaram fontes de crenças de autoeficácia em aprender física no processo de resolução de problemas do método *MI*.

### *Quais os principais resultados destacados?*

Realizamos a categorização dos artigos a partir dos seus objetivos e principais resultados. Foram identificados quatro objetivos (Figura 4): Resolução de problemas – dois artigos; Comparação de métodos de ensino – dois artigos; Sucesso acadêmico – três artigos; e Propostas inovadoras de análise – um artigo.

Sawtelle, Brewe e Kramer (2009) por meio da análise dos dados provenientes de observações, caderno de reflexões e entrevistas identificaram a possibilidade de dividir o processo de resolução de problemas em duas principais fases: processo de definição de metas e ciclo de *feedback* de crenças de autoeficácia. Essas fases são proeminentes no processo de modelagem ocorrido em aulas com o método *MI*, contudo os autores ressaltam como limitação de sua pesquisa a impossibilidade de isolar cada uma dessas fases. Em outro

trabalho, Sawtelle et al. (2012b) se valem de vídeo análise para a detecção de oportunidades de formação de crenças de autoeficácia em aprender física no processo de resolução de problemas. Esses autores isolaram dois momentos do diálogo entre os alunos que foram caracterizados como Oportunidades de Experiências de Domínio, Oportunidades de Experiências Vicárias e Oportunidades de Persuasão Social<sup>6</sup>. Eles acreditam que sua análise fornece uma detalhada descrição de um potencial mecanismo para a complexa tarefa de estudar o desenvolvimento de crenças de autoeficácia. Isso permitiu-lhes propor uma inovadora forma de análise que trataremos com maior detalhe na última categoria da nossa revisão.

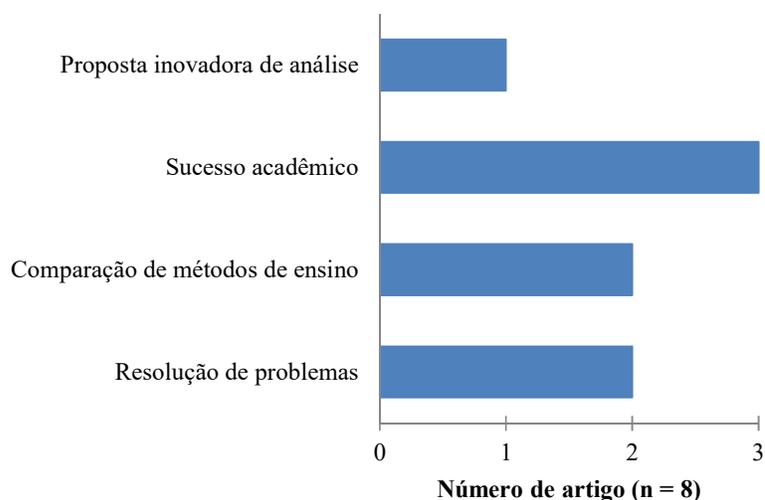


Figura 4: Distribuição dos oito artigos por objetivos e principais resultados de pesquisa. (Fonte: o autor)

Dou e Brewe (2014) apresentam resultados que corroboram o trabalho de Sawtelle, Brewe e Kramer (2010) ao identificar impactos positivos do método *MI* no nível de crenças de autoeficácia em aprender física quando comparado com os impactos do método com aulas expositivas (*lecture*). Ambos identificam reduções no nível de crenças de autoeficácia dos alunos em relação à física proporcionadas por experiências negativas vivenciadas durante as aulas com o método de aulas expositivas. Segundo Sawtelle, Brewe e Kramer (2010) essas reduções foram proporcionadas por: Experiências de Domínio e Experiências Vicárias (média influência) para as mulheres; Estados Fisiológicos (média influência), Persuasão Verbal, Experiências de Domínio e Experiências Vicárias (pequena influência) para os homens.

<sup>6</sup> Segundo os autores Sawtelle et al. (2012b) as oportunidades de fontes de autoeficácia são situações identificadas pelos pesquisadores que tem potencialidade para servirem como fonte de autoeficácia.

Ainda sobre a comparação de métodos de ensino destacamos que ambos os trabalhos citados concordam que o método *MI* tem impactos positivos nas crenças de autoeficácia dos alunos devido ao elevado número de interações sociais que oportunizam a ocorrência de experiências positivas aos estudantes em comparação às aulas tradicionais. Sawtelle, Brewe e Kramer (2010) destacam em seus resultados que o método *MI* não apresentou mudanças estatisticamente significativas no nível de crenças de autoeficácia dos alunos em aprender física. Esse resultado contradiz o resultado do artigo anterior, entretanto os autores concluem que o método *MI* produz impactos positivos sobre os níveis de autoeficácia dos estudantes se comparado aos resultados obtidos com a disciplina tradicional.

Na categoria de Sucesso acadêmico, Dou et al. (2016) relatam uma redução no nível de autoeficácia dos estudantes em aprender física ao comparar os escores do pré-teste e pós-teste por meio de um teste t. Mesmo com essa redução nos níveis, os autores reportam elevado grau de previsão das Experiências de Domínio, Persuasão Social e Experiências Vicárias para o sucesso acadêmico dos alunos. Essa correlação positiva entre o nível de crenças de autoeficácia em aprender física e desempenho acadêmico corrobora os resultados encontrados em estudos anteriores como, por exemplo, os trabalhos de Sawtelle, Brewe e Kramer (2011, 2012). Esses trabalhos tratam de explorar a correlação entre as crenças de autoeficácia em aprender física e a retenção das mulheres em disciplinas introdutórias. Os autores destacam que as Experiências Vicárias são fatores preditivos positivos para a retenção das mulheres e as Experiências de Domínio para os homens. Todos os artigos dessa categoria concordam com a constatação da categoria anterior sobre a potencialidade do método *MI* em proporcionar oportunidades de Experiências de Domínio, Experiências Vicárias e Persuasão Social aos estudantes.

Nossa última categoria trata de uma proposta inovadora de análise de dados para a identificação de oportunidades de formação de crenças de autoeficácia em aprender física proporcionadas pelo método *MI*. A proposta de análise em tempo real é dividida em duas partes. Primeiramente, os pesquisadores realizam uma microanálise dos dados coletados nos vídeos, eles procuram identificar nesse material as oportunidades de fontes de autoeficácia. Em seguida, os pesquisadores realizam as entrevistas mostrando os trechos selecionados e solicitando aos estudantes que expliquem o que estavam pensando naquele instante. Com essa análise os autores perceberam a dificuldade de se detectar corretamente a fonte de Estado Fisiológico por meio da microanálise. Porém detectaram oportunidades de ocorrência das demais fontes de autoeficácia com a análise em tempo real. Os autores acabam por constatar a

relevância dessa metodologia para identificação das fontes de autoeficácia, entretanto admitem a limitação dessa investigação ao sugerir que novos estudos devam ser realizados para melhor consolidar a análise em tempo real.

### **2.3 Implicações da revisão da literatura para o estudo realizado**

Primeiramente essa revisão nos mostra a relevância de se investigar o nível de crenças de autoeficácia no Ensino de Física, visto que ele nos dá indícios do sucesso acadêmico dos estudantes. Associado a isso temos a potencialidade do método ativo de ensino baseado na modelagem científica (*MI*) em fornecer oportunidades de ocorrência de três das quatro principais fontes de autoeficácia. Ele proporciona atividades em sala de aula nas quais o aluno adquire experiências de forma ativa (Experiências de Domínio); o aluno aprende, interage e observa o desenvolvimento de seus colegas de grupo (Experiências Vicárias); e fomenta um ambiente de colaboração e de auxílio (Persuasão Social).

No entanto, como vimos em nossa revisão, existem divergências nos resultados sobre a variação dos níveis de autoeficácia em aprender física de alunos que participaram de aulas com o método *MI*. Dou e Brewe (2014) relatam como principais resultados de sua pesquisa um aumento no nível das crenças de autoeficácia em aprender física dos estudantes, enquanto Sawtelle, Brewe e Kramer (2010) afirmam que não há mudanças estatisticamente significativas e Dou et al. (2016) apontam uma redução nos níveis. Essas contradições nos levam a importante tarefa de investigar as influências de métodos ativos de ensino com enfoque na modelagem científica nos níveis das crenças de autoeficácia dos estudantes. Para isso, levantamos a hipótese da adequação da percepção dos alunos sobre suas próprias capacidades.

Também vimos que apenas três artigos (37%) produzidos pelo grupo de pesquisa em Ensino de Física da UIF realizam uma investigação mais profunda sobre as influências do método de ensino nas crenças de autoeficácia dos estudantes ao optarem pela metodologia de pesquisa qualitativa. Além disso, vimos que dentre essas propostas existe uma promissora forma de análise em tempo real para detecção das fontes de autoeficácia. Os resultados elencados por esse artigo serão levados em consideração no processo de análise dos dados coletados em nossa investigação.

No próximo capítulo, aprofundamos a discussão sobre crenças de autoeficácia e a Teoria Social Cognitiva de Albert Bandura.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

Como vimos, um nível elevado de crenças de autoeficácia é um importante previsor de retenção e sucesso acadêmico, assim como da resiliência dos indivíduos. Poderíamos sintetizar a relevância do conceito de autoeficácia com a seguinte frase: “Confiar em si mesmo não garante o êxito, mas não fazê-lo garante o fracasso” (Bandura, 1997, p. 77). Portanto, faz-se relevante conhecer um pouco mais sobre as crenças de autoeficácia e a Teoria Social Cognitiva (TSC), desenvolvida pelo psicólogo canadense Albert Bandura. As ideias desse autor são voltadas para o indivíduo como um ser ativo que influencia e é influenciado pelo mundo à sua volta. Apresentaremos nas subseções seguintes a TSC que serviu de referencial teórico para nossa investigação.

#### 3.1 Teoria Social Cognitiva e autoeficácia

Albert Bandura desenvolveu a Teoria Social Cognitiva (TSC), que expandiu as fronteiras da teoria de Neal Miller e John Dollard (1941) elegendo como principal aspecto do desenvolvimento humano a cognição. Segundo Bandura a cognição desempenha um papel importante na capacidade das pessoas de construir a realidade. Outro aspecto importante da teoria de Bandura é o fato dela basear-se em uma visão de agência humana, ou seja, o sujeito é um *agente* que se envolve de forma proativa com o seu próprio desenvolvimento. Portanto, o indivíduo é auto-organizado, proativo, autorreflexivo e autorregulado, sendo o comportamento humano considerado um produto de uma interrelação entre fatores pessoais e ambientais, como mostra a Figura 5 (PAJARES; OLAZ, 2008).

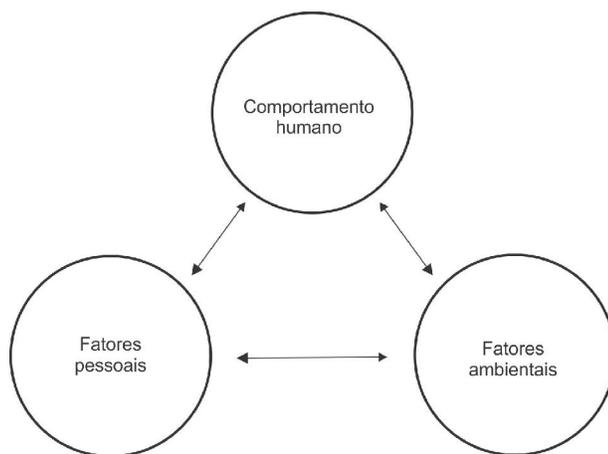


Figura 5: Causação recíproca triádica ou Determinismo recíproco. (Fonte: Oliveira, 2016)

As ideias de Bandura nos levam à constatação de que o estudo do comportamento humano sem a introspecção não atinge o objetivo de compreender o processo complexo da conduta humana. Mesmo assim, o autor não nega a influência que as pressões evolutivas possuem no desenvolvimento humano gerando inovações ambientais mais complexas que, por sua vez, fecham um ciclo ao produzir novas pressões evolutivas. Em síntese, a TSC defende uma influência bidirecional, mas elege a cognição como peça fundamental e necessária para se compreender o comportamento humano (PAJARES; OLAZ, 2008).

### 3.1.1 Crenças de autoeficácia

O conceito mais importante da TSC é o das crenças de autoeficácia, pois segundo Bandura “as crenças de eficácia afetam a adaptação e a mudança” (apud BANDURA, 2008, p. 79) nos planos de ação dos sujeitos. Isso ocorre porque essas crenças são julgamentos que as pessoas fazem de suas próprias habilidades, ou seja, o sujeito analisa sua destreza em realizar determinada tarefa e assim se autojulga capaz ou incapaz de obter sucesso na atividade. Bandura deixa claro que as pessoas escolhem os desafios que querem enfrentar parcialmente baseados em suas crenças de autoeficácia. Também ressalta que um sentido de eficácia forte tanto reduz a vulnerabilidade ao estresse e à depressão quanto eleva a resiliência à adversidade (p.79). Pajares e Olaz advertem que não se deve “confundir as crenças de autoeficácia das pessoas com seus julgamentos sobre as consequências que o seu comportamento produzirá” (2008, p. 103). Os autores fazem este alerta porque mesmo com crenças de autoeficácia elevadas os indivíduos podem evitar algumas ações por julgarem que lhes trarão resultados indesejados. O pensamento inverso também é possível como ilustra o seguinte exemplo:

[...] estudantes podem compreender que é essencial ter habilidade em matemática para se obter um bom score em um teste para entrar para a pós-graduação, e isso, por sua vez, pode garantir um estilo de vida confortável, mas é provável que a pouca confiança na habilidade em matemática os afaste de certos cursos e carreiras (PAJARES; OLAZ, 2008, p.103).

Portanto, o indivíduo terá melhores chances de sucesso em uma determinada linha de ação se possuir crenças de autoeficácia em níveis razoáveis e também julgar que as consequências serão benéficas para si. A Figura 6 sintetiza as possíveis combinações entre crenças de autoeficácia e expectativa de resultado.

		Expectativas de resultado	
		-	+
Crenças de autoeficácia	+	Protesto Reclamação Ativismo social Mudança do meio	Engajamento produtivo Aspiração Satisfação pessoal
	-	Renúncia Apatia	Autodesvalorização Desânimo

Figura 6: Possíveis respostas do comportamento e estado afetivo do indivíduo para diferentes sentidos de autoeficácia e expectativa de resultados (Fonte: Bandura, 1997).

Como mencionado, as crenças de autoeficácia são importantes na resiliência e motivação dos sujeitos, portanto passam a ser um fator relevante a ser considerado em sala de aula. Antes de comentarmos as suas aplicabilidades no ensino devemos primeiramente explorar como são criadas essas crenças. Crenças de autoeficácia são formuladas pelas pessoas a partir de quatro fontes principais:

i) As Experiências de Domínio, que na concepção de Bandura são as mais influentes nas crenças de autoeficácia dos indivíduos. Essa fonte de autoeficácia trabalha com as crenças elaboradas sobre resultados (positivos e negativos) de atividades anteriores. Contudo, no caso de atividades que não foram realizadas anteriormente ou que não são realizadas com muita frequência, Bandura classifica como principal fonte de autoeficácia as Experiências Vicárias.

ii) Com as Experiências Vicárias o indivíduo desenvolve crenças de autoeficácia ao observar outra pessoa, que julga seu semelhante (indivíduo com mesmo nível de habilidade), realizando a atividade. Essa fonte é mais fraca em relação às Experiências de Domínio, entretanto não menos importantes.

iii) Persuasão Social: os indivíduos também criam e desenvolvem crenças de autoeficácia por meio de incentivos dos outros, que podem ser feitos de forma verbal ou não verbal. Por exemplo, pessoas que convencem o indivíduo por meio de discursos incentivadores frente às habilidades que ele possui, ou, características da sala de aula ou laboratório de ensino que produzem alterações nas crenças de autoeficácia do sujeito.

iv) Estados Fisiológicos são fontes que tratam basicamente de como o sujeito se sente fisiologicamente ao iniciar a atividade. Ou seja, as pessoas podem medir seu grau de confiança com base no seu estado fisiológico enquanto preveem determinada linha de ação. Assim sendo, uma forma de aumentar as crenças de autoeficácia é promover o bem-estar e minimizar estados emocionais negativos (PAJARES; OLAZ, 2008).

A Figura 7 mostra uma adaptação do modelo de desenvolvimento de autoeficácia em relação à física em ambientes com métodos ativos de ensino proposto por Dou et al. (2016, p. 4).

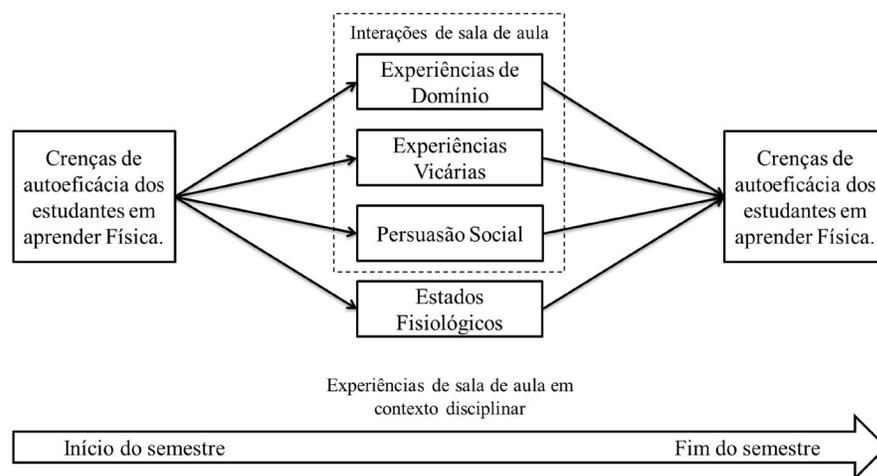


Figura 7: Modelo de desenvolvimento de crenças de autoeficácia em aprender física em ambientes de aprendizagem por métodos ativos de ensino. (Fonte: o autor)

Esse diagrama sugere que as situações vivenciadas no contexto escolar podem proporcionar experiências que sirvam como fontes de autoeficácia para o indivíduo.

Como vimos em nossa revisão da literatura a investigação das crenças de autoeficácia dos estudantes, bem como a promoção e identificação de ações que elevem seus níveis, são importantes pela possibilidade de agregar valor às aulas. Também possibilitam o aprimoramento da resiliência e motivação dos alunos, como indica a argumentação de Pajares e Olaz:

Usando a **teoria social cognitiva** como referência, os professores podem trabalhar para melhorar os estados emocionais de seus alunos e para corrigir suas autocrenças e hábitos negativos de pensamento (**fatores pessoais**), melhorar suas habilidades acadêmicas e práticas auto-regulatórias (**comportamento**), e alterar as estruturas da escola e da sala de aula que possam atuar de maneira a minar o sucesso dos estudantes (**fatores ambientais**) (p. 98, grifo nosso).

Para sintetizarmos os principais conceitos da TSC e como eles se relacionam,

apresentaremos na Figura 8 um mapa conceitual que apresenta nossa perspectiva das ideias de Bandura.

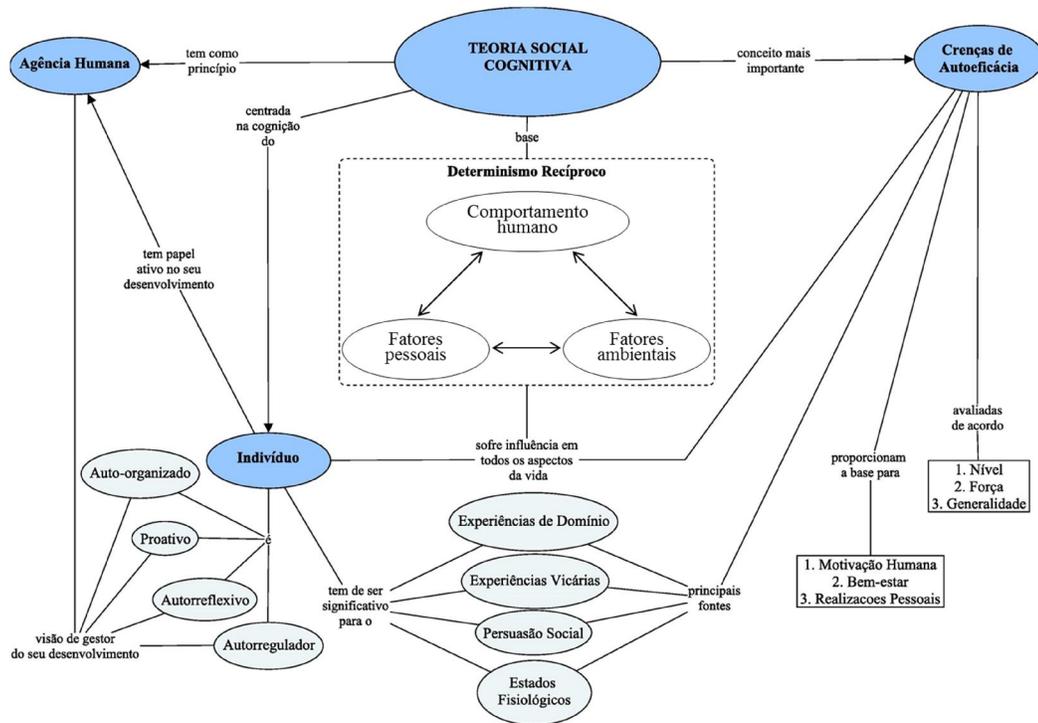


Figura 8: Um mapa conceitual sobre a TSC de Albert Bandura. (Fonte: o autor)

No centro do mapa conceitual sobre a TSC encontra-se o determinismo recíproco (Figura 5) como o principal suporte da teoria de Bandura. Além disso, elegemos como principais conceitos: Crenças de Autoeficácia, Agência Humana e Indivíduo. O primeiro conceito é visto como o cerne da TSC, visto que ao ser concebido, modificou o foco das ideias de Bandura ao eleger como principal fator a cognição humana. Na mesma medida, o conceito de Agência Humana pressupõe que o indivíduo passa a ser um agente que molda a realidade à sua volta com base nas suas escolhas. Por isso destacamos o conceito de Indivíduo, visto que ele tem papel fundamental e ativo no seu próprio desenvolvimento. Destacamos ainda que segundo a TSC o Indivíduo é um ser Auto-organizado, Proativo, Autorreflexivo e Autorregulador. O mapa também traz as principais fontes de autoeficácia na ordem decrescente de influência (de cima para baixo) de acordo com a concepção de Bandura (1997).

Ainda sobre a relevância das crenças de autoeficácia para o indivíduo trazemos a seguinte citação de Bandura (1986, p. 394, tradução nossa):

A avaliação razoavelmente acurada das próprias capacidades é, portanto, de valor considerável para o êxito. Grandes equívocos de eficácia pessoal em qualquer direção têm consequências. As pessoas que superestimam grosseiramente suas capacidades se propõem a realizar atividades que estão claramente além de seu alcance. Como resultado, eles se colocam em dificuldades consideráveis, minam a sua credibilidade e sofrem falhas desnecessárias. [...]

As pessoas que subestimam suas capacidades também sofrem prejuízos [...]. Ao não cultivar suas potencialidades pessoais e restringir suas atividades, essas pessoas privam-se de muitas experiências gratificantes. Se eles tentam tarefas com significado avaliativo, eles criam obstáculos internos ao desempenho efetivo, abordando-os com enervante auto-dúvidas.

Portanto, faz-se importante investigar as possíveis adequações nos níveis de crenças de autoeficácia (em aprender física, realizar atividade experimental e trabalhar colaborativamente) dos estudantes produzidas pelo método EM.

Para atingir nosso objetivo de investigação contaremos com o modelo da Figura 7 e as definições de fontes de autoeficácia presentes na TSC para a identificação de possíveis influências proporcionadas pelos episódios de modelagem. Acreditamos também que o Determinismo Recíproco (Figura 5) possa nos auxiliar no processo de investigação de nossa hipótese sobre o reajuste dos níveis de autoeficácia dos alunos. Além disso, a ideia de Bandura (presente na TSC) de que as situações vividas servem como fontes de autoeficácia só é verdade se o indivíduo as considera como relevantes será utilizada ao longo de toda a análise de dados e discussões (Capítulo 5).

#### **4. METODOLOGIA DE PESQUISA**

A pesquisa desenvolvida teve como objetivo investigar as influências nas crenças de autoeficácia dos estudantes ao desenvolverem atividades experimentais com os episódios de modelagem. Esse tipo de atividade permite aos alunos liberdade de ação suficiente para ser tachada como imprevisível, de forma que qualquer tentativa de representar o trabalho desses indivíduos por meio de uma sequência de eventos isolados seria muito superficial. Outro aspecto importante são as várias fontes de evidências, como por exemplo, questionários, observações participantes e entrevistas (apresentadas na seção 4.3), que nos levam a mesclar investigação qualitativa e quantitativa. Esse panorama de pesquisa nos direciona à metodologia de estudos de caso como uma boa alternativa para nossa investigação (HEIDEMANN, 2015, p.71). Dentre os autores que trabalham com essa metodologia destacamos três: Robert Yin, Sharan Merriam, Robert Stake. Esses autores possuem visões de estudos de caso que convergem, divergem e se complementam em alguns aspectos que são bem explorados no trabalho de Yazan (2015). Em resumo, o estudo de caso na visão de Yin, pelo qual optamos, permite uma melhor articulação de investigação qualitativa e quantitativa, bem como nos fornece uma estrutura de validação e análise dos dados metódica que será mais bem discutida nas seções 4.1 e 4.3. Na seção 4.2 apresentaremos o contexto dos estudantes de nosso trabalho.

##### **4.1 Estudo de caso de Robert Yin**

Na concepção de Yin (2010) o estudo de caso se destina a pesquisas que almejam estudar os fenômenos sociais de forma mais profunda e geralmente propõe-se a responder questões do tipo “como?” e “por que?”. Portanto, o estudo de caso tem como meta expandir e generalizar teorias (generalização analítica). Esse autor define o estudo de caso como sendo uma investigação que enfrenta mais variáveis de interesse do que pontos de dados como resultado e conta com múltiplas fontes de evidência como: documentos, entrevistas, observação direta, observação participante. Yin ressalta que o estudo de caso pode ser mais bem conduzido ao se elaborar proposições teóricas de pesquisa que auxiliam as discussões e análise de dados (2010, p. 40).

Segundo Yin, o estudo de caso pode ser dividido em três tipos: Exploratório, Descritivo e Explanatório, conforme descrição na Figura 9.

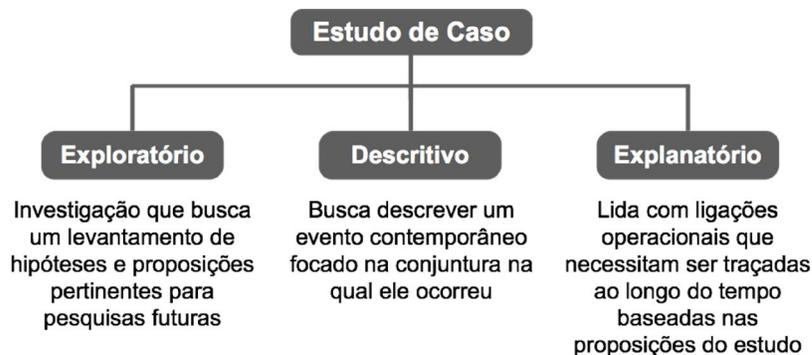


Figura 9: Tipos de estudo de caso (Fonte: Heidemann, 2015).

O estudo de caso do tipo exploratório, que visa produzir novas perspectivas para pesquisas futuras, pode ser iniciado sem a elaboração prévia de proposições teóricas devido ao seu objetivo, como vemos na Figura 9.

Yin também classifica os estudos de caso como caso único e casos múltiplos. O estudo de caso único é justificável desde que o caso em questão seja de grande destaque ou apresente características altamente significativas para a pesquisa. Por exemplo, podemos ter um estudo de caso único que se baseia na análise da evolução de uma turma ao passar por um processo de aprendizagem diferenciado do tradicionalmente utilizado. Também é possível que na turma analisada tenha um estudante que apresente mudanças explicitamente significativas frente à proposta da pesquisa. Portanto podemos ter um estudo de caso em que o caso único é a turma e outro em que o caso é um aluno. O outro tipo é o de casos múltiplos que apresenta certa desvantagem por conter um número maior de dados a serem analisados em relação ao de caso único. Os estudos também podem ser caracterizados pelo número de unidades de análise: uma unidade de análise (estudo de caso holístico); mais de uma (estudo de caso incorporado) (OLIVEIRA, 2016, p. 57). A Figura 10 representa as possíveis combinações dessas características.

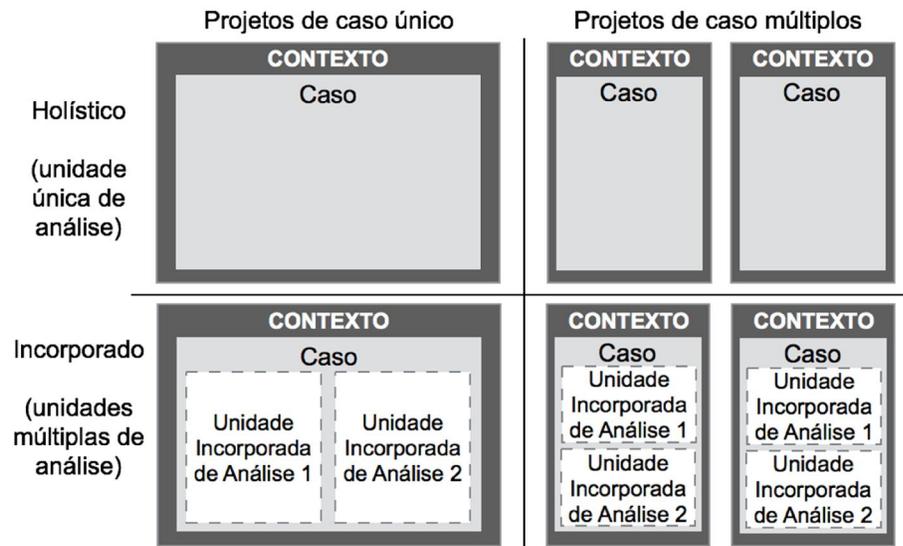


Figura 10: Caracterização dos estudos de caso. (Fonte: Yin (2010))

Nessa dissertação, foi realizado um estudo de caso do tipo exploratório, único e incorporado com múltiplas unidades de análise. Nosso caso é a turma e os alunos que vivenciaram os EM constituíram as unidades de análise.

#### 4.2 Contexto do estudo

O estudo foi realizado na disciplina “Física Experimental II – A” que faz parte da grade curricular do segundo semestre de todas as ênfases do curso de Física (Astrofísica, Física Computacional, Materiais e Nanotecnologia, Pesquisa Básica e Licenciatura). Optamos por esta disciplina porque nela foi desenvolvido o método Episódios de Modelagem por Heidemann (2015). O pesquisador atuou como monitor nas três turmas oferecidas no primeiro semestre de 2016 realizando observação participante ao longo de todo o semestre. As aulas foram ministradas pela Professora A (Turmas A e C) e pelo Professor B (Turma B), contudo os episódios de modelagem foram aplicados apenas nas turmas diurnas (A e B). Em nosso estudo optamos por utilizar como objeto de estudo a Turma A, pois a Professora A já possuía experiência com o método EM. Essa turma era constituída de oito alunos (quatro mulheres e quatro homens) das seguintes ênfases: quatro de Astrofísica; dois de Materiais e Nanotecnologia; um da Licenciatura e um de Pesquisa básica. Todos estavam cursando a disciplina de Física Experimental II pela primeira vez. Cabe destacar que uma estudante acabou por abandonar a disciplina na décima primeira semana.

A Física Experimental II – A ocorreu ao longo de dezenove semanas com um encontro

semanal de duas horas-aula de duração. Os alunos realizaram quatro Episódios de Modelagem que ocuparam um total de onze encontros e cinco experimentos ditos tradicionais (Balança de Cavendish, medida do calor latente de evaporação do nitrogênio líquido, ondas estacionárias, transformações adiabáticas e motores térmicos) que ocorreram nos demais encontros. Para cada atividade dos EM foram solicitadas leituras prévias sobre os assuntos a serem tratados nas aulas por meio das denominadas Tarefas de Leitura (TL). Nos encontros presenciais os estudantes realizavam o planejamento, montagem, coleta de dados e apresentação dos resultados obtidos. Durante todo o processo a Professora A auxiliou os grupos questionando e esclarecendo dúvidas sobre os modelos teóricos, montagens e coleta de dados. O pesquisador também auxiliava nessas intervenções e quando solicitado providenciava instrumentos de medida ou apresentava ferramentas de análise de dados como, por exemplo, coleta de dados com a placa Arduino e análise de vídeo com o *software* Tracker. Durante as apresentações dos grupos nas discussões finais tanto a Professora A como o pesquisador questionavam sobre as informações presentes nos quadros brancos e sugeriam modificações quando pertinente. A professora encerrava essas aulas apresentando outras possíveis respostas para o problema motivador do episódio de modelagem. Após essas etapas os alunos trabalhavam individualmente na redação dos relatórios de atividades. Foram elaborados seis relatórios ao longo da disciplina, sendo quatro sobre os EM e dois para as atividades experimentais tradicionais. Na Tabela 1 apresentamos o cronograma dos encontros realizados durante o estudo.

### **4.3 Coleta e análise de dados**

Visando responder nossas questões de pesquisa, realizamos uma triangulação entre os resultados obtidos com dois questionários, entrevistas semiestruturadas e observação participante. O Questionário Inicial (Apêndice A) e o Questionário Final (Apêndice B) foram aplicados de forma *online* através da plataforma *Google Forms*. O primeiro foi aplicado na primeira semana após o primeiro encontro presencial e o segundo na décima sexta semana depois de encerrado o último episódio de modelagem. Esses questionários visaram determinar os níveis das crenças de autoeficácia e atitudes<sup>7</sup> dos estudantes em relação a três eixos: aprender física, realizar atividades experimentais e trabalhar colaborativamente.

---

<sup>7</sup> Atitudes são sentimentos favoráveis ou desfavoráveis que o sujeito tem sobre algo (BANDURA, 2005).

Tabela 1: Cronograma das atividades realizadas durante o estudo com a Turma A com indicação do dia e semana em que ocorreram.

<b>Cronograma – Turma A</b>		
Semana	Data	Atividade
1	03/03	<i>Apresentação da disciplina e aplicação do questionário inicial</i>
2	10/03	Episódio de Modelagem “Pêndulos” (EM1) (Anexo C)
3	17/03	
4	24/03	
5	31/03	Episódio de Modelagem “Sistema Automotivo de Suspensão Amortecida” (EM2) (Anexo D) Túnel de vento (1/2 aula)
6	07/04	Episódio de Modelagem “Sistema Automotivo de Suspensão Amortecida”
7	14/04	
8	21/04	<b>Feriado</b>
9	28/04	Tradicional: Balança de Cavendish
10	05/05	Episódio de Modelagem “Arquimedes e a coroa do Rei” (EM3) (Anexo E)
11	12/05	
12	19/05	Tradicional: “Medida do calor latente de evaporação do nitrogênio líquido”
13	26/05	<b>Feriado</b>
14	02/06	Episódio de Modelagem “Resfriamento de Sistemas” (EM4) (Anexo F)
15	09/06	
16	16/06	Episódio de Modelagem “Resfriamento de Sistemas”
		<i>Introdução a ondas mecânicas e aplicação do Questionário Final</i>
17	23/06	Tradicional: Ondas estacionárias
18	30/06	Tradicional: Transformações Adiabáticas e Motores Térmicos
19	07/07	Atividade de recuperação

A seguir descrevemos as principais características dos questionários.

**Questionário Inicial:** Para investigar as atitudes dos estudantes frente ao trabalho colaborativo e atividades experimentais, há uma pergunta dissertativa e onze afirmativas a serem respondidas com uma escala *likert* de cinco pontos. A escala de concordância era

apresentada da seguinte forma aos estudantes: CONCORDO FORTEMENTE (CF); CONCORDO (C); INDECISO (I); DISCORDO (D); e DISCORDO FORTEMENTE (DF). A seguir apresentamos a questão dissertativa e quatro das afirmativas utilizadas.

3) *Você gosta de trabalhar em grupo nas disciplinas? Comente aspectos positivos e negativos (se houver) de suas experiências em atividades de grupo.*

4.01 – *Sinto vontade de ir para as aulas de laboratório de Física.*

4.05 – *Não me interessa pelas atividades desenvolvidas durante as aulas de laboratório de Física.*

4.10 – *Gosto de trabalhar em grupo nas atividades experimentais do laboratório de Física.*

4.11 – *Não me sinto à vontade em expor minhas dúvidas e dificuldades quando trabalho em grupo.*

Os níveis de crenças de autoeficácia dos estudantes para os três eixos foram marcados em uma escala de 0 a 10 para cada uma das 21 afirmativas que constituíam o questionário. Com as médias dos valores para cada eixo, computamos o nível de autoeficácia média (no Capítulo 5 apresentaremos os resultados obtidos com esse questionário, denominando-o por  $Q_i$ ). A seguir apresentamos algumas das afirmativas usadas. Cada uma delas começa com uma afirmação apresentada em uma escala de 0 a 10: “Não me considero capaz de”, “Considero-me parcialmente capaz de” ou “Considero-me totalmente capaz de”, complementada por afirmativas como as que seguem:

12) *articular os conceitos físicos necessários para resolver um problema.*

15) *avaliar se um modelo científico é adequado para descrever os dados experimentais obtidos.*

20) *em atividades em grupo, encorajar meus colegas a participarem das discussões.*

A Figura 11 ilustra como a escala de 0 a 10 lhes era apresentada.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Não me considero capaz de					Considero-me parcialmente capaz de					Considero-me totalmente capaz de

Figura 11: Escala utilizada no questionário para mensurar o nível de crenças de autoeficácia dos alunos.

**Questionário Final:** Nesse questionário, optamos por substituir a escala *likert* por sete questões dissertativas objetivando obter maior detalhamento dos elementos do método EM que podem ter promovido modificações nas atitudes dos alunos. Quanto aos níveis de autoeficácia dos estudantes mantivemos a estrutura e de 21 afirmativas do Questionário Inicial. Adicionalmente, no Questionário Final pedíamos aos alunos que colocassem um valor da escala para como se julgavam antes da disciplina (identificaremos por  $Q_f$  (*início*)) e outro para como se julgavam depois ( $Q_f$  (*fim*)). A Figura 12 ilustra como esse questionamento foi apresentado aos estudantes. Além disso, incluímos nesse questionário uma questão dissertativa que pretendia coletar oportunidades de fontes de autoeficácia ao longo das atividades. Essa questão é apresentada a seguir:

31) Baseado nas suas experiências nesta disciplina, liste e discuta aquelas que você julga ter impactado o quanto você se sente capaz de realizar atividades experimentais, aprender física e trabalhar colaborativamente.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Não me considero capaz de					Considero-me parcialmente capaz de					Considero-me totalmente capaz de

### 8) aprender conceitos de física \*

Início do semestre

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

\*

Final do semestre

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Figura 12: Estrutura apresentada aos estudantes na plataforma *online* para mensurar o nível de crenças de autoeficácia no início e fim do semestre letivo. (Fonte: o autor)

Ambos instrumentos de coleta passaram por uma avaliação de conteúdo por quatro especialistas da área de Ensino de Física. Além dessa validação de conteúdo, realizamos uma estimativa sobre a fidedignidade do questionário com os 21 itens referentes as crenças de autoeficácia. Segundo Silveira (1993) uma validação de construto com o coeficiente de

fidedignidade (Alfa de Cronbach) deve ser conduzida com um número de respondentes igual a cinco vezes o número de itens. Mesmo que nosso número de estudantes (oito alunos da Turma A e 15 alunos da Turma B) seja inferior ao esperado pelo autor, optamos por realizar o cálculo do coeficiente de fidedignidade para obter uma estimativa preliminar. Na Tabela 2 apresentamos os resultados obtidos para os escores de  $Q_i$ ,  $Q_f$  (início) e  $Q_f$  (fim).

Tabela 2: Coeficiente de fidedignidade para os 21 itens referentes as crenças de autoeficácia.

Questionário	Coeficiente de fidedignidade (21 itens)	Número de respondentes (N = 23)
$Q_i$	0,922	23
$Q_f$ (início)	0,925	21 <sup>8</sup>
$Q_f$ (fim)	0,955	21

Além desses dois questionários,  $Q_i$  e  $Q_f$ , foram coletados dados qualitativos, registrados em um caderno de observação, por meio da observação participante ao longo das aulas da disciplina. As respostas dos alunos aos questionários e os dados coletados no caderno de observação constituíram no ponto de partida para a definição de perguntas específicas a serem feitas a cada estudante, em adição às perguntas da Entrevista Semiestruturada (Apêndice C).

Esses dados foram analisados segundo a metodologia de Robert Yin (2010) que recomenda a análise em cinco etapas: compilação, desagrupamento, reagrupamento, interpretação e conclusão. Primeiramente os dados coletados das observações e dos questionários foram reunidos na etapa da compilação seguida pela interpretação. Esse processo agregou questionamentos na estrutura da Entrevista Semiestruturada de cada estudante. Os dados coletados nas entrevistas foram transcritos e reunidos aos das observações e questionários na segunda etapa de compilação. Posteriormente esse material foi reordenado para cada aluno e em seguida foram reagrupados na seguinte estrutura: características do indivíduo; atitudes e crenças de autoeficácia. Essa organização feita para cada estudante teve como objetivo responder às questões de pesquisa, sendo que a análise das crenças de autoeficácia foi auxiliada por esquemas representacionais (gráficos). A metodologia de análise indica que na fase de interpretação poderiam surgir novas categorias que rearranjariam os dados por reagrupamento. Por fim na fase conclusão são apresentadas as formulações das respostas às questões de pesquisa (OLIVEIRA, 2016, p. 67). Vemos que o processo de análise realizado não é linear e pode ser melhor representado com a Figura 13.

<sup>8</sup> Dois estudantes da Turma B optaram por não responder ao questionário final.

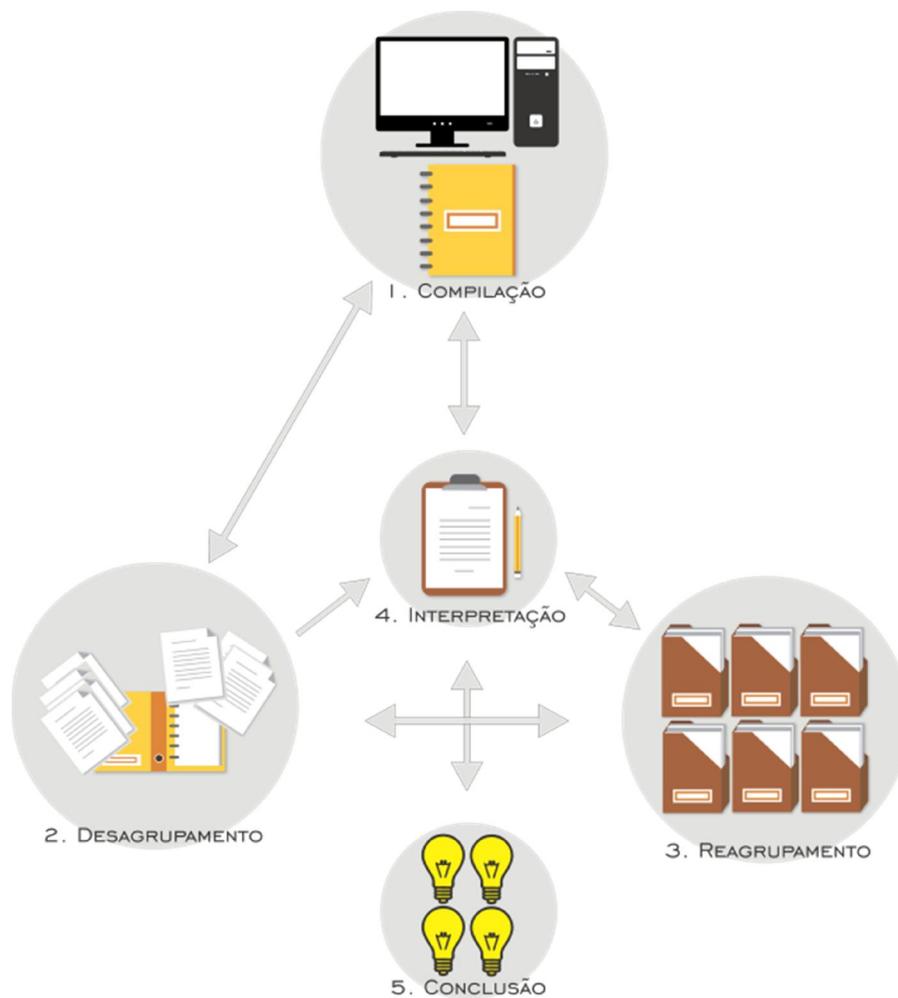


Figura 13: As cinco fases de análise e suas interações (Fonte: Oliveira (2016), p. 69 adaptado de Yin, (2011)).

No próximo capítulo apresentaremos a análise dos dados e as discussões geradas pelos resultados. Também forneceremos as respostas às nossas questões de pesquisa e possíveis perspectivas de pesquisas futuras.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo apresentamos os resultados provenientes do estudo exploratório que conduzimos com a Turma A. Devido ao caráter de nossa pesquisa, os resultados e interpretações aqui discutidos têm como objetivo guiar estudos posteriores, refinando ou criando novas questões de pesquisa e levantando proposições teóricas. Portanto, após apresentarmos nossa interpretação dos resultados, indicamos possíveis perspectivas para estudos futuros de natureza explanatória.

Começamos apresentando o Quadro 3, onde reunimos as informações coletadas nas observações e entrevistas referentes às características pessoais e comprometimento com a disciplina dos alunos que compunham a Turma A.

Quadro 3: Descrição dos estudantes que participaram do estudo. (Fonte: o autor) (*Continua*)

<b>Estudante e idade no início do semestre</b>	<b>Ênfase no curso de Física</b>	<b>Descrição do estudante</b>
1 18 anos	Astrofísica	Durante as aulas, a aluna demonstrava bastante interesse e iniciativa nas montagens e coletas de dados, e participava das discussões iniciais, porém não participava das discussões fomentadas pela professora durante a correção das TLs. Entregou somente a primeira TL e compareceu somente na primeira das discussões finais dos EM, não tendo contribuído na apresentação do grupo. Entregou somente três relatórios (EM1, EM2 e experimento com a balança de Cavendish) que deixavam a desejar tanto na qualidade da redação quanto na fundamentação teórica. Abandonou a disciplina de Física Experimental II na décima primeira semana de aula. Em conversa informal, a aluna afirmou estar sobrecarregada no semestre porque estava cursando oito disciplinas e o estresse gerado provocou problemas mais graves de saúde. Cancelou quatro das disciplinas e só foi aprovada em uma disciplina naquele semestre.
2 18 anos	Astrofísica	Aluna do curso de Artes Visuais ingressou em Física via transferência interna. Mostrou-se muito empenhada durante as aulas de Física Experimental principalmente nos planejamentos. Possuía um senso prático aguçado quanto aos detalhes tanto na escolha dos materiais e equipamentos de medida que seriam utilizados no EM, quanto na definição do modelo teórico de referência. Elaborava as melhores respostas às TLs. Mesmo assim buscava constantemente aprimorar-se ao contatar a professora e o monitor para elucidar suas dúvidas sobre os comentários e correções dos seus trabalhos, tanto em sala de aula quanto fora do horário, presencialmente ou via mensagem eletrônica. Após ter visto a primeira correção da TL, por exemplo, solicitou ao monitor um horário extraclasse para esclarecer como poderia melhorar sua resposta e o que deveria ser feito no planejamento das atividades. Receptiva às críticas e sugestões nos relatórios, procurando esclarecê-la pessoalmente.

Quadro 3: Descrição dos estudantes que participaram do estudo. (Fonte: o autor) (*Continuação*)

<b>Estudante e idade no início do semestre</b>	<b>Ênfase no curso de Física</b>	<b>Descrição do estudante</b>
3 18 anos	Astrofísica	<p>A aluna apresentou grandes expectativas quanto à disciplina e principalmente em relação ao auxílio fornecido pela professora e monitor ao responder o questionário inicial. Demonstrou muito interesse ao longo das aulas tanto pelas atividades práticas quanto pelo desenvolvimento dos modelos teóricos. Nas aulas das discussões finais, trazia em seu caderno toda a análise organizada e previamente discutida com seu colega de grupo (Estudante 5) para que fosse transposta para o quadro branco. Durante as observações foi possível identificar sua preocupação em discutir previamente com seu colega detalhes da montagem experimental antes da execução. Nesse processo, quando dúvidas surgiam, tratava de saná-las solicitando ajuda da professora e do monitor. Entregava boas respostas às TLs e procurava compreender e atender aos comentários e correções da professora em seus relatórios. Valorizava de tal maneira essa correção, que na ocasião em que excedeu o prazo de entrega, solicitou à professora (mesmo que não o considerasse entregue, pois estava fora do prazo) que o corrigisse apontando as falhas, pois os comentários estavam contribuindo muito para a sua aprendizagem.</p>
4 22 anos	Licenciatura	<p>Aluno da Licenciatura em Física oriundo de um curso de Engenharia Civil, onde já havia cursado todas as disciplinas de Física desse curso, incluindo Mecânica Vetorial e Mecânica dos Fluidos. Em conversa informal, disse ter trocado de curso devido ao seu interesse em lecionar. Durante as aulas, apresentou domínio do conteúdo ao responder boa parte dos questionamentos feitos pela professora. Entretanto, não se mostrou muito ativo nos processos de montagem dos experimentos, resguardando uma posição mais de observador atento aos detalhes das montagens. Demonstrou interesse no processo de análise dos resultados e na parte conceitual dos modelos teóricos de referência. Contudo, suas respostas às TLs pecavam na falta de precisão dos termos utilizados na discussão conceitual e, muitas vezes, respondia baseado puramente na argumentação matemática. Seus relatórios buscavam sanar os equívocos apontados nas correções das TLs, bem como atender aos pontos fracos do relatório anterior (indicado pelos protocolos de avaliação). Portanto, gradativamente atingiu níveis satisfatórios na elaboração de seus relatórios.</p>

Quadro 3: Descrição dos estudantes que participaram do estudo. (Fonte: o autor) (*Continuação*)

<b>Estudante e idade no início do semestre</b>	<b>Ênfase no curso de Física</b>	<b>Descrição do estudante</b>
5 20 anos	Astrofísica	<p>O Estudante 5 trocou de curso por não se interessar pelas disciplinas específicas do curso de Engenharia Mecânica. Demonstrou grande interesse em todas as etapas dos EM, argumentando que esse método permitia um maior aprofundamento dos fundamentos da Física. Ao longo dos processos de montagem do experimento e das medições questionava a professora e o monitor com o intuito de esclarecer suas dúvidas. Nas apresentações dos resultados obtidos nas investigações, auxiliava sua colega de grupo (Estudante 3) a apresentar, mesmo que aparentemente possuísse certo grau de desconforto ao expor os resultados. Essa situação foi melhorando conforme a disciplina avançou, sendo que no final do semestre o aluno fazia as apresentações sem embaraços e demonstrava pleno domínio do assunto trabalhado. Além disso, as respostas desse aluno às TLs eram sucintas e muitas vezes com diagramas adequados à discussão fomentada pelas atividades. Quanto aos relatórios, conseguiu aprofundar seu nível de discussão e rigor ao longo do semestre, visto que seguiu as orientações sugeridas pelos comentários feitos pela professora aos relatórios anteriores.</p>
6 19 anos	Materiais e Nanotecnologia	<p>Durante as aulas, a aluna demonstrou interesse em trocar de ênfase no curso de Física, visto que a perspectiva de trabalhos com Materiais e Nanotecnologia não a cativavam. Contudo, em conversa informal, afirmou não saber para qual ênfase deveria migrar. Proveniente de um curso de ensino médio técnico, tinha facilidade e interesse pelo planejamento e montagem experimental, participando ativamente das aulas. Foi prejudicada por problemas de saúde nas duas primeiras apresentações dos grupos, nas quais não pode falar por estar completamente afônica. Na entrevista semiestruturada, a aluna afirmou possuir dislexia e por isso sentia-se muito desconfortável em comunicar-se verbalmente. Além disso, comentou que seu problema de saúde lhe atrapalhou na redação dos relatórios ao longo do semestre. Nas demais apresentações, participou tanto quanto o Estudante 8 na exposição dos resultados obtidos em seus experimentos. Realizou apenas duas das cinco TLs (TL2 e TL4) e, dessas, apenas a segunda foi respondida adequadamente. Os primeiros relatórios apresentados pela aluna continham muitos erros conceituais e de redação, contudo alguns desses pontos foram aprimorados ao longo do semestre.</p>

Quadro 3: Descrição dos estudantes que participaram do estudo. (Fonte: o autor) (*Continuação*)

<b>Estudante e idade no início do semestre</b>	<b>Ênfase no curso de Física</b>	<b>Descrição do estudante</b>
7 20 anos	Materiais e Nanotecnologia	O Estudante 7 dificilmente respeitava o horário de início de aula e acabava perdendo as discussões das TLs e o início dos planejamentos. Durante as aulas, auxiliava, timidamente, seus colegas de grupo (Estudante 6 e Estudante 8) nas montagens dos experimentos e coletas de dados, e, nas apresentações, raras eram as suas manifestações. Em certa ocasião, cochichou uma informação para o seu colega (Estudante 8) que a transmitiu durante uma exposição do grupo. Em conversa informal, quando questionado sobre essa situação, disse que evitava expor-se devido a sua timidez. Não respondeu nenhuma das TLs propostas e seus relatórios não melhoraram significativamente ao longo do semestre.
8 26 anos	Pesquisa Básica	O Estudante 8 abandonou o curso de Engenharia Civil porque acabou se interessando mais pelo estudo de física. Ingressou na disciplina de Física Experimental II na segunda aula do primeiro EM devido a um problema no processo de matrícula. Apesar de ter faltado às aulas de apresentação do método e do primeiro planejamento de atividade, mostrou grande facilidade e interesse pela forma de trabalho. Demonstrou aptidão matemática e conceitual na fase do planejamento ao elaborar o modelo teórico de referência e durante as apresentações encarregava-se de falar sobre as atividades do grupo. Em todas as apresentações, o Estudante 8 dominava desde a parte da análise dos resultados até os procedimentos adotados pelo grupo nas atividades, e respondia adequadamente todos os questionamentos feitos pela professora. Respondeu satisfatoriamente todas as TLs e seus relatórios, ainda que já fossem bons desde o primeiro, evoluíram positivamente ao longo do semestre, culminando com um excelente relatório sobre o último EM conforme avaliação da professora da disciplina.

Na primeira aula, após a professora expor como seria a dinâmica dos trabalhos na disciplina, os alunos se organizaram, por livre escolha, nos seguintes três grupos: estudantes 1, 2 e 4; estudantes 3 e 5; estudantes 6, 7 e 8.

Na Tabela 3 apresentamos a evolução dos conceitos obtidos pelos alunos que compunham a Turma A nos seis relatórios. Tanto a correção desses trabalhos, quanto a aferição de conceitos foi realizada pela Professora A, sendo que nos relatórios referentes aos episódios de modelagem foram utilizados os protocolos de avaliação (Anexo B).

Tabela 3: Conceitos obtidos pelos estudantes nos relatórios e seu conceito final na disciplina.

Estudante	Rel. EM1	Rel. EM2	Rel. Balança de Cavendish	Rel. EM3	Rel. Nitrogênio líquido	Rel. EM4	Conceito final
1	D	C <sup>-</sup>	D	-	-	-	FF
2	A <sup>-</sup>	A <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	A	A	A
3	B	B	A	B <sup>+</sup>	B	A	A
4	C <sup>-</sup>	B	C	B <sup>+</sup>	B	A	A
5	B	A <sup>-</sup>	A	B <sup>+</sup>	B	A	A
6	*	C <sup>-</sup>	C <sup>+</sup>	C	B	B	B
7	-	D	B	B	B	C	C
8	A <sup>-</sup>	A	A	B	A	A <sup>+</sup>	A

\*: somente ao final do semestre o relatório foi entregue, tendo recebido conceito A.

Nas próximas seções apresentaremos os resultados organizados de modo tal que evidenciam os indícios coletados para responder à questão de pesquisa, desmembrada em duas partes: uma relativa às atitudes dos estudantes (seção 5.1) e outra relativa às crenças de autoeficácia (seção 5.2). Então, passamos a explorar o possível reajuste nos níveis de autoeficácia dos estudantes (seção 5.3).

### 5.1 Sobre as influências dos episódios de modelagem nas atitudes dos estudantes

Nessa seção apresentamos os resultados que nos permitiram responder às questões de pesquisa que dizem respeito às atitudes dos alunos em relação a aprender física, em realizar atividades experimentais e em trabalhar colaborativamente, nomeadas como Q1a, Q2a e Q3a, respectivamente.

**Q1a:** Quais influências o método ativo Episódios de Modelagem produz nas **atitudes** dos estudantes em relação a aprender física?

A análise das respostas ao questionário aplicado no fim do estudo nos permite afirmar que os oito estudantes que participaram da disciplina dão indícios de possuírem atitudes positivas quanto ao método Episódios de Modelagem. Como ilustração, é transcrito a resposta do Estudante 4 ao *Questionário Final* (Apêndice B).

*Tive ótimas experiências nessa disciplina. Lá é dada uma liberdade para o aluno delinear seus próprios experimentos (desde que esteja de acordo com a proposta do Episódio de Modelagem, é claro) e é possível ter um contato maior de como fazer física. Confesso que foi nessa cadeira que me abriu os olhos para o que realmente é a física: simplificações da realidade para encaixarmos os fenômenos da natureza em modelos mais simples e*

*ver o quão bem esse modelo consegue descrever a realidade. [...]*  
(Estudante 4)

Ao responder à questão 5, Estudante 1 sugeriu que o método fosse extinto, o que poderíamos interpretar como uma atitude negativa. Contudo na entrevista a aluna esclareceu que esse comentário estava mais conectado aos problemas de saúde. A seguir transcrevemos o referido trecho:

*A experiência com a disciplina foi muito difícil por problemas médicos, mas tirando isso os Episódios de Modelagem e todo o trabalho que foi exposto para gente no Moodle facilitou um pouco. É que eu estava fazendo muitas cadeiras e não pude focar nessa disciplina, mas se eu estivesse fazendo poucas cadeiras eu veria que todo o conteúdo que foi exposto para gente foi o essencial para ajudar a elaborar um relatório e entender o experimento do dia.*

Com base nessa resposta, mesmo sendo levada a abandonar a disciplina pelos seus problemas de saúde, inferimos que ela desenvolveu atitudes positivas quanto ao método EM.

Identificamos os principais aspectos positivos e negativos apontados pelos estudantes a partir da análise das suas respostas às questões 1, 2 e 3 do *Questionário Final* (Apêndice B), que versam sobre situações vivenciadas durante a disciplina e percepções sobre os aspectos positivos e negativos, e sobre fatores que mais contribuíram para o aprendizado de física (caso o estudante julgasse ter aprendido).

As respostas dos estudantes foram compiladas, desagrupadas e reagrupadas de modo a permitir nossa interpretação. Nesta etapa, mostramos, na Figura 14, a frequência em que cada aspecto positivo foi mencionado pelos alunos. Nossa análise permitiu identificar seis principais aspectos positivos elencados pelos estudantes. Tais aspectos, assim como o número de alunos que os apontou são: Papel da professora e do monitor ( $n = 2$ ), Tarefas de leitura e as discussões sobre as respostas dos alunos ( $n = 3$ ), Dedicção exigida e reflexões geradas pelas atividades ( $n = 1$ ), Planejar/executar o experimento ( $n = 5$ ), Apresentações e discussões em sala de aula ( $n = 3$ ) e Escrever relatórios ( $n = 2$ ).

A oportunidade de Planejar/executar o experimento foi o ponto mais destacado pelos estudantes quanto ao aprendizado de física com o método EM. Heidemann (2015), que apresenta resultados semelhantes nos estudos de sua tese, associou as atitudes favoráveis ao método EM com a liberdade de escolha fornecida aos estudantes durante as atividades. Isso é evidente no argumento do Estudante 4, que afirma ter aprendido física devido à liberdade de delineamento dos experimentos. A seguir são transcritas algumas das opiniões dos estudantes

em que é marcante a importância atribuída ao planejamento das atividades.

*Os fatores que mais contribuíram, sem dúvidas, foi ter a liberdade de delinear o próprio experimento [...] É o estar em busca da construção do próprio aprendizado.* (Estudante 4)

*Foi interessante o modo como tivemos que planejar por nós as nossas próprias atividades, diferente da disciplina de Física Experimental I.* (Estudante 6)

*O principal aspecto positivo foi o estímulo recebido quanto ao planejamento das atividades, pois assim não fiquei limitado a simplesmente seguir um roteiro já estabelecido para a execução das atividades.* [...] (Estudante 8)

Outros aspectos positivos elencados pelos estudantes foram as atividades que envolveram as Tarefas de Leitura e as apresentações finais dos resultados. Pelos depoimentos expostos na sequência, notamos que os alunos apreciaram esses dois pontos especialmente devido às discussões decorrentes.

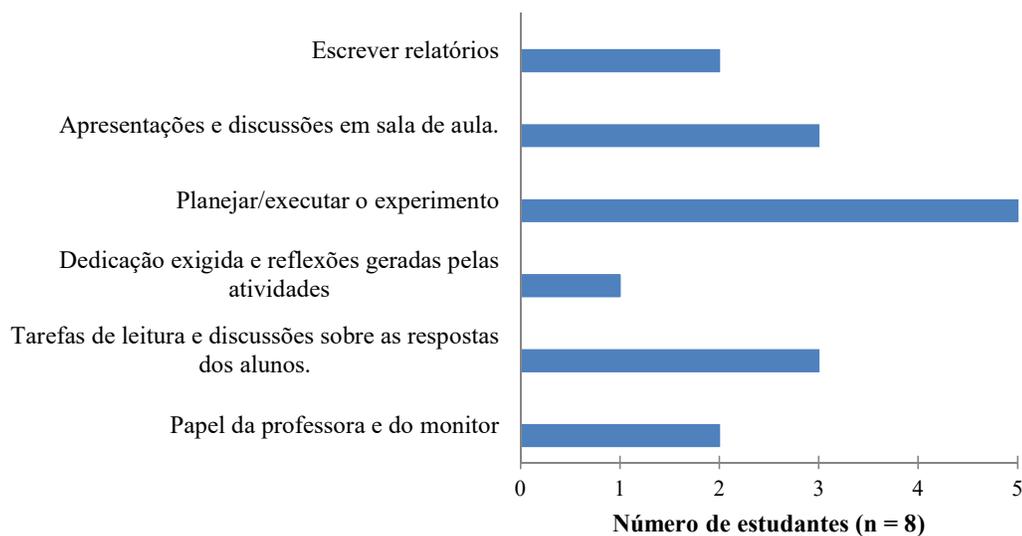


Figura 14: Frequência dos aspectos positivos mencionados pelos estudantes no Questionário Final. (Fonte: o autor)

*[...] As tarefas de leitura permitiram ao aluno um conhecimento prévio daquilo que seria analisado nos episódios de modelagem. Por meio delas (das tarefas) a professora elaborou aulas eficientes, pois tinha conhecimento daquilo que o estudante não compreendeu muito bem.* (Estudante 3)

*Utilizar o método do Just-in-Time foi muito proveitoso. Notei que devo ser muito mais cuidadoso, como físico e professor, na hora de explicar algum*

*conceito, justamente para não levar a ideia errada sobre o assunto adiante.*  
[...] (Estudante 4)

*Discutir a teoria em aula antes do experimento.* (Estudante 6)

[...] *O ponto em que mais tive dificuldade foram nas apresentações, mas não considero isto como um aspecto negativo. Acredito que a exposição de ideias e conclusões dos experimentos é importante para que a pessoa possa desenvolver habilidades comunicativas, principalmente no meio científico.*  
(Estudante 3)

*Acho que a discussão sobre os resultados contribuíram bastante para o aprendizado.* (Estudante 5)

*Acho que o principal ponto positivo foi a possibilidade de discutirmos em aula a teoria e sua relação com a prática, acho que ajudou bastante.*  
(Estudante 6)

Em menor grau, pontos negativos foram mencionados pelos estudantes. O principal aspecto negativo elencado por três estudantes foi a elevada demanda de tempo e esforço durante a disciplina. O Estudante 5 critica a grande quantidade de relatórios ao longo da disciplina, já o Estudante 8 alega não ter tido tempo para realizar a análise dos dados e elaborar os relatórios e a Estudante 2 critica a falta de tempo para o planejamento e discussões em sala de aula<sup>9</sup>.

Visto tratar-se de uma disciplina experimental com carga horária de duas horas semanais, efetivamente a exigência requerida é alta, porém, se na perspectiva dos alunos a necessidade de esforço é um aspecto negativo, na perspectiva do pesquisador esse é um aspecto positivo, pois aprender requer esforço e é positivo que eles tenham envidado esforços nesse sentido.

O Estudante 4 mencionou que as tarefas de leitura lhe proporcionaram desmotivação ao longo do semestre, dizendo:

*Utilizar o método do Just-in-Time foi muito proveitoso. Notei que devo ser muito mais cuidadoso, como físico e professor, na hora de explicar algum conceito, justamente para não levar a ideia errada sobre o assunto adiante. Embora eu tenha me desmotivado ao longo do semestre por notar que as minhas respostas eram as que mais apareciam para ser corrigidas em sala de aula, posso dizer que foi muito proveitoso.* (Estudante 4)

Na entrevista, o estudante esclareceu que essa desmotivação era momentânea ao perceber que

---

<sup>9</sup> Nas próximas seções veremos que esse comentário está relacionado a alguns problemas que o grupo dessa estudante enfrentou ao longo do estudo.

havia respondido à TL de forma inapropriada, mas que esse sentimento não prejudicou a sua atitude positiva quanto ao método EM. Também comentou que mesmo se desmotivando acabava por realizar as próximas TLs para não perder a oportunidade de aprender mais com seus próprios erros. Essa manifestação é marcante, pois é um dos objetivos centrais da tarefa de leitura: fazer com que os alunos aprendam a partir dos seus próprios erros.

Cabe ressaltar que a professora de forma alguma identificava o autor das respostas ao fazer as correções das TLs para não intimidá-los; mas obviamente eles reconheciam as suas respostas e com frequência davam indícios de que estavam se sentindo prestigiados por terem a sua resposta comentada. Isso vai ao encontro do que aponta a literatura (MAZUR, 1997).

Também cabe mencionar que esse era o estudante que nas primeiras tarefas de leitura apresentava respostas se valendo tão somente de equações matemáticas, sem esclarecer o que representavam as grandezas constantes nas equações. Sendo um aluno bastante interessado e dedicado, melhorou muito a sua exposição conceitual ao longo das tarefas de leitura, a ponto que foi possível observar que a sua compreensão do processo de evaporação sob o ponto de vista microscópico estava completamente equivocada, conforme pode ser visto em sua resposta à seguinte questão da TL5:

**Questão 1)** Explique com suas palavras o processo de *evaporação* da água do ponto de vista atômico.

*As moléculas do ar próximas à superfície da água estão em constante movimento e colidindo com as moléculas de água. Eventualmente, uma molécula de ar possui energia suficiente para desprender as moléculas de água para o ar. E molécula por molécula vai ocorrendo o processo de vaporização.* (Estudante 4)

Nota-se que a descrição do processo de evaporação requer que alguma partícula externa ao meio arranque uma molécula do meio. (Parece que o aluno faz alguma analogia com o efeito fotoelétrico.) Questionado se existe evaporação no vácuo, esse aluno respondeu que não, pois não há partículas para arrancar uma molécula do líquido.

Esse depoimento ilustra a importância das TLs, pois dificilmente o professor tomaria consciência dessa compreensão equivocada, no pouco tempo disponível em sala de aula.

Quanto às sugestões para melhorar a aplicação do método EM em semestres futuros, questão 5 do questionário final, o aspecto negativo mais frequente nas respostas anteriores, repercutiu nas sugestões de dois alunos, conforme suas palavras:

*Os alunos deveriam ter mais tempo em sala de aula para discutir o planejamento e análises do experimento.* (Estudante 2)

*Talvez poderia ser cobrado menos relatórios, dando a opção ao aluno de escolher quais fazer e serem avaliados. Acho que isso daria mais flexibilidade ao aluno frente às outras disciplinas sendo cursadas. Assim, os outros relatórios poderiam ser avaliados como ponto extra.* (Estudante 5)

Os Estudantes 4 e 8 afirmaram não ter sugestões de alterações para a metodologia, visto que gostaram muito da forma como a disciplina foi trabalhada. Já os Estudantes 3, 6 e 7 fazem as seguintes sugestões quanto a metodologia de ensino:

*Acredito que além de tarefas de leitura, diferentes materiais de ensino podem ser interessantes para o aluno, tais como vídeos, vídeo-aulas, artigos e outros livros de física. Os dois últimos foram utilizados neste semestre, e foram úteis para o meu aprendizado.* (Estudante 3)

*Acho que poderia se discutir melhor a questão dos possíveis erros e incertezas do experimento antes desse ser realizado.* (Estudante 6)

*Eleger alguém do grupo, que queira falar, para apresentar o trabalho.* (Estudante 7)

O comentário da Estudante 3 mostra seus sentimentos favoráveis quanto às TLs que sempre indicavam textos de fontes variadas para a leitura prévia. Já os comentários da Estudante 6 e do Estudante 7 estão conectados às dificuldades enfrentadas por eles ao longo do semestre. Ambos faziam parte do mesmo grupo e tiveram problemas com os planejamentos, principalmente ao prever as incertezas propagadas ao longo da investigação e análise dos dados. Como já comentamos, o Estudante 7 pouco participava das apresentações por ser muito tímido e isso explica sua sugestão de alteração.

Na questão 4 do questionário foi solicitado que os estudantes distribuíssem uma pontuação para um conjunto de itens referentes às etapas dos episódios de modelagem que poderiam ter contribuído para aprendizagem (foi solicitado que a soma da pontuação não ultrapassasse um total de 100 pontos). Na Figura 15 estão dispostas as médias das distribuições da turma para cada item. Notamos que, em média, a turma credita, principalmente, à Discussão inicial, às Correções e comentários nos relatórios e ao processo de Elaboração do Relatório o aprendizado adquirido durante a disciplina. Isso corrobora com as respostas dadas anteriormente.



Figura 15: Pontuação média atribuída pela turma ao grau de auxílio de cada item para aprender física. (Fonte: o autor)

### Síntese dos resultados:

Os alunos do nosso estudo manifestaram atitudes favoráveis quanto à metodologia de aprendizagem por modelagem científica, corroborando com os resultados do estudo de Heidemann (2015). Resumidamente, os estudantes destacaram como positivo: a liberdade de planejar e executar seus próprios experimentos, as Tarefas de Leitura e as discussões em sala de aula, tanto as realizadas antes das atividades como as realizadas durante as apresentações dos resultados. Três em oito alunos também destacaram como principal aspecto negativo a grande demanda de trabalho exigida pela disciplina, bem como a falta de tempo para as discussões em grupo na sala de aula.

**Q2a:** Quais influências que o método ativo Episódios de Modelagem produz nas **atitudes** dos estudantes em relação a realizar atividades experimentais?

As respostas dos estudantes aos questionários e à entrevista dão indícios de que todos os oito alunos concluíram o semestre com atitudes positivas quanto à atividade experimental. Essas atitudes favoráveis estão relacionadas à mudança de metodologia e aos sentimentos favoráveis desenvolvidos ao longo do semestre quanto ao método EM. Como ilustração são transcritos alguns trechos das respostas dos alunos na *Entrevista Semiestruturada* (Apêndice C) onde foram marcantes as atitudes positivas.

*Eu realmente acho que não gostava de experimental; antes era bem ruim e foi bem desestimulante. Eu antes de entrar no curso pensava: “Nossa, vai ter experimental, que legal”. Daí eu cheguei e não era tão legal assim; por isso que eu disse que não me sentia confortável, não me sentia à vontade, mas agora eu acho que eu gostei realmente. Experimental é bem legal, dá para aprender bastante coisa. A Experimental I realmente eles deviam discutir e mudar alguma coisa porque a gente não trabalha física, na verdade a única física que a gente pode trabalhar foi medir a gravidade algumas vezes para fazer análise estatística. Eu lembro que eu fiquei bem desestimulada depois que eu saí de Experimental I. (Estudante 2)*

*Realmente eu me senti muito melhor em relação à Física Experimental devido à experiência que eu tive com os professores e tivemos uma base melhor para entender o que estava acontecendo porque eu não entendia antes. Eu achei muito mais divertido aprender experimental agora. (Estudante 3)*

*A Física Experimental II é uma cadeira que tu mesmo constrói o teu próprio aprendizado, tu mesmo vai atrás do que precisa para realizar o experimento. Isso é um ideal que eu tenho para as salas de aula... para o Ensino Médio também... de eu tentar fazer algo parecido. Hoje em dia é muito difícil aqui no Brasil, tu tentar aplicar uma didática diferente no Ensino Médio devido a competição para o vestibular e ENEM, fica complicado tu dar uma outra proposta. Nessa cadeira é praticamente o que eu tinha em mente de passar para os meus alunos futuramente no Ensino Médio. Tu ir atrás do teu próprio aprendizado e construir teu próprio experimento. [...] (Estudante 4)*

*Eu entendo que em [Física] Experimental I a gente vem sem nenhum conhecimento e experiência, mas mesmo assim ela foi o semestre inteiro repetitiva. Eu não sinto que eu evolui nada durante o semestre. Claro, eu aprendi a calcular, mas era um negócio mais do tipo o professor dava as fórmulas e a gente calculava. Aqui [na Física Experimental II] a gente analisa os dados por nós e planeja o experimento, eu sinto que eu cresci bastante fazendo isso. (Estudante 6)*

*[...] A [Física Experimental] I em si tem poucos experimentos que a gente faz que são tipo certinhos. É mais, sei lá, dizer a matéria... Em geral eu achei interessante a disciplina [de Física Experimental II] apesar de ser um pouco cedo a aula e eu gostei dos experimentos, principalmente os que envolviam nitrogênio líquido é bem interessante. Basicamente é isso em geral. (Estudante 7)*

*Eu acho bom porque na Física [Experimental] I a gente só chegava lá e executava um roteiro pronto... tu só chegava executava aquilo dali e tu não se preocupava com o planejamento experimental. Nesse daí [na Física Experimental II] não... até não foi avaliado tanto o planejamento, mas mais a escolha do que a gente... a gente sempre tinha mais de uma opção para escolher o que a gente queria investigar. [...] essa coisa de tu só chegar e*

*executar um experimento que já tá pronto ali é só tu ir ali e repetir o que alguém já fez antes; nessa [na Física Experimental II] não, tu tinha uma nova abordagem, tinha de pensar mais ou menos o que tu tinha que fazer. Eu acho que assim tu acaba aprendendo mais porque aí [...] tu participa duma forma mais ativa no experimento e tal.* (Estudante 8)

A Figura 16 mostra um panorama geral das atitudes dos alunos no início do semestre ao responderem à questão 4 do Questionário Inicial (Apêndice A). Essa informação é exposta através das médias (normalizadas entre 0 e 10) obtidas na análise das respostas.

Nota-se que sete estudantes apresentaram médias maiores que cinco o que interpretamos como atitude positiva quanto às atividades experimentais. Já o Estudante 7 obteve como média o valor de 4,4 o que pode ser interpretado como atitude negativa. Para auxiliar nossa análise apresentamos as afirmações disponíveis e as respectivas escolhas na escala de concordância feita pelos estudantes (1 a 8) no Quadro 4:.

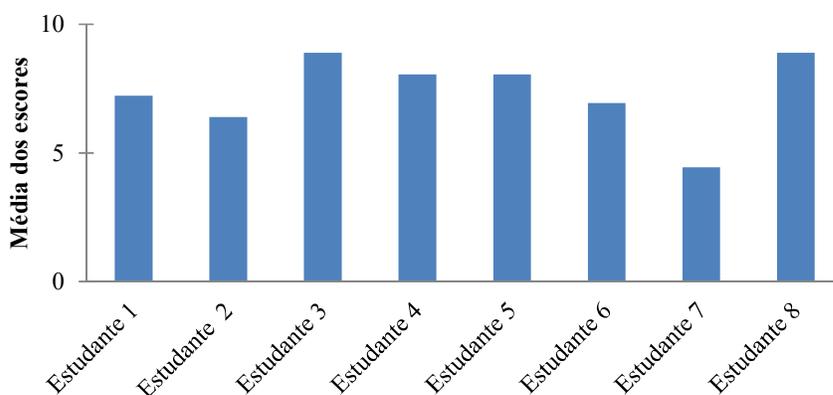


Figura 16: Média dos escores atribuídos pelos estudantes às atitudes referentes a atividade experimental. (Fonte: o autor)

Podemos notar, pelas respostas aos itens 3 e 5 do Quadro 4, que o Estudante 7 possuía sentimentos desfavoráveis quanto à atividade experimental no início do semestre e que não acreditava na importância das atividades experimentais para se aprender física (item 8). Na entrevista questionamos esse estudante sobre seus sentimentos negativos com relação à atividade experimental e possíveis modificações dessas atitudes devido à disciplina de Física Experimental II. A seguir transcrevemos o referido trecho da entrevista.

*Eu não gostava muito.* (Estudante 7)

[Entrevistador – Tu ainda pensas assim?]

*A área experimental da Física não é minha favorita ainda, mas eu acho que houve uma melhora.* (Estudante 7)

[Entrevistador - *Por que ela não é tua favorita?*]

*Só não bate, sabe. Tipo, não é um ramo que eu gostaria de seguir. Eu tive uma bolsa de IC e era muito experimental e eu não gostei muito.*  
(Estudante 7)

[Entrevistador - *O que colaborou para essa melhora?*]

*Uma coisa que colaborou para se tornar mais interessante... porque eu acho que é mais interessante agora. Uma coisa que colaborou com certeza para se tornar mais interessante é que os experimentos de Física II são mais interessantes do que os da [Física Experimental] I, mas eu acho que a maneira como está sendo abordada com os Episódios de Modelagem ajuda a criar interesse no experimento em si. Trabalhar em grupo ajuda, discutir o assunto também.* (Estudante 7)

Podemos perceber que as novas atitudes favoráveis do Estudante 7 quanto à atividade experimental estão associadas à dinâmica de trabalho do método EM.

Quadro 4: Posicionamento de cada estudante (n = 1 a 8) quanto à atividade experimental no início do semestre. (Fonte: o autor)

Afirmação		Escala de concordância				
		Concordo Fortemente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo Fortemente
1	Sinto vontade de ir para as aulas de laboratório de Física.	1 e 5	3, 4, 6 e 8	2 e 7		
2	As aulas de laboratório de Física são cansativas.	6			1, 2, 3, 4, 5, 7 e 8	
3	Gosto de aulas de laboratório de Física.	1 e 5	3, 4 e 8	2 e 6	7	
4	Sinto que me engajo durante as aulas de laboratório de Física.	8	2, 3, 4, 5 e 6		1 e 7	
5	<b>Não</b> me interesso pelas atividades desenvolvidas durante as aulas de laboratório de Física.		7		1, 5 e 6	2, 3, 4 e 8
6	Sinto-me à vontade durante as aulas de laboratório de Física.	3	4, 5, 6, 7 e 8	1		2
7	<b>Não</b> me sinto estimulado a utilizar os conceitos de física durante as aulas de laboratório.		1	2	5, 6 e 7	3, 4 e 8
8	Sinto que as atividades experimentais são importantes para se aprender física.	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 8			7	

Afirmação		Escala de concordância				
		Concordo Fortemente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo Fortemente
9	Senti necessidade de entender os conceitos de física antes de realizar as atividades práticas nas disciplinas experimentais que já cursei.	1, 3, 6 e 8	2	4 e 5	7	

### Síntese dos resultados:

Sete alunos do nosso estudo fortaleceram suas atitudes favoráveis à atividade experimental devido ao ensino por modelagem científica, como constatado no primeiro estudo da tese de Heidemann (2015). O único estudante que inicialmente tinha atitudes desfavoráveis à atividade experimental, (Estudante 7) considerou que os EM ajudaram a criar interesse pelo experimento. Resumidamente, os estudantes do nosso estudo destacaram que as mudanças de metodologia de ensino, relação professor-aluno e os assuntos trabalhados na disciplina de Física Experimental II auxiliaram a manter seus sentimentos positivos quanto à prática de laboratório.

**Q3a:** Quais influências o método ativo Episódios de Modelagem produz nas **atitudes** dos estudantes em relação a trabalhar colaborativamente?

As atitudes iniciais dos alunos com relação ao trabalho colaborativo foram aferidas a partir dos dois últimos itens da questão 4 do questionário aplicado no início do estudo (Apêndice A). Consideramos que médias superiores a cinco representam atitudes positivas, inferiores a cinco, atitudes negativas, e igual a cinco, indiferente. Então, as médias das respostas fornecidas a esses dois itens, mostradas na Figura 17, nos permite afirmar que seis dos estudantes possuíam atitudes positivas quanto ao trabalho colaborativo, a Estudante 2 possuía atitudes negativas e o Estudante 4 era indiferente.

No Quadro 5, pode ser vista uma síntese do posicionamento de cada estudante (n = 1 a 8) quanto ao trabalho colaborativo no início do semestre. Vemos que a Estudante 2 discordava fortemente de gostar do trabalho em grupo e concordava fortemente sobre se sentir desconfortável em expor suas dúvidas ao grupo. Como ilustração transcrevemos suas

respostas à questão 3 do *Questionário Inicial*.

*Não. Geralmente o grupo está pouco interessado e prefere fazer tudo de qualquer jeito e na última hora.* (Estudante 2)

*Reconheço a importância de se trabalhar em grupo, porém, sempre fico "com um pé atrás" ao confiar numa medida obtida ou numa tabela feita por um colega. Gosto de ter o controle sobre todo o processo da realização da experiência e do relatório. Mas ao realizar experiências em grupo, sei que as tarefas não ficam tão pesadas só para uma pessoa.* (Estudante 4)

Quatro dos estudantes que demonstraram atitudes positivas quanto ao trabalho colaborativo (1, 3, 5 e 6) indicam em suas respostas que a discussão e troca de ideias auxilia o aprendizado. A Estudante 6 afirmou que o trabalho colaborativo é importante para a carreira de um cientista, visto que auxilia a produção de conhecimento científico.

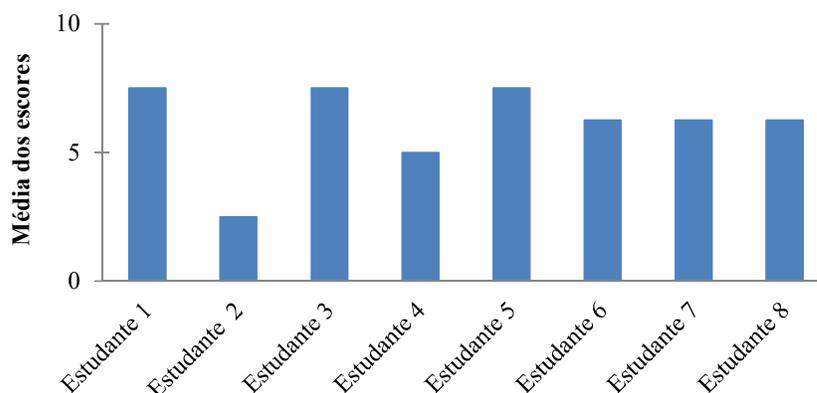


Figura 17: Média dos escores atribuídos pelos estudantes às atitudes referentes ao trabalho colaborativo. (Fonte: o autor)

No Quadro 5 vemos que os Estudantes 6, 7 e 8 optaram pelo Indiferente quanto a gostar de trabalhar em grupo, mas se sentiam à vontade em expor suas dúvidas e por isso acabaram por ficar com um escore médio de 6,3. Esse valor foi associado a atitudes positivas. Contudo, os Estudantes 7 e 8 fizeram os seguintes comentários à questão 3 do *Questionário Inicial*, demonstrando certa indiferença ou sentimento desfavorável quanto a trabalhar em grupo:

*Sou indiferente quanto a trabalhar em grupo ou sozinho, todavia me sinto menos responsável sozinho, pois não quero prejudicar outros por meus erros.* (Estudante 7)

*Em geral não tenho problemas para trabalhar em grupo, mas prefiro trabalhar individualmente, pois acho que meu rendimento e aprendizado são maiores quando trabalho sozinho.* (Estudante 8)

A análise da questão 3 da *Entrevista Semiestruturada* (Apêndice C) realizada ao término do semestre letivo nos permite afirmar que dos seis alunos que tinham médias superiores a cinco na Figura 17, quatro fortaleceram suas atitudes positivas (3, 5, 6 e 7). Os dois que não evoluíram positivamente em suas atitudes foram os estudantes 1 e 8.

Quadro 5: Posicionamento de cada estudante (n = 1 a 8) quanto ao trabalho colaborativo no início do semestre. (Fonte: o autor)

Afirmação		Escala de concordância				
		Concordo Fortemente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo Fortemente
10	Gosto de trabalhar em grupo nas atividades experimentais do laboratório de Física.	3	1 e 5	6, 7 e 8	4	2
11	Não me sinto à vontade em expor minhas dúvidas e dificuldades quando trabalho em grupo.	2		3 e 5	1, 4, 6, 7 e 8	

Como visto no Quadro 3, a Estudante 1 era muito comunicativa e gostava de se envolver nas montagens experimentais, mas apresentava grande dificuldade com o conteúdo. Os dois componentes do seu grupo eram alunos com maior experiência acadêmica e bastante determinados. Uma vez que detectaram que ela não contribuiria com ideias muito frutíferas tinham a tendência a excluí-la das discussões. Por mais que a professora e o pesquisador se esforçassem para que as discussões envolvessem todos alunos do grupo, sistematicamente quando os alunos trabalhavam sozinhos, a Estudante 1 não participava ativamente. E ela se ressentiu disso, conforme fica claro nesse depoimento:

*[...] Na maioria das vezes pelo o que eu via, a Estudante 2 e o Estudante 4 não pediam opinião alguma para mim, ou seja, a minha opinião não fazia diferença, o que importava era o que eles estavam pensando ali. Se eu estivesse em um grupo com meu namorado ou meus amigos seria mais fácil de me relacionar e conseguir interferir, mas como se tratava de pessoas que eu não conhecia... mas eu queria conhecer... pelo visto eles não têm esse interesse. Eu já passei por isso em Física Experimental I também. O meu grupo era assim, não ligavam para minha opinião... o que importa era o que tinha de fazer ali. Se eu tentava interferir, era ignorada, então não foi muito bom, mas eu gosto de trabalhar em grupo quando são as pessoas certas e quando as pessoas têm interesse. (Estudante 1)*

O Estudante 8, embora tivesse média superior a cinco, como mencionado anteriormente, preferia trabalhar individualmente e manteve essa sua opinião, com essa longa exposição sobre seus sentimentos:

*Olha, geralmente eu não gosto de trabalhar em grupo... eu detesto trabalhar em grupo porque... eu não sei, eu acabo... eu tenho até nem por conta do que os outros vão fazer ou se os outros vão me ajudar ou não, mas eu tenho dificuldade assim... se eu tenho de trabalhar com os outros eu tenho que disponibilizar um tempo que eu... eu vou ter que combinar um horário com os outros que talvez esse horário que eu teria que disponibilizar não seria o horário ideal pra eu trabalhar nessa coisa, talvez o horário ideal pra mim trabalhar nisso seja um horário que os outros... um horário que pra mim seja bom, mas pros outros não. Eu tenho dificuldade de organizar os meus horários em relação a isso, mas quanto a essa disciplina... é não teve muito trabalho em grupo assim, tipo... foi bem difícil da gente se organizar até porque [...] as cadeiras que eu estava fazendo exigiam muito tempo e eu acabava sempre fazendo a análise dos resultados e os relatórios muito em cima da hora. E aí, no final a gente acabava não se planejando direito. (Estudante 8)*

Essa manifestação retrata o que presenciávamos. O Estudante 8 demonstrava interesse e compreensão maior do que os outros dois elementos do grupo (6 e 7), fazendo questão de entender tudo e realizando um tratamento de dados excelente. Os outros dois alunos desse grupo não apresentavam maior compromisso com as atividades e seus relatórios, mesmo no final do semestre, ainda eram superficiais. Além disso, o Estudante 7 chegava atrasado com frequência e aparentemente não tinha gasto qualquer tempo em casa pensando no planejamento ou na análise de dados.

Em relação aos dois alunos com atitudes negativa (Estudante 2) e indiferente (Estudante 4) o desenvolvimento de atitudes positivas foi marcante, como atestam essas duas transcrições:

*[...] eu não gostava muito de trabalhar em grupo, mas agora essa turma. Depois de todo mundo sendo bastante incentivado a trabalhar em grupo... é bom trocar ideias. Tem coisas que eu não penso que a outra pessoa pensa daí [...] resolvemos o problema. (Estudante 2)*

*Trabalhar colaborativamente sempre foi uma dificuldade para mim, mas depois dessa cadeira, depois que eu tive a Estudante 2 como colega, eu vi que me ajudou na questão de conseguir distribuir tarefas. Mesmo que ela tenha ficado com mais tarefas do que eu, ajudou um monte! (Estudante 4)*

Os demais estudantes que mantiveram seus sentimentos positivos trazem como pontos positivos do método EM as oportunidades de discussão com o colega. Por exemplo, a Estudante 3 comenta que tanto na fase do planejamento quanto na análise dos resultados foi necessário trocar ideias com seu colega de grupo (Estudante 5).

### **Síntese dos resultados:**

Em nosso estudo vimos a potencialidade do método EM em promover o trabalho colaborativo, visto que as atividades exigem constante discussão e colaboração. O papel do professor como um mediador das discussões também foi citado pelos alunos como um fator importante para o trabalho em grupo. A diversidade de interesses e formas de pensamento foram importantes para o bom andamento das atividades do grupo formado pelos estudantes 3 e 5. Contudo outros grupos tiveram problemas de relacionamentos no trabalho colaborativo, em um deles a Estudante 1 foi isolada e acabou por abandonar a disciplina.

## **5.2 Sobre as influências dos episódios de modelagem nas crenças de autoeficácia**

Nesta seção apresentamos os resultados que nos permitiram responder às questões de pesquisa que dizem respeito às crenças dos alunos em relação à autoeficácia em aprender física, em realizar atividades experimentais e em trabalhar colaborativamente, nomeadas, respectivamente como Q1b, Q2b e Q3b.

**Q1b:** Quais influências que o método ativo Episódios de Modelagem produz nas **crenças de autoeficácia** dos estudantes em relação a aprender física?

Dentre os principais resultados associados às crenças de autoeficácia apresentados no Capítulo 2, destacamos os obtidos por Sawtelle, Brewe & Kramer (2010) e Dou et al. (2016) que indicam respectivamente: não haver influência nas crenças de autoeficácia dos alunos em aprender física que participaram do método *MI*; e que aulas baseadas em métodos ativos (como o *MI*) reduzem o nível das crenças de autoeficácia dos estudantes em aprender física. Ambos os trabalhos chegaram às suas conclusões analisando as respostas dos alunos em questionários aplicados como pré-teste e pós-teste. Já Oliveira (2016) investigou o efeito do método ativo “*Team Based Learning*” nos níveis de autoeficácia relativas a aprender física, utilizando um teste ao final do estudo, no qual os alunos refletiam sobre como julgavam suas próprias capacidades em realizar determinadas ações no início do estudo e depois no final do semestre.

Decidimos, então, para responder à questão de pesquisa Q1b, nos valer dessas duas formas de aferição das crenças de autoeficácia, aplicando questionários no início e no final do estudo. Contudo, ressaltamos que os questionários utilizados em nossa pesquisa não são os

mesmos utilizados pelos autores anteriormente citados. Em ambos os questionários, conforme descrito no Capítulo 4, os estudantes deveriam quantificar o nível de suas crenças de autoeficácia em uma escala de zero e dez. No *Questionário Inicial* (Apêndice A), os estudantes deveriam avaliar seu nível de autoeficácia no início do semestre ( $Q_i$ ). Já no *Questionário Final* (Apêndice B), deveriam avaliar seu nível de autoeficácia no fim do semestre ( $Q_f$ (fim)). Entretanto, no último questionário, também era solicitado uma reflexão sobre o nível de autoeficácia no início do semestre ( $Q_f$ (início)). Os escores  $Q_i$ ,  $Q_f$ (início) e  $Q_f$ (fim) foram obtidos a partir da média aritmética das pontuações fornecidas aos itens (sentenças de 7 a 27 do *Questionário Inicial* e sentenças de 8 a 28 do *Questionário Final*) correspondentes a cada eixo de investigação.

A Figura 18 mostra os níveis das crenças de autoeficácia dos oito estudantes de nosso estudo em relação a aprender física. Notamos que, com exceção dos estudantes 1 e 8, todos os demais não apresentam variação no nível da crença de autoeficácia de  $Q_i$  (azul) para  $Q_f$ (fim) (verde), que corresponde ao tipo de medida realizado por Sawtelle, Brewe & Kramer (2010), ou seja, usando a técnica de medida desses autores, nossos resultados, assim como os deles, não apontam efeito do método ativo de ensino sobre os níveis das crenças de autoeficácia. Já a comparação entre os resultados de  $Q_f$ (início) (vermelha) e  $Q_f$ (fim) (verde) indica um possível aumento nos níveis das crenças de autoeficácia dos sete estudantes aprovados na disciplina.

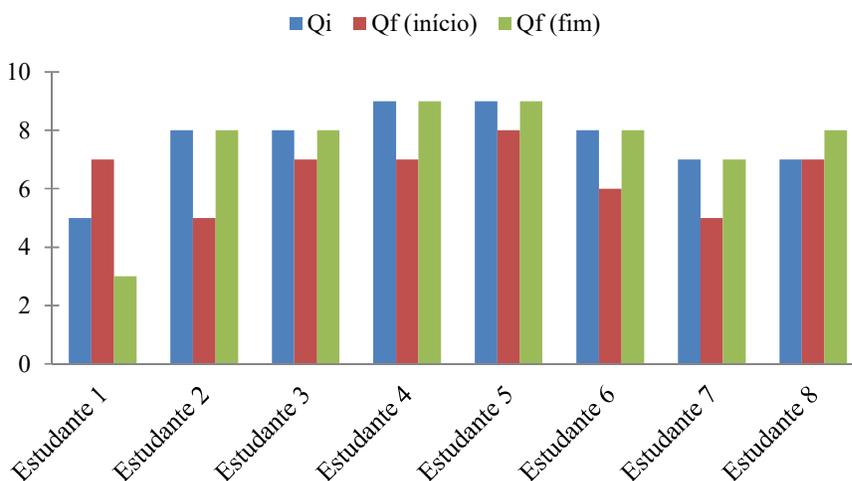


Figura 18: Nível das crenças de autoeficácia dos estudantes quanto a aprender física. (Fonte: o autor)

Para melhor compreendermos essas informações durante a entrevista semiestruturada questionamos os seis alunos que apresentaram variação no nível de autoeficácia (2 a 7) qual desses níveis melhor representava a sua situação e quais eram as justificativas. Os seis

estudantes afirmaram que houve uma evolução no seu julgamento quanto às capacidades de aprender física, como indica a comparação entre  $Q_f$  (início) e  $Q_f$  (fim). Como ilustração, transcrevemos algumas das respostas dos alunos.

*[...] Foi um choque bem forte para mim no começo, mas depois eu vi que me dediquei e consegui, então acho que aprendi física... aumentou minha capacidade de aprender física. Aos poucos eu vi que estava conseguindo... eu estava conseguindo fazer as coisas, estava acompanhando... eu estava dentro do que era esperado pela disciplina. (Estudante 2)*

*Uma coisa é tu fazer o experimento e deu... faz o relatório. Outra coisa é tu fazer o experimento e ter de apresentar. Aí eu tinha de pensar como apresentar sem ficar nervoso e com vergonha. No início eu ficava muito: “Meu Deus do céu, o que vai acontecer!”, mas a apresentação foi rápida e normal. Como tu estudou tu sabe pelo menos um pouquinho do que tem de apresentar. Então eu aconselharia as pessoas a fazer porque eu acho que tem um crescimento pessoal envolvido nisso. As pessoas pensam que não querem fazer isso, mas aí elas conseguem fazer elas meio que se sentem mais incentivadas a apresentar coisas e fazer experimentos. [...] eu acho que eu evolui e foi muito positivo. Eu tenho muito o costume de me subestimar; penso: “Acho que eu não consigo fazer isso.” Aí eu fico pensando isso até que eu consigo fazer e mudo de pensamento para: “Então acho que eu consigo fazer isso.” Isso é aquele processo construtivo que tu tem. (Estudante 3)*

*Eu acho que é mais uma questão de entender as coisas, eu fui aprendendo a entender as coisas durante o semestre e percebendo que eu ia ficando cada vez com menos dificuldade. (Estudante 6)*

Nesses trechos identificamos alguns indícios da fonte de **Experiências de Domínio** que proporcionou o aumento das crenças de autoeficácia dos estudantes em aprender física. Como vimos no Capítulo 3, essa fonte está relacionada às experiências vivenciadas pelos indivíduos, que podem ser positivas ou negativas. Essa conclusão é tomada mais precisamente sobre os seguintes trechos das transcrições: “*eu estava conseguindo fazer as coisas, estava acompanhando*” (Estudante 2); “*As pessoas pensam que não querem fazer isso, mas aí elas conseguem fazer elas meio que se sentem mais incentivada a apresentar coisas e fazer experimentos.*” (Estudante 3); e “*eu fui aprendendo a entender as coisas durante o semestre e percebendo que eu ia ficando cada vez com menos dificuldade.*” (Estudante 6).

Na entrevista buscamos entender o decréscimo apresentado pela Estudante 1 e se, na percepção do Estudante 8, houve evolução do seu nível de autoeficácia. A aluna associou o decréscimo dos níveis de autoeficácia em aprender física ao seu estado de saúde que, devido ao elevado estresse, foi se agravando ao longo do semestre. Já o Estudante 8 considerou que

seu nível de autoeficácia melhorou, devido à avaliação da professora sobre os seus trabalhos, ou seja, a forma que a professora avaliava serviu como fonte de **Persuasão Social**. Isso pode ser visto na seguinte reposta do estudante na *Entrevista Semiestruturada* (Apêndice C):

[...] *O que me afetou bastante foi o feedback que a professora falou dos resultados dos meus relatórios e ela disse que estavam bons. Eu realmente não achava que estavam tão bons assim.* (Estudante 8)

#### **Síntese dos resultados:**

Em nosso estudo notamos que os níveis de autoeficácia em aprender física de seis alunos (2 a 7) permaneceram iguais ao compararmos os valores de  $Q_i$  e  $Q_f$  (fim), o que corrobora os resultados obtidos por Sawtelle, Brewe & Kramer (2010). Contudo, segundo os depoimentos desses estudantes, a comparação que melhor representa o seu desenvolvimento ao longo da disciplina é representada pelos escores de  $Q_f$  (início) para  $Q_f$  (fim). Portanto, temos indícios de que o método ativo EM promoveu aumento nas crenças de autoeficácia em aprender física nos sete alunos aprovados na disciplina, corroborando com os resultados de Oliveira (2016). Além disso, identificamos uma provável origem dessa evolução nas **Experiências de Domínio** positivas proporcionadas pelo processo de aprendizagem por modelagem científica. Em menor grau, identificamos a fonte de **Persuasão Social** em uma das nossas unidades de análise.

**Q2b:** Quais influências o método ativo Episódios de Modelagem produz nas **crenças de autoeficácia** dos estudantes em relação a realizar atividades experimentais?

Pelas informações da Figura 19, cinco dos oito estudantes (2, 3, 5, 6 e 8) elevaram seus níveis de autoeficácia em realizar atividades experimentais, quer se considere a situação inicial aferida com questionário inicial ( $Q_i$ ) quer aferida com o questionário final ( $Q_f$  (início)). Na entrevista, quatro deles apontaram a mudança de metodologia como a causa da elevação. Contudo, os estudantes não souberam listar eventos ou situações ocorridos ao longo da disciplina que pudessem explicar essa melhora. Como ilustração dessas respostas, transcrevemos dois trechos da *Entrevista Semiestruturada* (Apêndice C).

[...] *do início está menor porque eu estava acostumado com o outro método da Física [Experimental] I que tinha experimentos meio estranhos, não era*

*muito dinâmico e não se pensava muito sobre os experimentos. Esse semestre melhorou [...], foi bom! (Estudante 5)*

*Eu acredito que quando eu respondi o questionário no início do semestre, eu fiz muito com base em [Física] Experimental I, que não foi muito boa. Eu acho que eu aprendi muito a planejar experimentos e analisar dados com o tempo, durante esse semestre. (Estudante 6)*

A Estudante 1, que deixou de frequentar a disciplina, apresentou redução nos níveis das crenças sobre suas próprias capacidades de realizar atividades experimentais, como podemos ver na Figura 19. Ela atribuiu a redução aos problemas de saúde desenvolvidos, devido ao grande número de disciplinas (oito) que estava cursando. Outra possibilidade é que no início ela não tivesse plena noção do que era esperado, sentindo-se mais segura, mas na medida em que se defrontou com as dificuldades associadas ao planejamento e execução de experimentos sem um roteiro, seu nível de autoconfiança diminuiu.

O Estudante 4 não mostra aumento do nível de autoeficácia se aferido com o teste inicial e final, mas mostra elevação se aferido somente com o questionário final ao compararmos a sua reflexão sobre o nível de autoeficácia inicial com o nível de autoeficácia aferido no fim do estudo. A situação do Estudante 7 é ainda mais conflitante, pois com o uso de teste inicial e final observa-se diminuição no nível de autoeficácia e com o uso somente do teste final, elevação. Contudo, ambos os estudantes afirmaram na entrevista que houve melhora nas suas crenças de autoeficácia. Eles relatam ter desenvolvido suas habilidades ao longo do semestre, ou seja, na sua percepção os resultados obtidos somente com o teste final são mais adequados. Também, esses alunos não conseguiram identificar as causas dessa elevação.

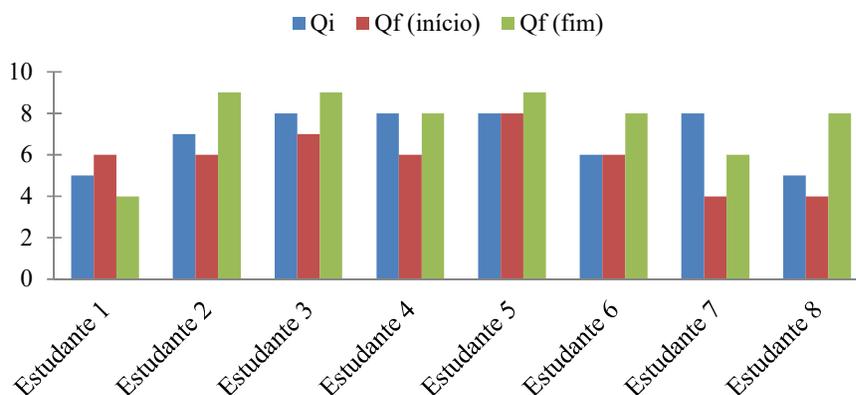


Figura 19: Nível das crenças de autoeficácia dos estudantes quanto a realizar atividades experimentais. (Fonte: o autor)

### **Síntese dos resultados:**

Nosso estudo indica que o método EM promoveu um possível aumento nos níveis de autoeficácia dos sete estudantes aprovados na disciplina em realizar atividade experimental. A diferença metodológica entre as disciplinas de Física Experimental I e Física Experimental II (com método ativo EM) foi mencionada por seis alunos como a causa do aumento nos níveis. Contudo, nossos dados não são suficientes para identificar os eventos ou situações específicas que promoveram essa melhora, visto que os estudantes não lembravam dos eventos específicos que motivaram o aumento.

### **Q2c: Quais influências o método ativo Episódios de Modelagem produz nas crenças de autoeficácia dos estudantes em relação a trabalhar colaborativamente?**

A Figura 20 mostra os níveis de autoeficácia dos oito alunos de nosso estudo em relação a trabalhar colaborativamente. Notamos que, com exceção dos estudantes 1 e 6, os estudantes elevaram seu nível de autoeficácia entre os escores iniciais e finais. Na entrevista, dois desses estudantes (2 e 3) associaram o aumento com o incentivo dado pela professora e a forma de trabalho do método EM. Associamos esses relatos com a fonte de autoeficácia de **Persuasão Social**. Outros dois (4 e 8) deram indícios de que o aumento ocorreu devido a **Experiências Vicárias** durante as atividades em grupo. No Quadro 6, apresentamos as respostas desses seis alunos à *Entrevista Semiestruturada* (Apêndice C) e uma possível classificação da fonte de autoeficácia que tenha proporcionado o aumento dos níveis.

Tanto a Estudante 1 como a Estudante 6 relacionaram as variações dos níveis de autoeficácia em trabalhar colaborativamente a problemas de saúde. Na entrevista, a Estudante 6 revelou possuir dislexia e por isso não se sentia confiante em apresentar trabalhos, redigir relatórios e expor suas ideias nas discussões em grupo. Mesmo com esse problema a aluna alega que a comunicação entre ela e seus colegas de grupo foi melhorando ao longo do semestre. Ela acaba por afirmar que seu nível de autoeficácia em trabalhar em grupo elevou-se no decorrer da disciplina. Como justificativa dessa evolução, a Estudante 6 disse durante a *Entrevista Semiestruturada*:

*[...] apesar de eu ter dificuldade em me comunicar, sou uma pessoa que consegue ouvir bastante e consigo entender facilmente os outros.*  
(Estudante 6)

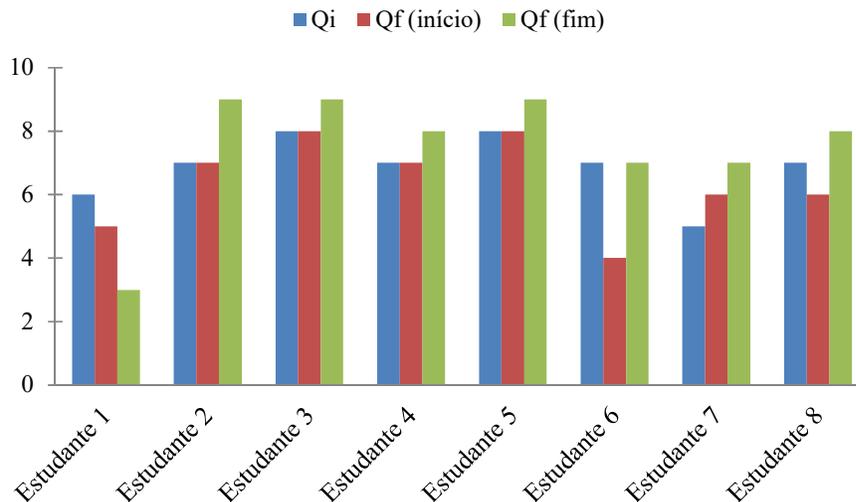


Figura 20: Nível das crenças de autoeficácia dos estudantes quanto a trabalhar colaborativamente. (Fonte: o autor)

Quadro 6: Trechos das entrevistas semiestruturadas e as possíveis fontes de autoeficácia envolvidas no aumento dos níveis de autoeficácia em trabalhar colaborativamente (Fonte: o autor).

Trecho da entrevista	Fonte de autoeficácia
<i>[...] era bastante estimulado o trabalho em grupo [pela professora]. Também tínhamos de discutir no final e apresentar as coisas. [...] [as atividades em Física Experimental I] não envolviam grandes problemas que a gente tinha que resolver e procurar uma solução com as outras pessoas do grupo.</i> (Estudante 2)	Persuasão Social
<i>Na balança de Cavendish quando todo mundo trabalhou junto em conjunto eu achei bem legal. Nossa turma era bem quietinha, nós não conversávamos tanto, mas no final do semestre nós começamos a nos falar. [...] O apoio do professor é muito importante! [...] não tem como eu produzir tudo o que eu produzi sozinha. Então, eu acho que tem de trabalhar em conjunto, tem que falar com o outro, tem que falar com o professor, tem que tirar as dúvidas e tem de estudar também.</i> (Estudante 3)	Persuasão Social
<i>Eu indo atrás me ajudou também, me espelhando também no que ela [Estudante 2] fazia. Essa influência dela foi boa... no sentido dela [Estudante 2] ser organizada e metódica.</i> (Estudante 4)	Experiências Vicárias
<i>[...] É justamente por ter mais experimentos que teve mais trabalho em grupo. Na Física [Experimental] I tinha aulas que era só no quadro aprendendo o que era desvio padrão e desvio padrão da média. Já aqui tinha muitos experimentos; a gente se envolvia muito mais.</i> (Estudante 5)	--
<i>[...] em geral tenha sido ao fato de eu ter realmente trabalhado bastante em grupo nesse semestre. Isso em si já colaborou com o aumento [...]</i> (Estudante 7)	--
<i>[...] quando eu e a Estudante 6 sentamos pra fazer o planejamento, nisso daí eu vi o quanto é bom tu trabalhar em grupo. Porque a visão que a Estudante 6 tinha de investigar o problema, de levantar algumas questões era muito pertinente. Foram coisas que eu não pensei e nisso daí eu vi o quanto pode ser útil trabalhar em grupo, tu ter a visão da outra pessoa pra te ajudar ali. [...]</i> (Estudante 8)	Experiências Vicárias

### **Síntese dos resultados:**

Em nosso estudo, os sete alunos aprovados na disciplina acreditam ter elevado seus níveis de autoeficácia. Ou seja, os Episódios de Modelagem produziram aumento nos níveis de autoeficácia em trabalhar colaborativamente, assim como o estudo de Oliveira (2016) mostrou para outro método ativo de ensino, o *Team Based Learning*. Nossa análise permite-nos identificar duas fontes de autoeficácia (**Persuasão Social e Experiências Vicárias**) como provedoras desses aumentos dos níveis de autoeficácia em trabalhar colaborativamente.

### **5.3 Sobre o reajuste no nível de autoeficácia dos alunos**

Os gráficos relativos aos níveis das crenças de autoeficácia dos estudantes (Figura 18, Figura 19 e Figura 20) mostram que os sete alunos aprovados na disciplina, quando fazem uma reflexão ao final do estudo sobre seu nível de autoeficácia inicial mantêm ou reduzem o valor atribuído no início do semestre ( $Q_i \geq Q_f$  (início)), exceto o Estudante 7 em relação ao trabalho colaborativo. Portanto, em 20 dos 21 casos apresentados o nível diminui ou fica igual. Dentre esses 20 casos, destacamos os 13 que apresentaram redução no seu julgamento sobre os níveis de autoeficácia (Figura 21); os demais casos não apresentaram variação. Sobre esse intrigante fenômeno, relembramos a possível explicação apresentada na introdução para o caso específico do método de ensino usado no presente estudo:

*O envolvimento com o método de ensino fez com que os estudantes reajustassem suas avaliações sobre seus níveis de autoeficácia, inicialmente superestimadas e tal reajuste não é percebido em função da forma como as medidas dos níveis de autoeficácia foram feitas, isto é, com pré e pós-testes.*

As respostas dos estudantes na entrevista dão indícios de que as reduções observadas na Figura 21 estão relacionadas a uma superestimação inicial de suas capacidades. Como ilustração são transcritos alguns trechos das respostas dos alunos na *Entrevista Semiestruturada* (Apêndice C).

*Antes achava que sabia e depois eu vi que não sabia.* (Estudante 2)

*Eu estava muito confiante no início [...] (Estudante 3)*

*Realmente houve uma melhora, agora eu estava pensando quando eu respondi o da coluna azul eu fui meio que na arrogância, então eu botei as notas tudo lá em cima. Depois no fim do semestre que eu vi como eu realmente era no início, então eu posso dizer que o que diz a realidade é da coluna vermelha para a verde. (Estudante 4)*

Esses trechos tratam das reflexões dos alunos quanto aos níveis de autoeficácia em aprender física e realizar atividades experimentais. Quanto às reduções apresentadas pelos estudantes 6 e 8 em trabalhar colaborativamente (Figura 21), não foi possível identificar elementos relacionados à disciplina de Física Experimental II, pois a Estudante 6 relacionou a redução do nível com sua dislexia e o Estudante 8 negou a validade da variação afirmando que sua percepção no início e no fim são as mesmas.

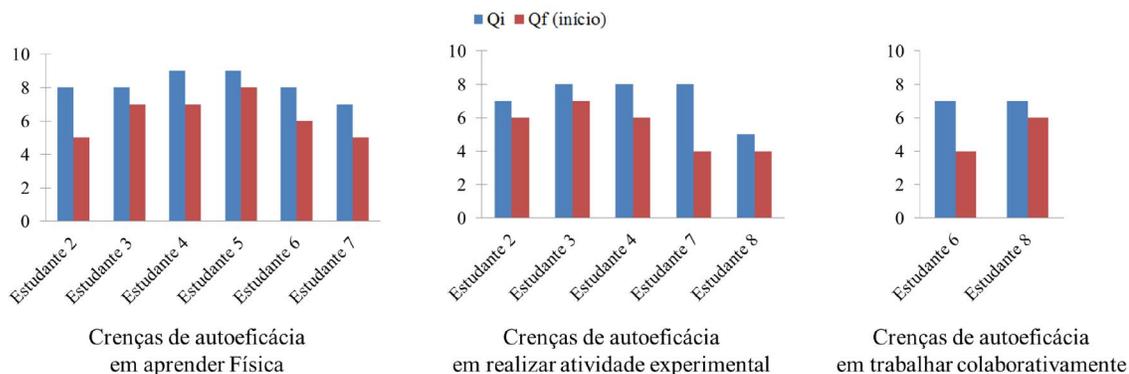


Figura 21: Níveis de autoeficácia dos estudantes no início do estudo avaliado com o questionário inicial (Qi) e final (Qf (início)). (Fonte: o autor)

Passamos agora a identificação dos principais elementos relacionados à redução dos níveis de autoeficácia em aprender física e realizar atividades experimentais. Esse processo foi realizado com base na análise das respostas dos alunos à questão 5 da *Entrevista semiestruturada* (Apêndice C) que versa sobre possíveis fatores e/ou situações vivenciadas durante a disciplina que tenham contribuído para mudança no julgamento feito a respeito dos níveis de autoeficácia (caso o estudante apresentasse alguma variação de nível).

As respostas dos estudantes foram compiladas, desagrupadas e reagrupadas de modo a permitir nossa interpretação. Nossa análise permitiu identificar três principais elementos desencadeadores das reduções, conforme a percepção dos estudantes, a saber: Experiências em disciplinas anteriores (Física Experimental I) (n = 4), Percepção sobre evolução positiva ao longo da disciplina de Física Experimental II (n = 3), Correção da primeira TL (n = 2), Empolgação pela nova metodologia de ensino (episódios de modelagem) (n = 1) e Correções

dos relatórios iniciais (n = 1). Esses resultados são sintetizados na Figura 22.

A experiência anterior na disciplina de Física Experimental I foi o ponto mais destacado pelos estudantes para justificar a mudança no julgamento feito sobre os níveis de autoeficácia em aprender física e realizar atividades experimentais. As argumentações apresentadas podem ser vistas nas seguintes transcrições de suas respostas na entrevista semiestruturada.

*[...] na primeira cadeira [Física Experimental I] a gente não tinha que planejar os experimentos. A gente chegava com tudo prontinho e fazia... talvez por isso. (Estudante 2)*

*[...] na Física [Experimental] II nós escolhemos o que nós queremos fazer e quais grandezas vamos relacionar. Na Física [Experimental] I já vem tudo pronto pra ti, então nesse sentido a gente sentiu uma dificuldade no início para ver quais materiais pegar pra fazer o experimento [...]*  
(Estudante 4)

*Eu acho que teve uma melhora, então o que me representa melhor é da vermelha para a verde. Eu me julgo melhor agora do que eu era no início, principalmente em escrever relatórios. Isso acontece devido a metodologia como um todo, essas ideias do Leonardo<sup>10</sup>, toda essa metodologia de fazer e daí apresentar, analisar em casa os dados; acho que isso ajudou bastante. Acho que se fosse o mesmo método da Física [Experimental] I, não teria melhorado grande coisa. (Estudante 5)*

*[...] na Experimental I a coisa era muito “mastigada”, não tinha tanto aquela participação ativa que a gente teve na Experimental II. Eu acho que foi por isso. (Estudante 8)*

Em síntese, os alunos supunham, inicialmente, que a Física Experimental II seria conduzida como a Física Experimental I, com roteiros bastante rígidos. Então, seus níveis de autoeficácia no início foram superavaliados. Quando se depararam com as exigências na Física Experimental II de tomada de decisão sobre, por exemplo, que materiais e montagem experimental utilizar, suas crenças sobre a capacidade de realizar atividades experimentais se alteraram e seus níveis diminuíram.

Outro aspecto citado por três estudantes foi que no fim da disciplina perceberam o quanto sua capacidade em aprender física e realizar atividades experimentais havia melhorado e por isso no início do semestre o nível de autoeficácia deveria ser menor. A seguir apresentamos alguns trechos da entrevista a título de ilustração dessa categoria.

---

<sup>10</sup> Leonardo A. Heidemann foi o desenvolvedor do método EM e atualmente é professor da UFRGS. Ele acabou por substituir a professora da turma em uma das aulas e por isso foi mencionado pelo Estudante 5.

*[...] eu aprendi muito mais e vi que eu tenho uma capacidade maior, deixei de me subestimar tanto. (Estudante 3)*

*[...] Eu acho que foi mais baseado na minha evolução, no fato de cada vez ficar mais fácil de entender. (Estudante 6)*

*Tudo o que a gente trabalhou durante a Física Experimental II eu fui aprendendo ao longo do semestre enquanto eu escrevia os relatórios e fazia os experimentos. (Estudante 8)*

Um aluno mencionou que a empolgação no início do semestre gerada pela nova metodologia pode ter feito ele superestimar a sua própria capacidade. As outras explicações levantadas pelos alunos envolveram o retorno de correções de tarefas de leitura e de relatórios. Os estudantes relatam que esse retorno por parte da professora permitiu uma visão mais adequada de suas próprias capacidades em aprender física e realizar atividades experimentais. O Estudante 4 afirma que essas correções promoveram uma mudança na sua concepção de física, como podemos ver na própria fala do estudante durante a entrevista.

*[...] eu pude ver que era completamente diferente do que eu pensava da física. Eu tinha um pensamento muito matemático da física. Eu pude ver isso na correção da primeira Tarefa de Leitura que a professora pediu para pararmos um pouco com a Matemática. (Estudante 4)*

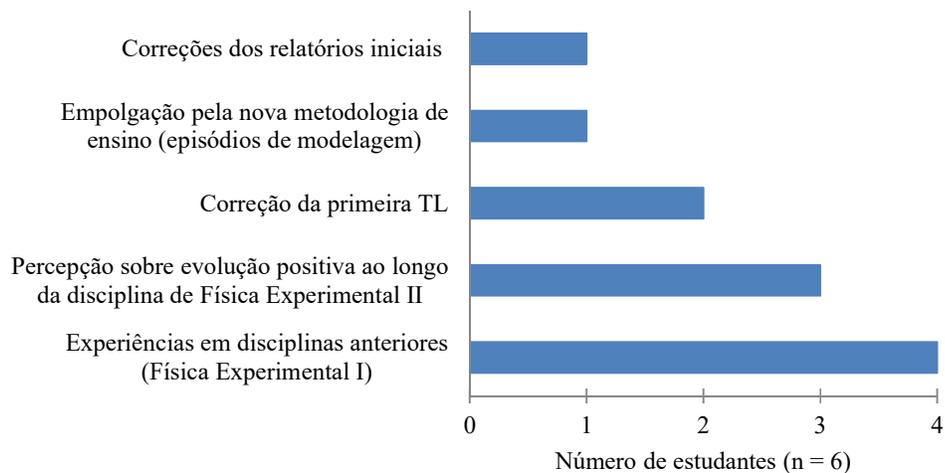


Figura 22: Frequência dos aspectos relacionados à redução dos níveis de autoeficácia em aprender física e realizar atividades experimentais mencionados pelos estudantes na entrevista semiestruturada. (Fonte: o autor)

### **Síntese dos resultados:**

Nosso estudo sugere um possível reajuste dos níveis de autoeficácia em relação a aprender física e realizar atividade experimental, que pode estar relacionado com as experiências vivenciadas em disciplinas anteriores e o desconhecimento do esforço a ser empregado com o novo método (EM). Já com relação a trabalhar colaborativamente, não foi possível identificar elementos relacionados à disciplina de Física Experimental II com os dados coletados em nosso estudo.

#### **5.4 Síntese dos resultados: novas perspectivas**

Nesta seção, sintetizamos os resultados do estudo de caso exploratório realizado e apresentamos novas perspectivas para o prosseguimento da pesquisa, assim como questões de pesquisa geradas e correspondentes proposições teóricas.

Nosso estudo indicou atitudes positivas de todos os alunos quanto ao método EM. Esses resultados corroboram com resultados de aplicações anteriores (HEIDEMANN, 2015), confirmando a potencialidade do método EM em promover sentimentos favoráveis ao aprendizado de física, a atividades experimentais e ao trabalho colaborativo.

Os estudantes indicaram como pontos positivos no método de ensino empregado, principalmente: planejamento/execução do experimento, apresentações e discussões em sala de aula e as Tarefas de Leitura. A atitude favorável ao planejamento dos experimentos e às apresentações dos resultados são uns dos principais diferenciais do método EM em relação às aulas experimentais tradicionais. As atitudes positivas em relação às apresentações e às TLs foram associadas às discussões promovidas com a turma, ainda que nem todos os grupos tenham tido êxito no trabalho colaborativo. Isso sugere que em estudos futuros poderia ser frutífero não deixar que os grupos se organizem livremente, como ocorreu nesse estudo, mas sim utilizar-se técnicas para criação de equipes de aprendizagem, que obteve resultados positivos no estudo de Oliveira (2016). Segundo esse autor existem duas características que distinguem equipes de grupos: “(i) *alto nível de comprometimento individual para o bom rendimento do grupo e (ii) confiança entre os membros.*” (2016, p.19)

Alguns elementos da abordagem com o método EM identificados:

- como fontes de autoeficácia em aprender física foram o planejamento experimental, a análise dos dados em sala de aula e as apresentações dos

resultados, pois proporcionam **experiências de domínio positivas** para os alunos; os comentários presentes nos relatórios serviram de **persuasão social**;

- como fontes de autoeficácia em trabalhar colaborativamente foram o estímulo por parte da professora e o ambiente colaborativo no experimento com a Balança de Cavendish, relacionados à **persuasão social**; e a prática de trabalho em grupo nos planejamentos e na divisão de tarefas proporcionaram **experiências vicárias**;

Não foram identificadas fontes de autoeficácia em realizar atividades experimentais, nem tampouco fontes das variações dos níveis apresentados pelos estudantes.

Com nossos resultados podemos perceber que o método EM não só promove sentimentos favoráveis quanto ao aprendizado de física, a atividade experimental e o trabalho em grupo, como também possibilita oportunidades das três principais fontes de autoeficácia (experiências de domínio, experiências vicárias e persuasão social). Além disso, podemos sugerir que o processo de aprendizagem por modelagem científica está relacionado com essa potencialidade, visto que, o método MI (também baseado nesse tipo de aprendizagem) apresenta o mesmo potencial na promoção de situações que servem de fontes de autoeficácia aos alunos (DOU; BREWE, 2014; DOU et al., 2016; SAWTELLE et al., 2012b; SAWTELLE; BREWE; KRAMER, 2010, 2011, 2012).

Finalmente, em nosso estudo exploratório investigamos a ideia do reajuste dos parâmetros levados em conta na avaliação dos níveis de autoeficácia, que podem justificar os resultados contraditórios obtidos por Sawtelle, Brewe & Kramer (2010) e Dou et al. (2016), em comparação com os de Oliveira (2016). Percebemos que avaliando unicamente os resultados obtidos por questionários aplicados no início e no fim obtemos resultados semelhantes aos reportados por Sawtelle, Brewe & Kramer (2010) e Dou et al. (2016). Contudo, como vimos em nossa discussão sobre as respostas dos alunos nas entrevistas semiestruturadas, esse resultado não corresponde à real evolução das crenças de autoeficácia em aprender física, realizar atividades experimentais e trabalhar colaborativamente. Se avaliamos os níveis de autoeficácia em relação a esses três eixos somente no questionário final, como feito por Oliveira (2016), nossos resultados corroboram com os dele e, segundo os depoimentos dos estudantes de nosso estudo, a variação dos níveis é medida de forma mais fidedigna com a realidade de cada aluno. Além disso, em nosso estudo percebemos que o reajuste dos níveis de autoeficácia em relação a aprender física e realizar atividade

experimental pode estar relacionado com as experiências vivenciadas em disciplinas anteriores e o desconhecimento do esforço a ser empregado com o novo método (EM).

Para melhor avaliar o reajuste dos níveis de autoeficácia em trabalhos futuros precisamos aprofundar os estudos sobre a TSC, ou seja, desenvolver um estudo teórico para compreender melhor o reajuste, pois isso pode proporcionar maiores graus de fidedignidade em investigações acerca do efeito de métodos de ensino de física nas crenças de autoeficácia. Para tanto propomos a seguinte questão de pesquisa:

**Questão de pesquisa:** Como o reajuste dos níveis de autoeficácia promovida pelos métodos ativos de ensino é entendido a luz da TSC?

Além disso, propomos dois novos estudos empíricos aplicando o método EM nas disciplinas de Física Experimental II e Física Experimental III buscando, na medida do possível, manter as mesmas unidades de análise (alunos) de uma para outra. Com essas aplicações seria interessante responder às seguintes questões de pesquisa:

**Questão de pesquisa 1:** O fenômeno de reajuste dos níveis de autoeficácia ocorre para alunos que já vivenciaram o método EM em semestres anteriores?

**Questão de pesquisa 2:** Como a definição prévia de equipes de aprendizagem influenciam as crenças de autoeficácia em trabalhar colaborativamente em aulas de laboratório de Física com o método EM?

A questão de pesquisa 2 exige a incorporação da definição prévia de equipes de aprendizagem presente no método ativo *Team-Based Learning (TBL)*. Este método foi criado no final dos anos 70 pelo professor de gestão e negócios Larry Michaelsen na Universidade de Oklahoma (EUA). Seu principal objetivo é o de aprimorar a aprendizagem e desenvolver habilidades de trabalho colaborativo, ou seja, o TBL utiliza o gerenciamento de equipes de aprendizagem, tarefas de preparação e aplicação de conceitos. Recentemente, o TBL foi adaptado por Oliveira (2016) para o contexto de uma universidade pública brasileira (UFRGS) incluindo as TLs na fase de preparação para a aula. O autor relata que a formação de equipes foi crucial para elevar as crenças de autoeficácia em trabalhar colaborativamente. Dessa forma pode-se, talvez, evitar os problemas encontrados em nosso estudo como, por exemplo, o isolamento da Estudante 1 em seu grupo. Temos a expectativa de que uma equipe de aprendizagem definida previamente acolheria de forma mais adequada uma aluna com o perfil

da Estudante 1 que possuía grandes dificuldades nas atividades.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Parte da comunidade de pesquisa em ensino de Física tem devotado atenção ao estudo de métodos ativos de ensino que primam pela centralização do processo de ensino-aprendizagem no aluno. Dentre esses estudos, destacamos os realizados pelo grupo de pesquisa da Universidade Internacional da Flórida que investigam as influências do método *MI* sobre os níveis de autoeficácia dos estudantes. Contudo, em seus resultados surgiram controvérsias quanto a essas influências. Como mencionamos no Capítulo 4, Sawtelle, Brewe & Kramer (2010, p. 290) concluíram que o método *MI* não teve efeito sobre as crenças de autoeficácia dos estudantes em aprender física. Já Dou et al. (2016, p.1) afirmam ter encontrado apenas reduções nos níveis autoeficácia dos alunos em aprender física que vivenciaram o mesmo método. Essa redução superou o decréscimo provocado por aulas expositivas em estudos anteriores que comparavam o método *MI* com as aulas expositivas (*lectures*) (p.10). Uma possível conclusão sobre esses resultados seria o de que métodos ativos de ensino não influenciam as crenças de autoeficácia dos estudantes em aprender física. Em contrapartida, os resultados do estudo feito por Oliveira (2016) dão indícios que essa constatação pode ser questionável, visto que o autor reporta que os métodos ativos de ensino elevam não só os níveis de autoeficácia em aprender física, como também em trabalhar colaborativamente.

Com base nesse cenário controverso realizamos o nosso estudo de caso exploratório com múltiplas unidades de análise (alunos) na disciplina de Física Experimental II – A da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Esse estudo tinha como objetivo geral estudar as influências do método EM (similar ao método *MI*) sobre as atitudes e crenças de autoeficácia dos estudantes em aprender física, realizar atividades experimentais e trabalhar colaborativamente. Além disso, buscamos explorar uma possível explicação para os resultados conflitantes na literatura:

*O envolvimento com o método de ensino fez com que os estudantes reajustassem suas avaliações sobre seus níveis de autoeficácia, inicialmente superestimadas e tal reajuste não é percebido em função da forma como as medidas dos níveis de autoeficácia foram feitas, isto é, com pré e pós-testes.* Coerentemente com a metodologia de estudo de caso Yin que adotamos, concluímos nosso estudo exploratório levantando novas questões de pesquisa para guiar estudos posteriores.

Em termos das atitudes, nossos resultados mostraram atitudes positivas de toda a

turma em relação à aprendizagem de física com o método EM. Os aspectos que os alunos destacaram como mais positivos foram planejar e executar seus próprios experimentos sem o uso de roteiros rígidos e as discussões desencadeadas pelas apresentações dos resultados e as correções das TLs. Como ponto negativo foi mencionado, principalmente, a dedicação requerida pela disciplina e o exíguo tempo em aula para a realização dos planejamentos e análises de dados. Contudo, este último problema está mais relacionado aos conflitos existentes em dois dos três grupos formados de forma espontânea pelos alunos no início do estudo. Tais problemas de entrosamento dos grupos acarretaram redução nas atitudes quanto ao trabalho colaborativo de dois dos oito estudantes. Entretanto, podemos afirmar que o método EM elevou ou reforçou os sentimentos favoráveis dos demais estudantes sobre o trabalho em grupo. Além disso, o método favoreceu as boas atitudes quanto à prática de laboratório quando comparada à disciplina anterior.

As crenças de autoeficácia em aprender física, em realizar atividades experimentais e trabalhar colaborativamente foram avaliadas de maneira positiva pelos sete alunos aprovados na disciplina, como constatamos através das respostas do Questionário Final. Verificamos, inclusive, alguns elementos da nossa abordagem com o EM que agem como potenciais fontes de autoeficácia. São eles, (i) em relação a aprender física: o planejamento experimental, a análise dos dados em sala de aula e as apresentações dos resultados (experiências de domínio positivas); os comentários presentes nos relatórios serviram de (persuasão social); (ii) em relação às fontes de autoeficácia em trabalhar colaborativamente: o estímulo por parte da professora e o ambiente colaborativo no experimento com a Balança de Cavendish (persuasão social); prática de trabalho em grupo nos planejamentos e na divisão de tarefas (experiências vicárias). Em relação às fontes de autoeficácia em realizar atividades experimentais não conseguimos identificar as fontes a partir dos dados coletados.

Concluimos que os alunos aprovados na disciplina aumentaram o seu nível de autoeficácia em todos os eixos analisados segundo os relatos dos estudantes na entrevista semiestruturada e as respostas ao Questionário Final. Além disso, nossos resultados dão indícios de que há um possível reajuste nos níveis de autoeficácia em relação a aprender física e realizar atividade experimental e que pode estar relacionado com as experiências vivenciadas em disciplinas anteriores e ao desconhecimento do esforço a ser empregado com o novo método (EM).

Para uma melhor compreensão do processo de reajuste dos níveis de autoeficácia, reconhecemos a necessidade de um estudo teórico mais profundo sobre a TSC e na literatura

em pesquisas posteriores. Além do mais, propomos dois novos estudos empíricos com o método EM incorporando a formação prévia de equipes de aprendizagem em turmas sequências como, por exemplo, Física Experimental II e Física Experimental III. Dessa forma podemos investigar a ocorrência do fenômeno de reajuste dos níveis de autoeficácia em turmas que já conhecem e têm experiência com o método EM.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREW, S. Self-efficacy as a predictor of academic performance in science. **Journal of Advanced Nursing**, v. 27, n. 3, p. 596–603, 1998.
- 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**, v. 30, n. 2, p. 362–384, 17 abr. 2013.
- BANDURA, A. Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. **Psychological Review**, v. 84, n. 2, p. 191–215, 1977.
- BANDURA, A. **Social foundations of thought and action: A social cognitive theory**. Englewood Cliffs, NJ, US: Prentice-Hall, Inc, 1986.
- BANDURA, A. **Self-efficacy: the exercise of control**. New York: W. H. Freeman and Company, 1997.
- BANDURA, A. **The Evolution of Social Cognitive Theory** *Great Minds in Management*, 2005.
- BANDURA, A. A teoria social cognitiva na perspectiva da agência. In: **Teoria Social Cognitiva: conceitos básicos**. Porto Alegre: Artmed, 2008. p. 69–96.
- BANDURA, A.; AZZI, R. G.; POLYDORO, S. **Teoria Social Cognitiva**. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. A modelagem científica vista como um campo conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 507–545, 2011.
- BREWE, E. Modeling theory applied: Modeling Instruction in introductory physics. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 12, p. 1155, 2008.
- BREWE, E.; TRAXLER, A.; DE LA GARZA, J.; KRAMER, L. H. Extending positive CLASS results across multiple instructors and multiple classes of Modeling Instruction. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 9, n. 2, p. 1–10, 2013.
- DOU, R.; BREWE, E. Network centrality and student self-efficacy in an interactive introductory physics environment. **2014 PERC Proceedings**, n. VI, p. 67–70, 2014.
- DOU, R.; BREWE, E.; ZWOLAK, J. P.; POTVIN, G.; WILLIAMS, E. A.; KRAMER, L. H. Beyond performance metrics: Examining a decrease in students' physics self-efficacy through a social networks lens. **Physical Review Physics Education Research**, v. 12, n. 2, p. 20124, 2016.
- FENCL, H.; SCHELL, K. Engaging Students: An examination of the effects of teaching strategies on self-efficacy and course climate in a nonmajors physics course. **Journal of College Science Teaching**, v. 35, n. 1, p. 20–24, 2005.
- FONTES, A. P.; AZZI, R. G. Crenças de autoeficácia e resiliência: apontamentos da literatura sociocognitiva / Self-efficacy beliefs and resilience: findings of social-cognitive literature. **Estudos de Psicologia (Campinas) VO - 29**, v. 29, n. 1, p. 9, 2012.
- HEIDEMANN, L. A. **Ressignificação das atividades experimentais no ensino de física por meio do enfoque no processo de modelagem científica**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

- HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Ciclos de Modelagem: uma alternativa para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2, p. 965–1007, 2012.
- HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 1, p. 1504, 2016.
- HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Ensenanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299–313, 1994.
- MATSUI, T.; MATSUI, K.; OHNISHI, R. Mechanisms underlying math self-efficacy learning of college students. **Journal of Vocational Behavior**, v. 37, n. 2, p. 225–238, 1990.
- MAZUR, E. **Peer Instruction: a user's manual**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997.
- OLIVEIRA, T. E. **Aprendizagem de física, trabalho colaborativo e crenças de autoeficácia: um estudo de caso com o método team-based learning em uma disciplina introdutória de eletromagnetismo**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.
- PAJARES, F.; OLAZ, F. Teoria social cognitiva e autoeficácia: uma visão geral. In: **Teoria Social Cognitiva: conceitos básicos**. Porto Alegre: Artmed, 2008. p. 97–114.
- SAWTELLE, V. A Gender Study Investigating Physics Self-Efficacy. **ProQuest LLC**, p. 184, 2011.
- SAWTELLE, V.; BREWE, E.; GOERTZEN, R. M.; KRAMER, L. H. Identifying events that impact self-efficacy in physics learning. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 8, n. 2, 2012a.
- SAWTELLE, V.; BREWE, E.; GOERTZEN, R. M.; KRAMER, L. H. Creating opportunities to influence self-efficacy through modeling instruction. **AIP Conference Proceedings**, v. 1413, p. 339–342, 2012b.
- SAWTELLE, V.; BREWE, E.; KRAMER, L. An exploratory qualitative study of the proximal goal setting of two introductory modeling instruction physics students. **AIP Conference Proceedings**, v. 1179, n. 2009, p. 261–264, 2009.
- SAWTELLE, V.; BREWE, E.; KRAMER, L. H. Positive impacts of modeling instruction on self-efficacy. **AIP Conference Proceedings**, v. 1289, n. 1, p. 289–292, 2010.
- SAWTELLE, V.; BREWE, E.; KRAMER, L. H. Sequential Logistic Regression : A Method to Reveal Subtlety in Self-Efficacy. **Proceedings of the Tenth Annual College of Education & GSN Research Conference**, p. 216–225, 2011.
- SAWTELLE, V.; BREWE, E.; KRAMER, L. H. Exploring the relationship between self-efficacy and retention in introductory physics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 9, p. 1096–1121, 2012.
- SAWTELLE, V.; LITTLE, A. Understanding the Nuance in Disciplinary Self-Efficacy. **2015 Physics Education Research Conference Proceedings**, p. 295–298, 2015.
- SILVEIRA, F. L. Validação de testes de lápis e papel. In: **Instrumentos de pesquisa em ensino e aprendizagem**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993.

TRAXLER, A.; BREWE, E. Equity investigation of attitudinal shifts in introductory physics. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 11, n. 2, p. 1–7, 2015.

YAZAN, B. Three Approaches to Case Study Methods in Education : Yin , Merriam , and Stake. **The Qualitative Report**, v. 20, n. 2, p. 134–152, 2015.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YIN, R. K. **Qualitative Research from Start to Finish**. New York: The Guilford Press, 2011.  
v. 53

## 8. APÊNDICES

### Apêndice A: Questionário inicial para avaliação das crenças de autoeficácia e atitudes dos estudantes.

#### QUESTIONÁRIO INICIAL<sup>11</sup>

##### Questionário sobre crenças de autoeficácia e atitudes em: realizar atividades experimentais, aprender física, e trabalhar colaborativamente

##### Atitudes em: realizar atividades experimentais e trabalhar colaborativamente

- 1) Em sua percepção, quais os principais aspectos positivos e negativos na forma como as aulas experimentais foram trabalhadas na disciplina “Física Experimental I – A”? Comente.
- 2) Em seu ponto de vista, quais mudanças poderiam ser realizadas para melhorar as aulas de laboratório?
- 3) Você gosta de trabalhar em grupo nas disciplinas? Comente aspectos positivos e negativos (se houver) de suas experiências em atividades de grupo.
- 4) A próxima questão deste questionário é objetiva e busca avaliar o seu sentimento em relação às aulas de laboratório de Física. Para tanto, solicita-se que você expresse sua concordância com cada uma das afirmações apresentadas usando a seguinte escala: CONCORDO FORTEMENTE (CF); CONCORDO (C); INDECISO (I); DISCORDO (D); e DISCORDO FORTEMENTE (DF). Evite marcar muitas vezes INDECISO (I).

Afirmação		Escala de concordância				
4.01	Sinto vontade de ir para as aulas de laboratório de Física.	CF	C	I	D	DF
4.02	As aulas de laboratório de Física são cansativas.	CF	C	I	D	DF
4.03	Gosto de aulas de laboratório de Física.	CF	C	I	D	DF
4.04	Sinto que me engajo durante as aulas de laboratório de Física.	CF	C	I	D	DF
4.05	Não me interessa pelas atividades desenvolvidas durante as aulas de laboratório de Física.	CF	C	I	D	DF
4.06	Sinto-me à vontade durante as aulas de laboratório de Física.	CF	C	I	D	DF

<sup>11</sup> Questionário construído a partir dos questionários de Heidemann (2015) e Oliveira (2016).

Afirmação		Escala de concordância				
4.07	Não me sinto estimulado a utilizar os conceitos de física durante as aulas de laboratório.	CF	C	I	D	DF
4.08	Sinto que as atividades experimentais são importantes para se aprender física.	CF	C	I	D	DF
4.09	Senti necessidade de entender os conceitos de física antes de realizar as atividades práticas nas disciplinas experimentais que já cursei.	CF	C	I	D	DF
4.10	Gosto de trabalhar em grupo nas atividades experimentais do laboratório de Física.	CF	C	I	D	DF
4.11	Não me sinto à vontade em expor minhas dúvidas e dificuldades quando trabalho em grupo.	CF	C	I	D	DF

- 5) Neste espaço, você pode fazer comentários que esclareçam as suas respostas e/ou comentar algo que julgue pertinente sobre algum item da questão anterior.
- 6) Por favor, comente qualquer ponto que você considera relevante e que não tenha sido abordado nas questões anteriores.

**Crenças de Autoeficácia em: realizar atividades experimentais, aprender física, e trabalhar colaborativamente**

Por favor, classifique o quanto você acredita que é capaz de fazer cada uma das atividades descritas nas sentenças de 7 a 27, escrevendo um número adequado de acordo com a escala apresentada.

*Avalie seu grau de confiança registrando um número de 0 a 10, utilizando a escala dada abaixo:*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Não me considero capaz de					Considero-me parcialmente capaz de					Considero-me totalmente capaz de

	Confiança (0 a 10)
7) aprender conceitos de física	
8) explicar conceitos de física para meus colegas de forma que eles entendam	
9) resolver questões conceituais de física	
10) aplicar um conceito de física em diferentes situações	
11) resolver problemas de física	
12) articular os conceitos físicos necessários para resolver um problema	
13) interpretar problemas de física	
14) relacionar conceitos de física com atividades experimentais	

15) avaliar se um modelo científico é adequado para descrever os dados experimentais obtidos	
16) realizar a montagem dos experimentos sem seguir roteiros fechados	
17) delinear o arranjo experimental a ser usado em uma prática de laboratório	
18) analisar e interpretar os dados obtidos nas atividades do laboratório	
19) escolher os instrumentos de medida mais adequados para serem usados em uma investigação experimental	
20) avaliar se os dados experimentais analisados estão em acordo ou não com as previsões dos modelos científicos	
21) explicar, para os meus colegas, os procedimentos necessários para resolver um problema	
22) trabalhar em grupo	
23) em uma discussão, ouvir a opinião dos colegas, mesmo quando considero que estou certo	
24) em trabalhos/tarefas em grupo, contribuir positivamente para as discussões	
25) em atividades em grupo, encorajar meus colegas a participarem das discussões	
26) durante atividades em grupo, ser flexível diante de conflitos e discordâncias	
27) em atividades em grupo, expor minhas dificuldades e dúvidas aos meus colegas	

28) Existe algum aspecto que não foi destacado nos itens 7 a 27 que você gostaria de mencionar?

29) Neste espaço, você pode fazer comentários que esclareçam as suas respostas e/ou comentar sobre algo que julgue pertinente.

**Apêndice B: Questionário final para avaliação das crenças de autoeficácia e atitudes dos estudantes.**

**QUESTIONÁRIO FINAL<sup>12</sup>**

**Questionário sobre crenças de autoeficácia e atitudes em: realizar atividades experimentais, aprender física, e trabalhar colaborativamente**

- 1) Comente sobre sua experiência na disciplina de Física Experimental II neste semestre.
- 2) Quais os principais aspectos positivos e negativos na forma como a disciplina foi trabalhada em sua percepção? Por quê?
- 3) Você considera que tenha aprendido física? Se sim, quais os fatores que, na sua opinião, mais contribuíram para isso? Comente sua resposta.
- 4) Atribua uma pontuação a cada item de acordo com seu julgamento sobre a importância dele em auxiliá-lo (a) a aprender física durante a disciplina. A soma total das pontuações dos itens não deve ultrapassar 100 pontos. Você pode usar pontuação “0” (indiferente) e pontuação negativa, caso considere que algum item atrapalhou sua aprendizagem.

	Pontos
a. Tarefas de Leitura	
b. Discussão sobre as respostas da Tarefa de Leitura	
c. Discussão inicial feita pelo professor para introduzir o objetivo do Episódio de Modelagem	
d. Planejamento da atividade realizada pelo grupo	
e. Análise dos dados coletados	
f. Preparação para apresentação	
g. Discussão final gerada pelas apresentações dos grupos	
h. Uso dos Quadros Brancos	
i. Apresentação final do professor, com possíveis respostas ao Episódio de Modelagem	
j. Elaboração do relatório	
k. Correções e comentários nos relatórios	

Espaço para comentários sobre a pontuação:

- 5) Pensando em aplicações futuras da metodologia de ensino empregada neste semestre o que você pensa que poderia ser feito para melhorá-la?
- 6) Você recomendaria a um colega cursar a disciplina de Física Experimental II com a mesma metodologia de ensino usada neste semestre? Comente sua resposta.

<sup>12</sup> Questionário construído a partir dos questionários de Heidemann (2015) e Oliveira (2016).

7) Por favor, comente qualquer ponto que você considere relevante e não tenha sido abordado nas questões anteriores.

Por favor, classifique o quanto você acredita que é capaz de fazer cada uma das atividades descritas nas sentenças de 8 a 28, escrevendo um número adequado de acordo com a escala apresentada. Você deverá atribuir um valor para o início do semestre e para o final, tendo em vista sua experiência na disciplina de Física Experimental II.

*Avalie seu grau de confiança registrando um número de 0 a 10, utilizando a escala dada abaixo:*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Não me considero capaz de					Considero-me parcialmente capaz de	Considero-me totalmente capaz de				

	Confiança (0 a 10)	
	Início do semestre	Final do semestre
8) aprender conceitos de física		
9) explicar conceitos de física para meus colegas de forma que eles entendam		
10) resolver questões conceituais de física		
11) aplicar um conceito de física em diferentes situações		
12) resolver problemas de física		
13) articular os conceitos físicos necessários para resolver um problema		
14) interpretar problemas de física		
15) relacionar conceitos de física com atividades experimentais		
16) avaliar se um modelo científico é adequado para descrever os dados experimentais obtidos		
17) realizar a montagem dos experimentos sem seguir roteiros fechados		
18) delinear o arranjo experimental a ser usado em uma prática de laboratório		
19) analisar e interpretar os dados obtidos nas atividades do laboratório		
20) escolher os instrumentos de medida mais adequados para serem usados em uma investigação experimental		
21) avaliar se os dados experimentais analisados estão em acordo ou não com as previsões dos modelos científicos		
22) explicar, para os meus colegas, os procedimentos necessários para resolver um problema		
23) trabalhar em grupo		
24) em uma discussão, ouvir a opinião dos colegas, mesmo quando considero que estou certo		
25) em trabalhos/tarefas em grupo, contribuir positivamente para as discussões		

26) em atividades em grupo, encorajar meus colegas a participarem das discussões		
27) durante atividades em grupo, ser flexível diante de conflitos e discordâncias		
28) em atividades em grupo, expor minhas dificuldades e dúvidas aos meus colegas		

29) Você acredita que a disciplina, da maneira que foi trabalhada, contribuiu para o desenvolvimento de algum aspecto que não foi mencionado nos itens 8 a 28. Em caso positivo, qual (is)?

30) Neste espaço, você pode fazer comentários que esclareçam as suas respostas e/ou comentar sobre algo que julgue pertinente.

31) Baseado nas suas experiências nesta disciplina, liste e discuta aquelas que você julga ter impactado o quanto você se sente capaz de realizar atividades experimentais, aprender física e trabalhar colaborativamente.

## **Apêndice C: Roteiro para entrevista semiestruturada.**

### **ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA**

#### **EM:**

- 1) De modo geral, comente um pouco sobre a sua experiência na disciplina de Física Experimental II. Quais as suas impressões?
- 2) Neste semestre, nós trabalhamos de uma maneira diferenciada. Comparado a outros semestres (outras disciplinas de Física Experimental), como você avalia essa mudança? Por quê?

#### **Trabalho em grupo:**

- 3) De modo geral, fale sobre a sua experiência com o trabalho em grupo durante a disciplina.

#### **Atitudes:**

- 4) Nos questionários, você demonstrou uma mudança quanto aos seus sentimentos quanto a *aprender física/realizar atividades experimentais/em trabalhar colaborativamente*. Comente sobre as possíveis causas desta mudança.

#### **Autoeficácia:**

- 5) Nos questionários, você mostrou uma variação em suas crenças na capacidade de *aprender física, realizar atividades experimentais e em trabalhar colaborativamente*. Cite possíveis fatores e/ou situações que contribuíram para essa variação.

#### **Pergunta final:**

- 6) Você recomendaria a um colega fazer essa disciplina em uma futura edição dela, que continuasse a trabalhar com EM? Por quê?

**Apêndice D: Termo de consentimento informado e esclarecido.**

**TERMO DE CONSENTIMENTO**

Eu, \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, aluno(a) da disciplina Física Experimental II - A, 201\_/1, oferecida pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, declaro por meio deste termo que me voluntario a participar da coleta de dados da pesquisa científica sobre a metodologia de ensino empregada na disciplina. A pesquisa será realizada pelo aluno de mestrado Felipe Ferreira Selau, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação dos professores Ives Solano Araujo e Eliane Angela Veit. 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 na disciplina. 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, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_.

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

\_\_\_\_\_  
Eliane Angela Veit

\_\_\_\_\_  
Felipe Ferreira Selau

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

## 9. ANEXOS

Nas seções seguintes apresentamos alguns materiais utilizados nesse estudo ao longo da disciplina de Física Experimental II – A. Todos os anexos aqui listados estão disponíveis na tese de Heidemann (2015).

### **Anexo A: Tarefa de Leitura correspondente ao primeiro episódio de modelagem.**

#### **Tarefa de Leitura para o Episódio de Modelagem “Pêndulos”**

Nas duas próximas semanas vocês trabalharão em um episódio de modelagem sobre oscilações mecânicas. Para isso será importante que vocês façam a seguinte Tarefa de Leitura:

**I)** Leiam a seção 15-6 do volume 2 do livro *Fundamentos de Física*, de *Halliday, Resnick e Walker* (Rio de Janeiro, Editora LTC, 8ª Ed., 2009, p. 95).

**II)** Respondam às seguintes questões:

1) Tendo em vista o modelo de pêndulo simples, explique **qualitativamente** a evolução temporal dos seguintes **vectores**. Se necessário, **use gráficos e/ou diagramas para esclarecer seu raciocínio**.

a) aceleração angular do corpo suspenso;

b) torque realizado pela força peso em relação ao ponto de sustentação do pêndulo;

c) força tensora no fio de sustentação;

d) força resultante sobre o corpo suspenso.

2) 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.

Escreva suas respostas em um arquivo de texto (e.g. doc, docx, ou odt), acrescentando seu nome e a sua turma no cabeçalho.

Na página do Moodle na disciplina haverá uma seção apropriada para o envio deste arquivo. **A postagem dele deverá ser feita até as 22h do dia 08/03/2016 (terça-feira).**

**Anexo B: Protocolo de avaliação dos episódios de modelagem.**

**Protocolo de avaliação de relatórios experimentais**

<b>Aspecto</b>	<b>Critério de Avaliação do Relatório</b>	<b>Avaliação do professor</b>
Objetivo da atividade	Relaciona o objetivo da atividade com um modelo teórico.	
	Faz referência somente a grandezas, objetos, relações teóricas ou eventos físicos previamente definidos no relatório.	
Referencial Teórico	Explicita as aplicações de leis e/ou princípios de uma teoria geral na situação física investigada, construindo um modelo teórico <sup>13</sup> adequado para o experimento realizado.	
	Não apresenta erros conceituais.	
	Ressalta as implicações das simplificações da realidade consideradas durante a aplicação das leis e/ou princípios de uma teoria geral à situação física investigada.	
	Explicita os objetos reais do experimento realizado que são considerados no modelo teórico adotado, não confundindo objetos com as grandezas utilizadas para representar suas propriedades.	
Procedimento experimental	Explicita as grandezas que foram medidas.	
	Explicita os instrumentos de medida utilizados.	
	Explicita o arranjo experimental utilizado.	
	Explicita o evento físico investigado.	
	Explicita procedimentos tomados para se controlar variáveis, ou seja, procedimentos realizados para que os fatores desprezados pelo modelo teórico adotado influenciem minimamente os dados experimentais.	
Apresentação e análise dos dados experimentais	Explicita como o modelo teórico adotado dirigiu a análise dos dados experimentais.	
	Utiliza ferramentas de representação (gráficos, tabelas, figuras pictóricas, etc.) para representar os dados coletados experimentalmente de forma adequada (e.g., explicita as grandezas representadas nos eixos dos gráficos, escolhe escalas adequadas para tais eixos, etc.).	
	Interpreta as representações apresentadas corretamente.	
	Explicita corretamente as incertezas de medida relacionadas com as imprecisões dos instrumentos de medida utilizados.	
	Calcula corretamente as incertezas propagadas das imprecisões intrínsecas dos instrumentos de medida utilizados.	

13 Nos casos em que são utilizados mais de um modelo teórico no delineamento e na análise dos experimentos, os critérios de avaliação devem ser adequados a todos modelos teóricos utilizados.

<b>Aspecto</b>	<b>Critério de Avaliação do Relatório</b>	<b>Avaliação do professor</b>
	Interpreta as incertezas de medida dos dados coletados experimentalmente, utilizando o número adequado de algarismos significativos para representá-los.	
	Ressalta as principais fontes de incerteza relacionadas com a imprecisão dos instrumentos de medida utilizados.	
	Ressalta as consequências das simplificações consideradas no modelo teórico adotado que não foram completamente respeitadas no experimento.	
Conclusões	Avalia o modelo teórico adotado no experimento.	
	Apresenta somente conclusões que contam com amparo de evidências experimentais.	
	Analisa as possíveis contribuições dos resultados experimentais para a resolução do problema que norteou a investigação realizada.	
Redação	Não apresenta erros ortográficos ou gramaticais.	
	Não apresenta frases cuja falta de clareza comprometem a sua compreensão.	
	Está estruturado em seções divididas apropriadamente.	

Comentários:

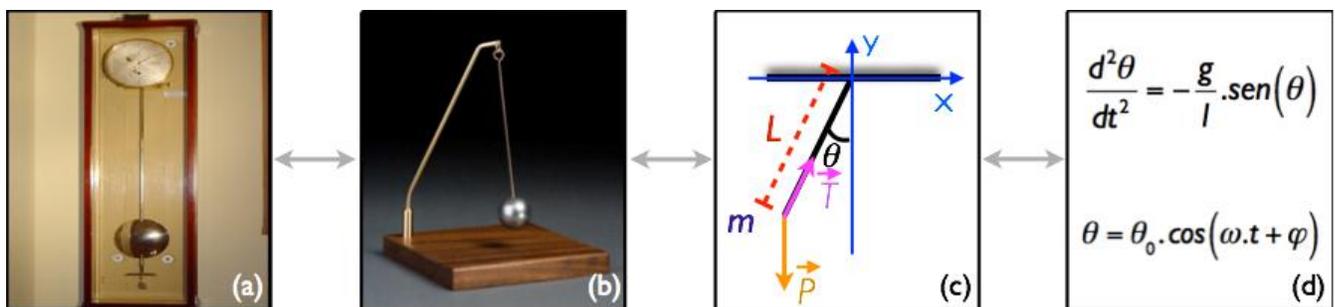
## Anexo C: Guia de atividades para o episódio de modelagem sobre pêndulos.

### 1º Episódio de Modelagem: Pêndulos

O que a procura por petróleo no solo, a mensuração da latitude de um ponto no planeta e a medida de um intervalo do tempo têm em comum? Tal pergunta, que pode parecer um tanto sem sentido em um primeiro momento, tem resposta: todos esses processos podem ser realizados com o uso de pêndulos específicos!

Por meio da gravimetria, método utilizado para se medir pequenas variações do campo gravitacional terrestre, geofísicos podem inferir a presença de formações rochosas curvas no subsolo, o que pode ser um indício da presença de petróleo. Essas pequenas variações no campo gravitacional podem ser detectadas com o auxílio de pêndulos. Já a mensuração da latitude de um ponto na Terra pode ser medida com pêndulos de Foucault, que são grandes pêndulos que alteram suas direções de oscilação na medida em que a Terra rotaciona. Por fim, o fato de que as oscilações de um pêndulo serem praticamente isócronas para pequenas amplitudes o torna um instrumento interessante para se fazer medidas de intervalo de tempo.

A relevância dos pêndulos fez com que os cientistas procurassem construir representações que descrevessem seus comportamentos. Essas representações podem ser muito complicadas, relacionando muitas grandezas em complexos modelos matemáticos. Talvez o mais modesto desses modelos é o modelo de pêndulo simples. Apesar de nele serem consideradas uma série de simplificações da realidade, ele é capaz de descrever com razoável precisão o comportamento de diversos pêndulos reais. Além disso, a compreensão de pêndulos mais simples pode nos auxiliar na compreensão de pêndulos mais complicados. Tal fato é ilustrado na Figura 01.



**Figura 01** – A compreensão do funcionamento de um relógio de pêndulo (a) é facilitada pelo entendimento do comportamento de um corpo pequeno que oscila suspenso por um fio leve e pouco elástico (b). Esse pêndulo pode ser conceitual e qualitativamente descrito pela representação de pêndulos simples (c), e quantitativamente descrito, com certo grau de precisão, pelo modelo matemático (d).

## **Episódio de Modelagem**

Cabe reiterar, no entanto, que no modelo de pêndulo simples, assim como em qualquer modelo científico, são consideradas diversas simplificações da realidade, o que limita o seu poder preditivo sobre pêndulos reais. Frente a tal fato, podemos nos perguntar: Até que ponto podemos considerar as dimensões do corpo suspenso em um pêndulo real desprezível de modo que podemos usar o modelo de pêndulo simples para representá-lo? Até que ponto podemos considerar que a amplitude de um pêndulo real é pequena? Até que ponto a força de arrasto com o ar influencia no período de um pêndulo real? Quando podemos dizer que a massa do fio de sustentação é desprezível?

Nesta tarefa exploraremos o contexto de validade do modelo de pêndulo simples. Para isso, queremos que vocês explorem os limites nos quais a diferença entre o período predito pelo modelo de pêndulo simples e o medido com um pêndulo real é menor do que 5%. Sugerimos três experimentos distintos para o desenvolvimento dessa investigação. São eles:

### **Experimento 1**

Avalie o quanto a amplitude de oscilação de um pêndulo real influencia no seu período. Para isso, construa um pêndulo e meça o seu período diversas vezes utilizando amplitudes iniciais diferentes em cada uma das medidas.

### **Experimento 2**

Avalie a influência das dimensões do corpo suspenso sobre o período de pêndulos reais comparando o diâmetro do corpo que oscila com o comprimento do fio que o sustenta. Para isso, meça o período de um pêndulo diversas vezes utilizando comprimentos do fio de sustentação distintos em cada uma das medidas.

### **Experimento 3**

Avalie a influência da força resistiva do ar sobre o período de pêndulos reais. Para isso, meça o período de um pêndulo diversas vezes utilizando corpos suspensos com distintas dimensões. As dimensões dos corpos suspensos podem ser modificadas revestindo-os com bolas de isopor leves.

## **Atividade experimental**

Delineie um experimento para realizar com o intuito de avaliar os limites nos quais a diferença entre o período predito pelo modelo de pêndulo simples e o medido com pêndulos reais é menor do que 5%. Você tanto pode desenvolver uma das três propostas apresentadas quanto confeccionar outro delineamento experimental. Para isso, registre suas respostas às *Questões Norteadoras para o Desenvolvimento de Experimentos* no seu caderno de laboratório.

## Exercício Final

Ao término da sua investigação, responda as questões do problema abaixo.

Um engenheiro pretende dimensionar o cabo de sustentação de uma bola de destruição. Para isso, ele precisa de uma estimativa da máxima força necessária para sustentar a bola oscilante. Com o objetivo de realizar uma primeira avaliação, o profissional decidiu utilizar o modelo teórico de pêndulo simples para analisar o comportamento da bola de destruição. Responda as seguintes questões sobre essa análise:



- 1) Que objetos da realidade são considerados?
- 2) Que simplificações da realidade são consideradas?
- 3) Que grandezas são importantes na avaliação do engenheiro?
- 4) Represente por meio de uma ferramenta de representação o evento físico analisado pelo engenheiro.
- 5) Que relação matemática permitirá se avaliar a tensão máxima exercida sobre o cabo de sustentação da bola de destruição? Explique-a partindo da mecânica newtoniana e destacando as simplificações da realidade que foram consideradas nesse modelo?
- 6) Estime valores razoáveis para as grandezas relevantes para o problema sobre o movimento da bola de destruição e avalie a tensão que o cabo de sustentação dela precisa suportar.

## PARA LER!

Para que fazemos experimentos? Para comprovar teorias? Para encontrar regularidades no mundo físico? Para testar modelos científicos? Essas questões não são triviais e muitos filósofos já dedicaram muito dos seus tempos para refletirem sobre elas. Para nós também refletirmos um pouco, queremos que você estude dois capítulos que estão presentes no material utilizado na disciplina Física Experimental – I. São eles: i) Crítica à crença na comprovação científica (p. 45-53), e ii) Da comprovação à modelagem científica (p. 55-64). O material está disponível em [http://www.if.ufrgs.br/cref/labmecanica/Lima\\_Jr\\_et\\_al\\_2013.pdf](http://www.if.ufrgs.br/cref/labmecanica/Lima_Jr_et_al_2013.pdf).

**LEIA MAIS!**

Borges, E. & Braga, J. P. (2010). O efeito de coriolis: de pêndulos a moléculas. *Química Nova*, 33(6), p. 1416-1420.

Carvalho, E. P. (1994). Como se encontra petróleo? *Super Interessante*. Disponível em: <http://super.abril.com.br/cotidiano/como-se-encontra-petroleo-441045.shtml>. Acesso em: 20/02/2014.

Pook, L. P. (2011). *Understanding pendulums: A brief introduction*. New York: Springer.

Silveira, F. L. (1986). Estudo empírico da relação entre o período e a amplitude de um Pêndulo Simples. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 3(3), p. 134-137.

Silveira, F. L. & Ostermann, F. (2002). A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(especial), p. 7-27.

## Anexo D: Guia de atividades para o episódio de modelagem sobre oscilações amortecidas.

### 2º Episódio de Modelagem: Sistema Automotivo de Suspensão Amortecida

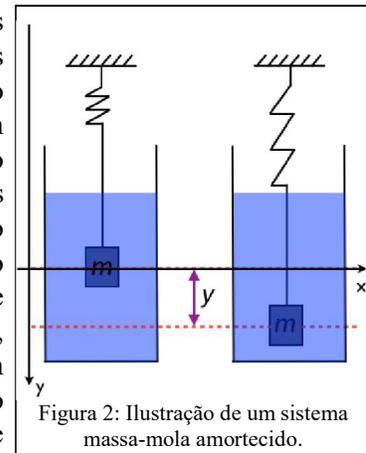
Que características devem ter os componentes do sistema de suspensão amortecida de um automóvel? Como essas características influenciam esse sistema? Do que dependem essas características? A resposta para essas questões pode envolver conhecimentos bastante avançados. Uma rápida pesquisa na internet evidencia que os sistemas de suspensão automotivos atuais são altamente complexos, e que a modelagem desses sistemas envolve extensos equacionamentos matemáticos com muitas variáveis e diversas dimensões. No entanto, quando queremos entender ao menos os aspectos básicos do sistema de suspensão amortecida de um automóvel, podemos criar e investigar uma situação física mais simples, e é isso que será realizado nesta atividade.

Frequentemente, cientistas constroem aparatos experimentais simples com o objetivo de investigar sistemas reais mais complexos. Assim ocorre quando, por exemplo, um físico produz em laboratório centelhas com um gerador elétrico em um ambiente controlado com o objetivo de investigar o comportamento de raios na atmosfera terrestre. Já o estudo dos pêndulos que utilizamos nos experimentos do primeiro episódio de modelagem possibilita que entendamos com mais clareza o funcionamento de equipamentos de gravimetria, de relógios de pêndulo, de pêndulos de Foucault, etc. Da mesma forma, podemos construir aparatos experimentais que nos permitem investigar o funcionamento de sistemas de suspensão automotivos em laboratório. Evidentemente, a complexidade desses aparatos pode variar muito dependendo das questões que o cientista precisa responder e de aspectos relacionadas com a infraestrutura disponível para ele. Um desses arranjos consiste em um corpo suspenso por uma mola que oscila imerso em um fluido. A Figura 1 ilustra esse arranjo experimental.

Admitindo-se uma série de simplificações e utilizando as leis da Mecânica Newtoniana, a evolução temporal da posição  $y$ , indicada na Figura 1, de um corpo que oscila em um sistema massa-mola amortecido pode ser representada matematicamente por:

$$y(t) = A \cdot e^{-\frac{b}{2m}t} \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi),$$

onde  $A$  é a amplitude do movimento do corpo,  $m$  é a massa do corpo suspenso,  $\omega$  é a frequência angular do movimento oscilatório,  $\phi$  é uma constante de fase e  $b$  é uma constante de proporcionalidade entre a velocidade em relação ao fluido e a força resistiva ou de arrasto que age no corpo. A constante  $b$  depende de uma série de fatores dentre os quais se destacam o formato do corpo e a viscosidade do fluido.



## Episódio de Modelagem

Inicialmente, responda à seguinte questão.

**1)** De que modo o movimento de um corpo que oscila suspenso por uma mola e imerso em um líquido viscoso nos auxilia a compreender o sistema de amortecimento de um automóvel? Explícite em sua resposta os pontos comuns a ambos os sistemas físicos.

### Atividade Experimental

Neste episódio de modelagem, investigaremos o comportamento de um corpo que oscila imerso em um fluido e suspenso a uma mola com o objetivo de se compreender os aspectos básicos do comportamento de sistemas de suspensão automotivos. Para isso, avaliaremos a influência do uso de diferentes corpos suspensos, diferentes fluidos e diferentes molas no movimento de corpos que oscilam imersos em um fluido suspensos por molas. Em suma, para ampliar sua compreensão sobre sistemas de amortecimento automotivos, queremos que nessa atividade você delinear um experimento com o objetivo de avaliar a adequação do modelo teórico de sistema massa-mola para representar o movimento de corpos que oscilam suspensos por molas e imersos em fluidos. Portanto, a atividade envolverá experimentos com o objetivo de medir a constante de amortecimento  $b$  e a constante elástica  $k$  desses sistemas. Abaixo, apresentamos três experimentos que serão utilizados nesta atividade.

#### Experimento 1

Avalie a influência do fluido sobre o movimento do corpo que oscila no seu interior. Para isso, meça constantes de amortecimento de um mesmo corpo que oscila preso a uma mesma mola imerso em diferentes fluidos.

#### Experimento 2

Avalie como a constante elástica da mola na qual o corpo está preso influencia no seu movimento no interior de um fluido. Para isso, meça o tempo de oscilação de um corpo que oscila em um fluido suspenso por diferentes molas com constantes elásticas  $k$  conhecidas.

#### Experimento 3

Avalie como uma característica do corpo oscilante (e.g., sua massa ou seu formato) influencia no seu movimento. Para isso, meça o tempo de oscilação de diferentes corpos que oscilam em um mesmo fluido suspensos por uma mesma mola.

Cada grupo deverá realizar, no mínimo, dois experimentos: i) o Experimento 1; e ii) um entre os Experimentos 2 e 3 à escolha dos integrantes dos grupos. Destacamos que, para a condução desses experimentos, o uso do *software* Tracker é uma boa alternativa. Ressaltamos ainda que as *Questões Norteadoras para o Desenvolvimento de Experimentos* deverá guiar novamente sua atividade.

Ao término da sua investigação, responda à questão abaixo.

**2)** Após a realização da sua investigação, o que você pode concluir sobre as características de um bom sistema de amortecimento automotivo? Utilize um *software* (e.g., Excel, Modellus, uma simulação computacional) para simular dados teóricos partindo do modelo teórico de sistema massa-mola e avalie suas conclusões.

### Exercício Final

Alguns praticantes de *bungee jumping* saltam de grandes alturas pendurados por cordas elásticas. Durante esses saltos, antes de pararem completamente, esses aventureiros oscilam durante alguns segundos. Suponha que você queira construir um modelo teórico para estudar o movimento dos praticantes de *bungee jumping* nos seus saltos.

- 3) Que objetos da realidade precisariam ser considerados no seu modelo?
- 4) Que simplificações da realidade seriam consideradas?
- 5) Represente o evento físico estudado usando equações, gráficos, representações pictóricas, etc..
- 6) Descreva em palavras a evolução temporal da velocidade e da aceleração do indivíduo no *bungee jumping*. Se necessário, utilize também equações e/ou representações gráficas.

**LEIA MAIS!**

Silveira, F. L. (2011). Potência de tração de um veículo automotor que se movimenta com velocidade constante. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(1), p. 1-7.

Silveira, F. L. (2013). Frenagem de um projétil em um meio fluido: “Qual seria a distância, dentro da água, percorrida por um projétil calibre .50 com massa de 50 g e velocidade de 850 m/s?”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(1), p. 156-164.

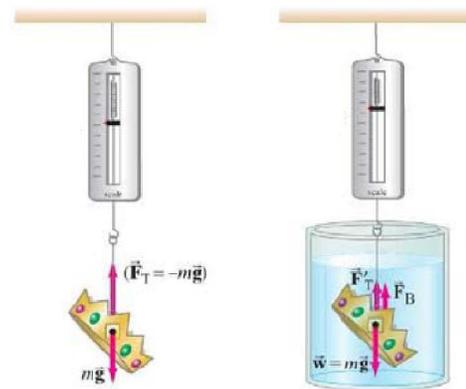
Silveira, F. L. (Submetido). Velocidade das pedras de granizo. *Caderno Brasileira de Ensino de Física*, p. 1-10.

Werlang, R. B. & Silveira, F. L. (2013). A Física dos pneumáticos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(3), p. 614-627.

## Anexo E: Guia de atividades para o episódio de modelagem sobre Arquimedes e a Coroa do Rei.

### 3º Episódio de Modelagem: Arquimedes e a Coroa do Rei

Diz a lenda que Arquimedes, a mando do rei Hieron II de Siracusa, teria concluído que a coroa real, supostamente produzida apenas com ouro puro, continha uma parcela de prata em sua composição. “A lenda afirma que Arquimedes teria notado que transbordava uma quantidade de água da banheira, correspondente ao seu próprio volume, quando entrava nela e que, utilizando um método semelhante, poderia comparar o volume da coroa com os volumes de iguais pesos de prata e ouro: bastava colocá-los em um recipiente cheio de água, e medir a quantidade de líquido derramado. Feliz com essa fantástica descoberta, Arquimedes teria saído correndo nu pelas ruas gritando ‘euréka!’ (em grego: ‘evidentemente!’)” (Martins, 2000, p. 115). No entanto, a veracidade de tal relato é profundamente questionada por historiadores da Ciência. De maneira distinta, alguns livros de Física (e. g., Giancoli, 2009) sugerem que Arquimedes investigou a coroa do rei Hieron II utilizando outro método. Como é ilustrado na Figura 1, o cientista teria suspenso a coroa em um dinamômetro e comparado a leitura do instrumento quando a coroa estava no ar com a sua leitura quando a coroa estava imersa na água. Métodos semelhantes a esse são utilizados até hoje em bons laboratórios de Física para se avaliar a composição de objetos. Neste episódio de modelagem, avaliaremos esses dois métodos de medida supostamente utilizados por Arquimedes, analisando suas precisões assim como a plausibilidade de que, utilizando tais métodos, Arquimedes tenha efetivamente aferido a composição da coroa do rei Hieron II.



**Figura 1:** Ilustração de um dos métodos supostamente utilizado por Arquimedes para avaliar a composição da coroa do rei Hieron II (Giancoli, 2009, p. 350).

#### Episódio de Modelagem

Os debates promovidos no episódio de modelagem “Pêndulos” evidenciaram que todos os modelos teóricos da Física pressupõem simplificações dos eventos físicos que eles representam. Esse fato explica parcialmente os motivos pelos quais sempre existirão diferenças entre as previsões dos modelos teóricos e dados coletados experimentalmente. Já no episódio de modelagem “Sistema de Amortecimento Automotivo” foi destacado que os experimentos realizados nos laboratórios envolvem, em maior ou menor nível, o estudo de situações “artificiais”, ou seja, de eventos controlados construídos a partir de um modelo teórico de referência com o intuito de representarem eventos mais complicados. Neste episódio de modelagem, evidenciaremos as relações entre dois aspectos do trabalho experimental: métodos de coleta de dados e análises de dados. Por meio do estudo da história de Arquimedes na busca pela composição da coroa do rei, demonstraremos que diferentes métodos experimentais podem ser utilizados com o intuito de se medir uma mesma grandeza física, e que cada um desses métodos envolve: i) diferentes instrumentos que implicam em distintas fontes de incerteza que influenciam a precisão das medidas realizadas; e ii) diferentes análises suportadas por distintos modelos teóricos que pressupõem diferentes simplificações

do evento físico investigado. As possíveis conclusões decorrentes de qualquer experimento dependem fortemente desses dois fatores, e esse é um aspecto crucial da investigação que realizaremos.

### **Atividade Experimental**

Nesta atividade você medirá a composição de um objeto que supostamente contém apenas chumbo e alumínio por meio de dois métodos experimentais distintos. São eles:

#### **Método 1**

Insira o objeto investigado em um recipiente com água e meça a variação do nível da água no mesmo. De posse dessa medida, da massa do objeto e da densidade do Chumbo e do Alumínio, avalie a composição do objeto.

#### **Método 2**

Suspenda o objeto investigado em um dinamômetro e registre o que é medido no instrumento quando o objeto está no ar e quando ele é imerso na água. De posse dessas medidas, da massa do objeto e da densidade do Chumbo, do Alumínio, avalie a composição do objeto.

Escolha uma das amostras disponibilizadas pelo professor e determine a sua composição duas vezes: uma utilizando o Método 1 e outra o Método 2. As *Questões Norteadoras para o Desenvolvimento de Experimentos* guiarão novamente seu trabalho. Tendo em mente que queremos avaliar os métodos supostamente utilizados por Arquimedes, ao final da análise dessas medidas, procure responder às seguintes questões com o seu experimento:

1) Considere dois corpos hipotéticos que contenham a mesma massa da amostra investigada: um composto somente por chumbo e outro somente por alumínio. Quais os volumes desses corpos, levando em conta a incerteza das suas medidas? Seus resultados permitem afirmar que o volume da amostra investigada é diferente do volume desses corpos hipotéticos? Relacione tal procedimento com a história de Arquimedes em sua busca pela verdadeira composição da coroa do rei.

2) Qual dos dois métodos utilizados é mais preciso? Algum deles poderia ter sido utilizado por Arquimedes? Por quê?

Troque sua amostra com a escolhida por outro grupo. Utilizando novamente os dois métodos de medição, avalie a composição da amostra dos seus colegas.

3) As porcentagens de chumbo e de alumínio medidas pelo seu grupo são coerentes com as medidas realizadas pelo grupo com o qual você trocou sua amostra? Lembre-se de avaliar a incerteza das medidas experimentais.

### Experimento extra!

Embaixo das balanças disponíveis no laboratório, existe um pequeno gancho onde é possível pendurar um objeto e medir sua massa. Suspenda a sua amostra nesse gancho e organize seu aparato experimental de modo que a amostra suspensa fique dentro de um recipiente com água que, por sua vez, precisa estar localizado em cima de uma balança. A Figura 2 ilustra tal situação.

4) Construa um diagrama de forças para o sistema composto pelas duas balanças, pelo recipiente com água e pela amostra quando os mesmos estão dispostos como na Figura 2.

5) O que é medido pela balança superior?

6) O que é medido pela balança inferior?

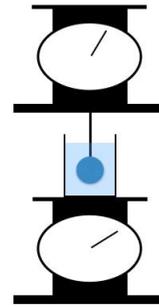


Figura 2 – Ilustração do aparato experimental construído para o experimento extra.

### LEIA MAIS!

Giancoli, D. C. (2009). *Physics for Scientists & Engineers*. 4ª ed. Upper Saddle River: Prentice Hall.

Martins, R. A. (2000). Arquimedes e a coroa do rei: Problemas históricos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 17(2), p.115-121.

Silveira, F. L. & Medeiros, A. (2009). O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 26(2), p. 273-294.

## Anexo F: Guia de atividades para o episódio de modelagem sobre resfriamento de sistemas.

### 4º Episódio de Modelagem: Resfriamento de Sistemas

Um perito chega ao local de um crime e precisa estimar o tempo transcorrido desde o momento em que ocorreu um homicídio. O que fazer? O perito mede a temperatura da superfície corporal da vítima duas vezes: i) uma vez imediatamente ao chegar ao local do crime; e ii) outra uma hora após a primeira medida. Mas como essas informações podem auxiliar o perito a realizar a estimativa que ele deseja? Para entendermos o trabalho realizado por esse investigador, precisamos responder a seguinte questão: Como evolui a temperatura de um objeto que esfria? Uma resposta para essa pergunta pode ser obtida por meio de um modelo teórico bastante difundido no meio científico: a Lei de Resfriamento de Newton. Antes de voltarmos a tratar da investigação do perito, vamos apresentar sucintamente aqui algumas das principais características dessa lei.

A Lei de Resfriamento de Newton tem como pressuposto a hipótese de que as trocas de energia por condução, convecção e radiação  $dQ_{cond\_conv\_rad}/dt$  de um objeto com o meio que o circunda são proporcionais à diferença entre a temperatura do objeto  $T$  e a temperatura do ambiente  $T_{amb}$ , ou seja:

$$\frac{dQ_{cond\_conv\_rad}}{dt} = k.(T_{amb} - T) \quad ,$$

onde  $k$  é uma constante de proporcionalidade que depende, entre outras coisas, do material do qual o objeto é constituído. Derivadas desse pressuposto, as principais previsões da Lei de Resfriamento de Newton podem ser sintetizadas na seguinte expressão matemática:

onde  $T_0$  é a temperatura inicial do corpo e  $C$  é a capacidade térmica do objeto investigado. Dessa equação podemos inferir que a temperatura de um corpo que esfria decai exponencialmente e, como pode ser constatado na Figura 1, se iguala à temperatura do meio circundante após um intervalo de tempo suficientemente longo.

Mas como isso nos ajuda a compreender o trabalho do perito? Com os dados das duas medidas de temperatura da superfície corporal da vítima realizadas em dois momentos distintos, e da temperatura ambiente do local do

homicídio, o perito pode inferir a razão  $k/C$  que determina a taxa de resfriamento da superfície da vítima. Com esse dado e fazendo uma estimativa da temperatura do corpo do indivíduo no momento do crime (usualmente entre 36°C e 37°C), o perito pode calcular o tempo transcorrido para que a vítima varie sua temperatura desde a sua estimativa até a temperatura que ele mediu quando chegou ao local do homicídio, e assim estimar o horário em que ocorreu o crime investigado.

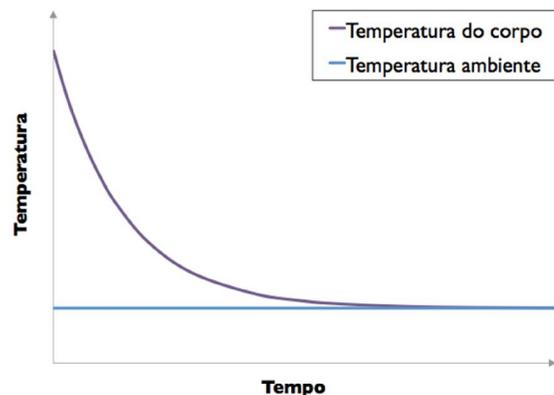
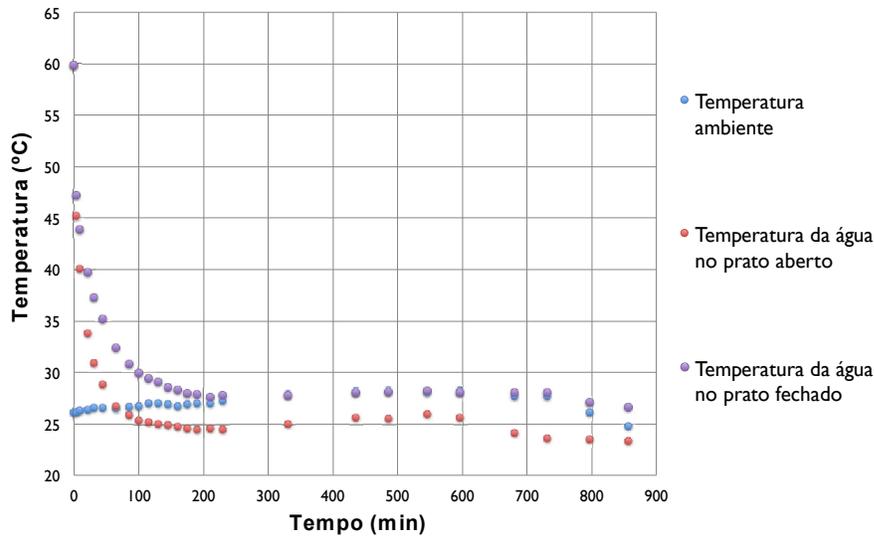


Figura 1 - Representação gráfica da Lei de Resfriamento de Newton. O corpo que esfria entra em equilíbrio térmico com o ambiente que o circunda.

## Episódio de Modelagem

As previsões decorrentes da Lei de Resfriamento de Newton, que para alguns podem parecer um tanto intuitivas, não são válidas para qualquer sistema que resfria. Como qualquer modelo científico, ela possui um domínio de validade. Vejamos um exemplo: os dados registrados no gráfico da Figura 2 representam medidas de temperatura de dois pratos cheios de água (um deles aberto e outro fechado) em função do tempo. Também é apresentada a temperatura ambiente do local onde o experimento foi realizado.



**Figura 2** – Representação gráfica da evolução temporal da temperatura da água contida em dois pratos (um aberto e um fechado) assim como da temperatura ambiente do local onde tais pratos resfriavam. A água contida no prato aberto atinge uma temperatura menor que a temperatura ambiente.

Os dados desse simples experimento evidenciam uma situação física que contradiz as previsões da Lei de Resfriamento de Newton. A temperatura da água contida no prato aberto decresce até valores abaixo da temperatura do ambiente que o circunda. Em outras palavras, esses dados evidenciam que, assim como qualquer modelo científico, a Lei de Resfriamento de Newton tem um domínio de validade, e esse domínio de validade foi extrapolado no caso do resfriamento de uma porção de água exposta ao ambiente. Por que isso ocorre?

A compreensão do resfriamento de uma porção de água exposta ao ambiente perpassa pela compreensão das trocas de energia envolvidas nesse sistema. Como já destacamos nesse guia, na Lei de Resfriamento de Newton são consideradas trocas de energia  $dQ_{cond\_conv\_rad}/dt$  por condução, convecção e radiação. No caso do resfriamento da água exposta ao ambiente, precisamos somar a essas trocas de energia um termo  $dQ_{evap}/dt$  relacionado com as perdas de energia do sistema em função da evaporação do líquido. Assim como foi feito na aula passada, quando medimos o calor latente de vaporização do nitrogênio líquido, esse termo pode ser representado matematicamente pela taxa de evaporação da água multiplicada pelo calor latente de evaporação  $c_{lat\_evap}$  da mesma. Abaixo é representada matematicamente essa modificação que expande o modelo da Lei de Resfriamento de Newton.

$$\frac{dQ_{cond\_conv\_rad}}{dt} = k \cdot (T_{amb} - T) \quad \longrightarrow \quad \frac{dQ_{cond\_conv\_rad}}{dt} + \frac{dQ_{evap}}{dt} = k \cdot (T_{amb} - T) + \frac{dm_{H_2O}}{dt} \cdot c_{lat\_evap}$$

A alteração que propomos na lei de Resfriamento de Newton faz com que ela não tenha solução analítica, ou seja, faz com que não seja possível se confeccionar uma função  $T(t)$  que nos forneça a temperatura de um líquido em qualquer tempo com base nas equações

diferenciais que representam o comportamento do sistema. Desse modo, para se produzir previsões teóricas com esse modelo modificado são necessários métodos que normalmente são emulados em computadores, o que você pode fazer usando um *software* como o Modellus, por exemplo. No entanto, mesmo sem realizarmos esse procedimento, podemos, apenas analisando o modelo, avaliar os fatores que influenciam na taxa de resfriamento de líquidos. Para facilitar essa análise, podemos explorar a equação Smith-Lof-Jones (Schouten *et al.*, 2011), que representa matematicamente um dos modelos que procura relacionar a taxa de evaporação de uma porção de água com características do meio no qual ela está contida. Ela pode ser expressa da seguinte forma:

$$\frac{dm_{H_2O}}{dt} = \frac{1000 \cdot (30,6 + 32,1 \cdot U) \cdot P_{vs} \cdot (1 - UR) \cdot A_{H_2O}}{3600 \cdot c_{lat\_evap}}$$

onde  $U$ ,  $P_{vs}$  e  $UR$  são, respectivamente, a velocidade, a pressão de vapor saturado e a umidade relativa do ar circundante,  $A_{H_2O}$  é a área exposta da água ao ar, e  $c_{lat\_evap}$  é o calor latente de evaporação da água.

Com o auxílio da equação de Smith-Lof-Jones, podemos inferir que a perda de energia de uma porção de água depende, entre outras coisas, da sua área exposta ao ambiente, da umidade relativa do ar e da velocidade do vento na sua superfície exposta ao ambiente. Nesse Episódio de Modelagem, procuraremos relacionar esses aspectos que influenciam na evaporação da água com a taxa com que ela resfia.

### Atividade Experimental

Nesta atividade você investigará como alguns fatores influenciam na evolução temporal da temperatura de uma porção de água. Você poderá optar por três linhas de investigação:

#### Investigação 1

Avalie a influência da área exposta ao ambiente na evolução temporal da temperatura de uma porção de água exposta ao ambiente.

#### Investigação 2

Avalie a influência da temperatura inicial de uma porção de água exposta ao ambiente na evolução temporal da sua temperatura.

#### Investigação 3

Avalie a influência da umidade relativa do ar na evolução temporal da temperatura de uma porção de água exposta ao ambiente.

Escolha uma das investigações sugeridas e construa experimento(s) com o objetivo de realizar inferências sobre as relações estudadas. Em paralelo, queremos que você avalie o domínio de validade da equação de Smith-Lof-Jones. Essa equação descreve bem a taxa de evaporação de um líquido? Se sim, em quaisquer condições? Procure responder essas questões na sua investigação.

Por fim, lembre-se: as *Questões Norteadoras para o Desenvolvimento de Experimentos* guiarão novamente seu trabalho nessa investigação!

### LEIA MAIS!

Besson, U. (2012). The history of the cooling law: When the search for simplicity can be an obstacle. *Science & Education*, 21(8), p. 1085–1110.

Dickman, A. G.; Dickman, R. (2007). A Lei de Resfriamento de Newton: Condução e Radiação. In: *XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física*. São Luis, Brasil.

Gesari, S.; Irigoyen, B.; Juan, A. (1996). An experiment on the liquid-vapor equilibrium of water. *American Journal of Physics*, 64(9), p. 1165-1168.

Schouten P.; Lemckert, C.; Parisi, A.; Downs, N.; Underhill, I. & Turner, G. (2011). Variable Wind Speed and Evaporation Rates: A Practical and Modelling Exercise for High School Physics and Multi-Strand Science Classes. *Teaching Science*, 57(2), p. 47-51.