

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

**CRENÇAS E ATITUDES SOBRE O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E
COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA POR PARTE DE PROFESSORES DO
ENSINO MÉDIO ***

LEONARDO ALBUQUERQUE HEIDEMANN

**Porto Alegre
2011**

* 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**

**CRENÇAS E ATITUDES SOBRE O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E
COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA POR PARTE DE PROFESSORES DO
ENSINO MÉDIO**

LEONARDO ALBUQUERQUE HEIDEMANN

PORTO ALEGRE, MARÇO DE 2011

**Dissertação realizada sob a orientação dos
professores Dr.^a Eliane Angela Veit e Dr.
Ives Solano Araujo, apresentada ao
Instituto de Física da UFRGS em
preenchimento parcial dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em Ensino de
Física.**

AGRADECIMENTO

Agradeço aos meus orientadores, Prof. Ives e Prof.^a Eliane, pelo inestimável apoio e atenção que sempre me prestaram.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| Lista de Figuras | 6 |
| Lista de Quadros | 7 |
| Lista de Tabelas | 8 |
| Resumo | 11 |
| Abstract | 12 |
| 1. Introdução | 13 |
| 2. Revisão da literatura | 19 |
| 2.1 Sobre atividades experimentais | 19 |
| 2.2 Sobre as atividades computacionais | 21 |
| 2.3 Integração de atividades computacionais com atividades experimentais | 25 |
| 3. Referenciais Teóricos e Metodológicos | 30 |
| 3.1 A metodologia de estudo de caso na concepção de Robert Yin | 30 |
| 3.2 A modelagem científica de Mario Bunge | 33 |
| 3.2.1 A modelagem científica e combinações entre atividades computacionais e atividades experimentais | 36 |
| 3.3 A Teoria do Comportamento Planejado (TCP) de Icek Ajzen | 37 |
| 3.3.1 Atitude: um construto multidimensional..... | 39 |
| 3.3.2 Comportamento: definição e medidas..... | 40 |
| 3.3.3 Predizendo o comportamento..... | 41 |
| 3.3.4 Determinantes das atitudes, das normas subjetivas e dos controles comportamentais percebidos | 42 |
| 3.3.5 Intervenções baseadas na TCP | 43 |
| 3.3.6 Orientações metodológicas para a TCP segundo Icek Ajzen | 44 |
| 4. Resultados e Discussões | 48 |
| 4.1 Estudo 1: Crenças e atitudes sobre o uso de AE, AC e integrações de ambas no contexto de um mestrado profissional | 48 |
| 4.1.1 Integrantes do estudo | 48 |
| 4.1.2 Instrumento de coleta de dados | 48 |
| 4.1.2 Resultados | 50 |

| | |
|---|------------|
| 4.2 Estudo 2: Crenças e atitudes sobre o uso de AE, AC e integrações de ambas no contexto de um curso de especialização a distância | 62 |
| 4.2.1 Integrantes do estudo | 62 |
| 4.2.2 Instrumento de coleta de dados | 62 |
| 4.2.3 Resultados | 67 |
| 4.3 Estudo 3: Aplicação da TCP para compreender as crenças e atitudes de professores de Física sobre o uso de AE, AC e integrações de ambas..... | 80 |
| 4.3.1 Integrantes do Estudo | 80 |
| 4.3.2 Instrumento de coleta de dados | 81 |
| 4.3.3 Resultados sobre o uso de atividades experimentais | 91 |
| 4.3.4 Resultados sobre o uso de simulações computacionais | 99 |
| 5. Considerações Finais..... | 108 |
| 6. Referências..... | 113 |
| APÊNDICE A..... | 120 |
| APÊNDICE B | 128 |
| APÊNDICE C..... | 132 |

Lista de Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1 – Os modelos podem ser concebidos como os mediadores entre as teorias, a realidade e as simulações computacionais. | 36 |
| Figura 2 – Preditores das intenções comportamentais sobre o uso de atividades experimentais para fins didáticos no ensino de Física..... | 97 |
| Figura 3 – Preditores das intenções comportamentais sobre o uso de atividades computacionais para fins didáticos no ensino de Física. | 105 |

Lista de Quadros

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Síntese das vantagens e limitações do uso de atividades experimentais..... | 22 |
| Quadro 2 – Síntese das vantagens e limitações do uso de atividades computacionais. | 25 |
| Quadro 3 – Síntese das formas de integração utilizadas nas mais recentes pesquisas..... | 28 |
| Quadro 4 – Síntese das vantagens e limitações do uso integrado de atividades experimentais e atividades computacionais. | 29 |
| Quadro 5 – Exemplos de situações modeladas em Física (BRANDÃO, 2008, inspirado em BUNGE, 1994)..... | 35 |
| Quadro 6 – Respostas usadas para inferir atitudes (AJZEN, 1991a, p. 5)..... | 39 |
| Quadro 7 – Vantagens atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 1 ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram..... | 56 |
| Quadro 8 – Limitações atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 1 ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram..... | 58 |
| Quadro 9 – Vantagens atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 1 ao uso de AC para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram..... | 58 |
| Quadro 10 – Limitações atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 1 ao uso de AC para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram..... | 59 |
| Quadro 11 - Proposições utilizadas no questionário do Estudo 1 modificadas para o questionário do Estudo 2 e os motivos para tais alterações. | 65 |
| Quadro 12 – Vantagens atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 2 ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram..... | 69 |
| Quadro 13 – Limitações atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 2 ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram..... | 70 |
| Quadro 14 – Vantagens atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 2 ao uso de AC para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram..... | 71 |
| Quadro 15 – Limitações atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 2 ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram..... | 72 |

Lista de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Para cada uma das afirmativas do questionário do Estudo 1 (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (Concordo Fortemente, Concordo, Indeciso ou sem opinião, Discordo, e Discordo Fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF)..... | 51 |
| Tabela 2 – Para as questões relativas à frequência com que os respondentes do Estudo 1 usam AE e AC em suas aulas ou durante as suas formações docentes (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais. | 60 |
| Tabela 3 – Para as questões sobre a qualidade dos laboratórios de Física e de Informática das instituições onde lecionam (primeira coluna), número de respondentes do Estudo 1 e respectivos percentuais para os diferentes níveis de qualidade (muito bom, razoável, ruim e não há laboratório)..... | 60 |
| Tabela 4 – Para as questões sobre a contribuição das AE e das AC em suas formações docentes (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para os diferentes níveis de contribuição (grande, razoável, nenhum e não sei responder)..... | 60 |
| Tabela 5 – Para cada uma das afirmativas do questionário utilizado no Estudo 2 (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF). | 73 |
| Tabela 6 – Para as questões relativas à frequência com que os respondentes do Estudo 2 usam AE e AC em suas aulas ou durante as suas formações docentes (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais. | 78 |
| Tabela 7 – Para as questões sobre a qualidade dos laboratórios de Física e de Informática das instituições onde lecionam (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para os diferentes níveis de qualidade (muito bom, razoável, ruim) e não há laboratório..... | 78 |
| Tabela 8 – Para as questões sobre a contribuição das AE e das AC em suas formações docentes (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para os diferentes níveis de contribuição (grande, razoável, pequena, nula, não utilizou)..... | 79 |
| Tabela 9: Grau de escolaridade dos respondentes do Estudo 3..... | 80 |
| Tabela 10: Nível de ensino em que os respondentes do Estudo 3 ministram suas aulas. | 81 |
| Tabela 11: Tipos de instituição em que os respondentes do Estudo 3 atuam..... | 81 |
| Tabela 12 – Para cada uma das crenças comportamentais salientes sobre o uso de AE identificadas no Estudo 2 (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para o momento em que foram formadas (ou não) tais crenças pelos integrantes do estudo..... | 83 |

| | |
|---|----|
| Tabela 13 – Para cada uma das crenças comportamentais salientes sobre o uso de AC identificadas no Estudo 2 (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para o momento em que foram formadas (ou não) tais crenças pelos integrantes da pesquisa... | 86 |
| Tabela 14 – Para cada crença comportamental relacionada ao uso de AE no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF). | 92 |
| Tabela 15 – Para cada consequência das crenças comportamentais relacionadas ao uso de AE no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de importância (fundamental, muito importante, importante, pouco importante, e desnecessário cujas abreviaturas são, respectivamente F, MI, I, PI e D)..... | 92 |
| Tabela 16 – Para cada característica atribuída ao uso de AE no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF). | 93 |
| Tabela 17 – Para cada referente (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada possível posição que tais indivíduos assumem frente ao uso de AE (aprovam completamente, aprovam, neutra, desaprovam, e desaprovam completamente, cujas abreviaturas são, respectivamente AC, A, N, D e DC)..... | 94 |
| Tabela 18 – Para cada referente (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada nível de influência sobre as decisões dos respondentes em suas aulas (influenciam muito, influenciam razoavelmente, influenciam pouco, e não influenciam, cujas abreviaturas são, respectivamente IM, IR, IP e NI)..... | 94 |
| Tabela 19 – Para cada crença de controle relacionada ao uso de AE no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF). | 95 |
| Tabela 20 – Para os 5 níveis de intenções comportamentais relacionadas ao uso de AE no ensino de Física, o número de respondentes e seu respectivo percentual. | 96 |
| Tabela 21 – Coeficiente de correlação de Person e significância da correlação (bicaudal) entre o sexo dos respondentes, a idade deles, o maior grau de instrução já concluído por eles, o tempo em que eles lecionam, a atitude medida por meio das crenças salientes, a norma subjetiva, o controle comportamental percebido e a intenção comportamental deles em relação ao uso de AE no ensino de Física. As abreviaturas utilizadas são S, I, GI, TL, A, CCP, NS e IC, respectivamente. | 98 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 22 – Dados referentes aos modelos de regressão linear produzidos para a previsão das intenções comportamentais do participantes do Estudo 3 sobre o uso de atividades experimentais no ensino de Física. | 99 |
| Tabela 23 – Para cada crença comportamental relacionada ao uso de AC no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF). | 100 |
| Tabela 24 – Para cada consequência das crenças comportamentais relacionadas ao uso de AC no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de importância (fundamental, muito importante, importante, pouco importante, e desnecessário cujas abreviaturas são, respectivamente F, MI, I, PI e D). | 100 |
| Tabela 25 – Para cada característica atribuída ao uso de AC no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF). | 101 |
| Tabela 26 – Para cada referente (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada possível posição que tais indivíduos assumem frente ao uso de AC (aprovam completamente, aprovam, neutra, desaprovam, e desaprovam completamente, cujas abreviaturas são, respectivamente AC, A, N, D e DC). | 102 |
| Tabela 27 – Para cada crença de controle relativa ao uso de AC no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF). | 103 |
| Tabela 28 – Para os 5 níveis de intenções comportamentais relativas ao uso de AC, o número de respondentes e seu respectivo percentual. | 104 |
| Tabela 29 – Coeficiente de correlação de Person e significância da correlação (bicaudal) entre o sexo dos respondentes, a idade deles, o maior grau de instrução já concluído por eles, o tempo em que eles lecionam, a atitude, a norma subjetiva, o controle comportamental percebido e a intenção comportamental deles em relação ao uso de AC no ensino de Física. As abreviaturas utilizadas são S, I, GI, TL, A, CCP, NS e IC, respectivamente. | 106 |
| Tabela 30 – Dados referentes aos modelos de regressão linear produzidos para a previsão das intenções comportamentais do participantes do Estudo 3 sobre o uso de atividades computacionais no ensino de Física. | 107 |

Resumo

A literatura aponta diversas vantagens para o uso de atividades experimentais (AE) e de atividades computacionais (AC) no ensino de Física. Estudos mais recentes têm concluído que a combinação desses dois recursos pode ser ainda mais eficaz do que quando usados isoladamente. No entanto, raros são os professores que exploram tais estratégias didáticas em suas aulas com frequência e de forma adequada. O objetivo geral deste trabalho é investigar as causas que levam os professores da educação básica a desprezarem as AE e as AC e a muitas vezes utilizar esses recursos de forma inadequada. Para isso, buscamos investigar quais são as principais crenças dos professores em relação a essas estratégias e seus possíveis usos combinados, assim como suas atitudes frente à aplicação dessas estratégias no ensino de Física. Resumidamente, procuramos responder às seguintes questões de pesquisa: i) Como professores da educação básica percebem e exploram as AE e as AC no ensino de Física? ii) Que vantagens e limitações são por eles apontadas quanto ao uso de tais recursos e como eles percebem suas possíveis combinações? Para responder a tais questões, adotamos a estratégia de estudos de caso amparando-nos nas orientações metodológicas de Yin e utilizamos, no último dos estudos realizados, a “Teoria do Comportamento Planejado” de Ajzen. Para a investigação, foram realizados três estudos de caso exploratórios que envolveram, respectivamente, 52 alunos de um mestrado profissional, 64 alunos de uma curso de especialização e 53 outros professores de Física em exercício. Os resultados mostraram que os docentes atribuem grande importância ao uso de AE no ensino de Física; já em relação às AC, apesar de considerarem que podem ser muito úteis, não atribuem a mesma importância do que às AE. Pode-se concluir também que, de modo geral, os professores não apresentam um sólido conhecimento sobre o uso de AE e AC, apresentando dificuldades para, principalmente, destacar suas limitações. Poucos deles percebem a necessidade de estratégias didáticas adequadas para que as AE e as AC efetivamente contribuam para a aprendizagem de Física. Em relação ao uso integrado de AE e AC, os resultados mostraram professores mais próximos do uso isolado desses recursos, defendendo que apenas um deles é suficiente para se ensinar Física, do que do uso combinado deles, explorando as vantagens de ambas estratégias didáticas.

Abstract

The literature points out several advantages to the use of experimental activities (EA) and computational activities (CA) in physics education. Recent studies have concluded that combining these two resources can be even more effective than using just one of them. However, rare are the teachers who explore such didactical strategies in their classes frequently and properly. The aim of this study is to investigate the causes that lead teachers of basic education to despise or use inappropriately EA and CA. For this, we investigated what are the main beliefs of teachers in relation to these strategies and their possible integration, as well as their attitudes to implementing these strategies in physics teaching. In short, we tried to answer the following research questions: i) How the basic education teachers perceive and explore the EA and CA in the teaching of physics? ii) What are the advantages and limitations outlined for them in the use of such resources and how they perceive their combinations? To answer these questions, we adopted the strategy of case studies grounded in the methodological framework of Robert Yin and the "Theory of Planned Behavior" of Icek Ajzen. For this investigation, there was carried out three exploratory case studies that involved, respectively, 52 students of a professional master's degree, 64 students from a specialization course and 53 other physics teachers in service. The results showed that teachers attribute great importance to the use of EA in the physics teaching; however with respect to CA they do not attribute the same importance, although they consider that CA can be very useful. We conclude also that, in a general way, teachers do not have a solid knowledge about the use of CA and EA, presenting difficulties to highlight its limitations. Few of them realize the need for appropriate teaching strategies for the EA and CA that might effectively contribute to the learning of physics. Regarding the integrated use of CA and EA, the results showed teachers closer to the isolated use of these resources, arguing that only one of them is enough to teach physics, instead of explore the advantages of combining both resources.

1. Introdução

A busca por experimentos que corroborem seus modelos teóricos sempre foi uma atividade que permeou o desenvolvimento da Física. Possivelmente em função disso a atividade experimental (AE) tem sido continuamente tratada pelos pesquisadores como algo intrínseco ao ensino de Física. Como consequência, desde as primeiras investigações produzidas na área, pesquisas sobre os efeitos de AE na aprendizagem dos alunos assumiram posição de destaque (e. g. KIEBLER & WOODY, 1923). É nesse contexto que, em meados da década de 50 do século passado, foi realizada uma das mais importantes iniciativas com o intuito de promover um ensino de Física em que o aluno aprendesse de forma ativa por meio de experiências: o *Physical Science Study Committee* (HABER-SCHAIM, DODGE, GARDNER, SHORE, & WALTER, 1971).

Embora tenha causado um grande impacto no ensino de Física e tenha produzido materiais de notável qualidade, o *Physical Science Study Committee* (PSSC) fracassou. Além de não ter entrado em ressonância com os professores, em função do seu currículo diferenciado e das dificuldades próprias da sua utilização, uma das principais críticas direcionadas ao material proposto referia-se à ideia implícita, frequentemente presente em seus textos, de que a experimentação levaria à compreensão ou até mesmo à redescoberta de leis científicas por parte dos alunos, o que hoje sabemos ser um grave equívoco epistemológico (GASPAR, 2004).

As dificuldades enfrentadas pelo PSSC evidenciaram a necessidade de que mais estudos envolvendo o uso de AE para fins didáticos fossem realizados e hoje ele é visto por diversos pesquisadores como um marco inicial da pesquisa em ensino de Física como conhecemos hoje, ou seja, fundamentada teórico-epistemologicamente (e. g. GASPAR, 2004; MOREIRA, 2004). Desde então, frente a tal contexto, muitos trabalhos foram produzidos com o intuito de avaliar o potencial das AE e grande parte deles tem concluído que existem vantagens no seu uso, destacando-se dentre elas: i) a capacidade de promover a conexão de conceitos científicos discutidos em sala de aula e em livros-texto, com observações de um fenômeno ou sistema (HODSON, 1994; HOFSTEIN & LUNETTA, 2004; SARAIVA-NEVES, CABALLERO & MOREIRA, 2006), ii) o poder de facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos (HODSON, 1994; BORGES, 2002) e iii) o potencial para promover relações sociais colaborativas (GASPAR, 2004; HOFSTEIN & LUNETTA, 2004).

Com a consolidação da área, novos campos de pesquisa em ensino de Física foram se estabelecendo. Um deles, o das investigações relacionadas aos efeitos do uso do computador

na aprendizagem dos alunos, teve no aparecimento dos computadores pessoais um aspecto crucial para sua instauração (FIOLHAIS & TRINDADE, 2003). Com a popularização deste equipamento, o número de propostas que exploram seu uso para favorecer a aprendizagem de Física cresceu em passo acelerado. Ainda que apenas uma pequena parcela delas tenha passado por uma avaliação rigorosa (ARAUJO, VEIT & MOREIRA, 2008; MOREIRA, 2004), de modo similar ao ocorrido com as AE, os trabalhos realizados com o intuito de avaliar o potencial das atividades computacionais (AC)¹ têm atribuído algumas vantagens ao seu uso, dentre as quais duas se destacam: i) a capacidade de proporcionar a interação do aluno com “experimentos virtuais”, substitutos de experimentos reais potencialmente perigosos, caros, ou que, por algum motivo, não são passíveis de reprodução em laboratório (MEDEIROS & MEDEIROS, 2002; HENNESSY, DEANEY, & RUTHVEN, 2006), e ii) a possibilidade de munir o aluno de múltiplas representações simultâneas de determinado fenômeno físico (HENNESSY, DEANEY, & RUTHVEN, 2006; BLAKE & SCANLON, 2007), facilitando a aprendizagem dos conteúdos.

Recentemente, pesquisas estão sendo desenvolvidas focando integrações de AE e AC. Apesar de alguns poucos investigadores sugerirem que apenas um desses recursos é suficiente para o ensino de Física (e. g. FINKELSTEIN ET AL., 2005; KLAHR, TRIONA, & WILLIAMS, 2007), os resultados obtidos pelas pesquisas que efetivamente têm comparado a aprendizagem de grupos que usam integrações de AE e AC com grupos que usam tais recursos isoladamente são consensuais em um ponto: a combinação desses recursos didáticos pode ser mais eficaz no ensino de Física do que o uso de apenas um deles individualmente (e. g. RONEN & ELIAHU, 2000; ZACHARIA, 2007). Isso ocorre principalmente pelo fato de que, com uma integração, é possível que o aluno usufrua das potencialidades de ambas atividades (JAAKKOLA & NURMI, 2008; ZACHARIA & ANDERSON, 2003). Hennessy, Deaney & Ruthven (2006) destacam ainda que com o uso combinado é possível se evidenciar as diferenças substanciais entre teoria e realidade.

Por meio do uso integrado é possível promover uma boa visão de ciência nos aprendizes e isso vem ao encontro do que diversos pesquisadores têm destacado como um dos aspectos centrais do ensino de Ciências (e.g. HODSON, 1994). Além disso, as pesquisas têm mostrado que existem vantagens no uso de AE e AC para fins didáticos. No entanto, o que se vê na realidade da maioria das escolas ou é o desprezo por tais recursos (RUSSELL, LUCAS

¹ Nesta dissertação subentende-se como “atividade computacional” (AC) “atividade baseada em simulação computacional”.

& MCROBBIE, 2004; SARAIVA-NEVES, CABALLERO & MOREIRA, 2006) ou ainda, um uso inadequado (HODSON, 1994; GIL PÉREZ et al., 1999; HOFSTEIN & LUNETTA, 2004), sendo necessários trabalhos de pesquisa, desenvolvimento e aplicações para que estes de fato se transformem em soluções que auxiliem o processo de ensino-aprendizagem de Física.

Em relação aos equívocos cometidos no desenvolvimento de AE, a literatura tem apontado diversos problemas que vêm se repetindo nos mais diferentes níveis de ensino. Alguns deles são: emprego de roteiros do tipo “receitas de bolo”, em que os alunos seguem os passos indicados rigorosamente, sem refletir sobre o conteúdo abordado (HODSON, 1994; HOFSTEIN & LUNETTA, 2004); emprego de roteiros excessivamente “abertos”, que promovem uma sobrecarga cognitiva nos discentes prejudicando seu aprendizado (GRANDO, KONRATH, & TAROUCO, 2003; HOLTON, 2010); ou ainda quando os alunos as percebem como eventos isolados, que têm o objetivo chegar à “resposta certa” (BORGES, 2002). É comum ainda que alguns professores promovam AE com o intuito de que seus alunos “descubram” leis físicas, o que há mais 50 anos, desde o PSSC, já era muito criticado pelos pesquisadores. Esses erros, apesar de serem bem conhecidos, agora parecem se repetir no contexto do desenvolvimento de AC hoje em dia.

Quanto ao desprezo pelas AE, é comum atribuir à falta de infraestrutura adequada como o principal motivo para isso. No entanto, estudos têm mostrado que, além disso, a falta de preparo para delinear e implementar estratégias didáticas que se valham de tal recurso é um aspecto importante que também leva os professores a desconsiderar o uso de AE em suas aulas (e.g. ZACHARIA, 2003; MARSHALL & YOUNG, 2006). No caso das AC, claramente os grandes investimentos em infraestrutura que vêm sendo realizados nos últimos anos para levar os computadores para as escolas do País, não estão sendo suficientes para promover seu uso.

Ainda que se tenham bons materiais educacionais e boas estratégias para o desenvolvimento de AE e de AC, se as atitudes dos professores frente a tais recursos didáticos não forem favoráveis, as inovações não chegarão à sala de aula. Este é o foco central do presente trabalho: investigar quais são as principais crenças e atitudes dos professores em relação às atividades experimentais, às atividades computacionais e sua integração. Com isso, buscamos elucidar os motivos que levam os professores da educação básica a desprezarem as AE e as AC e a, muitas vezes, utilizar essas estratégias didáticas de forma inadequada. Escolhemos identificar as crenças e atitudes dos docentes, porque partimos do princípio de

que tais construtos moldam a forma como eles promovem AE e AC em suas aulas. Os objetivos deste trabalho podem ser resumidos nas seguintes questões de pesquisa:

(1) Como professores da educação básica percebem e exploram as AE e as AC no ensino de Física?

(2) Que vantagens e limitações são por eles apontadas quanto ao uso de tais recursos e como eles percebem seu uso integrado?

Para o desenvolvimento dos estudos relatados neste trabalho, foi realizada uma revisão da literatura abarcando revistas nacionais e internacionais sobre ensino de Ciências no período de 2000 a 2009. Exposta no capítulo 2 desse trabalho, ela está apresentada em três seções distintas: sobre AE, sobre AC e sobre a integração de AE e AC. Nela, foram também considerados alguns artigos de referência na área datados de antes de 2000, como, por exemplo, os de Hodson (1994) e de Gil Pérez et al. (1999). Os estudos selecionados destacam as principais vantagens e limitações das AE, AC e da integração de ambas. Alguns deles promovem reflexões sobre os problemas mais frequentes que vêm sendo observados no desenvolvimento de atividades que utilizam esses recursos.

Para responder às questões de pesquisa propostas adotamos a estratégia de estudo de casos. O capítulo 3, que apresenta os referenciais teóricos e metodológicos adotados neste trabalho, inicia expondo as orientações metodológicas sobre estudo de casos de Robert Yin (2005). Continuando o capítulo, apresentamos uma proposta para um embasamento epistemológico para usos integrados de AE e AC por meio da concepção de modelagem científica de Mário Bunge (1974). Mesmo cientes do inquestionável valor dos trabalhos desenvolvidos com o intuito de avaliar usos combinados de AE e AC, percebemos na maior parte deles um forte enfoque nos aspectos metodológicos dessa integração, e pouca ou nenhuma ênfase na perspectiva epistemológica. Na linha dos trabalhos apresentados por Dorneles, Araujo & Veit (2009), a proposta apresentada, que necessita ser futuramente avaliada por meio de investigações rigorosas, tem por objetivo promover nos alunos uma visão adequada de modelo teórico como uma conexão entre teoria e realidade por meio do uso combinado.

Partindo da ideia de que os modelos são mediadores entre teoria e realidade, argumentamos no desenvolvimento da proposta que, realizando AC, os alunos interagem com um modelo computacional obtido através da implementação em máquina de um modelo teórico; realizando AE os alunos interagem com objetos concretos organizados de modo a reproduzir fenômenos ou comportamentos que se queira estudar. Nessa perspectiva, um uso integrado de ambos os tipos de atividades pode ser utilizado com o intuito de evidenciar as

importantes diferenças entre Teoria e Experiência; a análise dos erros experimentais e das diferenças obtidas entre os experimentos virtuais e os reais tem o potencial de destacar que os modelos teóricos não são cópias especulares da realidade, mas sim representações esquemáticas, com o objetivo de tentar apreender o real, ou suposto como tal, pelo pensamento.

Finalizando o terceiro capítulo, apresentamos a “Teoria do Comportamento Planejado” (TCP). Buscando alternativas para solucionar problemas enfrentados nos dois primeiros estudos realizados neste trabalho, escolhemos a TCP para amparar o terceiro estudo (seção 4.3), inspirados em investigações que vêm sendo realizadas, a partir do conceito de “atitude”, com o intuito de analisar os motivos pelos quais os professores não têm usado AE ou AC em suas práticas docentes (BAIN & MCNAUGHT, 2006; BROWN & MELEAR, 2006; CRAWLEY & BLACK, 1990; KRIEK & STOLS, 2010). Tal teoria foi utilizada tanto como referencial teórico, no que tange à interpretação dos dados obtidos, como referencial metodológico, utilizado para a confecção do questionário utilizado no terceiro estudo.

A TCP é uma das mais importantes teorias que relacionam a atitude com a manifestação de um comportamento. Proposta pelo psicólogo social Icek Ajzen (1985), a TCP sugere que as intenções comportamentais são determinadas por três construtos independentes. O primeiro deles, que se refere ao grau com que uma pessoa tem uma avaliação favorável ou desfavorável em relação a um comportamento, é denominado atitude. O segundo é um fator social denominado norma subjetiva e refere-se à pressão social percebida para manifestar ou não o comportamento. Por fim, o terceiro preditor das intenções comportamentais é o grau de controle comportamental percebido. Ele refere-se à facilidade ou dificuldade percebida para exibir o comportamento (AJZEN, 1991b, p. 188).

Ajzen (2006a) ressalta ainda que intervenções com o intuito de promover mudanças comportamentais de um indivíduo podem se focar em qualquer um dos três construtos preditores das intenções comportamentais. É necessário, então, que, para uma intervenção eficiente, um estudo exploratório seja realizado a fim de identificar quais desses construtos não favorecem a consecução dos objetivos que se tenham em mente e, caso necessário, sejam propiciadas oportunidades para que o indivíduo altere seus padrões comportamentais.

O capítulo quatro apresenta os resultados e discussões referentes aos três estudos de caso realizados neste trabalho. O primeiro deles (seção 4.1) teve por objetivo comparar os resultados apontados nos principais artigos sobre AE, AC e combinações de ambas com as respostas apresentadas pelos respondentes a um questionário. Além disso, buscou-se produzir e validar um questionário com o intuito de aferir a atitude de professores sobre o uso de AE,

AC e combinações de ambas. O grupo de participantes desse estudo foi composto por alunos e ex-alunos de um mestrado profissional em ensino de Física.

O segundo estudo relatado neste trabalho (seção 4.2) foi realizado com alunos de um curso de especialização a distância em Física para a Educação Básica. Seu objetivo foi semelhante ao do primeiro estudo, ou seja, o de avaliar e comparar as atitudes e crenças dos professores da amostra com os resultados das mais importantes pesquisas sobre AE, AC e combinações desses recursos. No entanto, com base nos resultados obtidos no primeiro estudo, confeccionamos uma nova versão do questionário para ser validado. Abrangendo docentes das diversas regiões do estado, com idades variadas, oriundos de diferentes instituições de ensino, de escolas com diferentes estruturas, tal grupo de participantes do estudo forneceu um panorama mais abrangente das atitudes dos professores do RS.

Para o desenvolvimento do terceiro estudo relatado neste trabalho, foi confeccionado um novo questionário fundamentado na TCP. Baseado nas crenças identificadas no segundo estudo, foram produzidas 71 questões com o objetivo de mensurar a atitude, a norma subjetiva, o controle comportamental percebido e a intenção comportamental de professores sobre o uso de AE e de AC para fins didáticos no ensino de Física. Para fins de validação, o questionário foi aplicado em um grupo de 53 professores com os mais diferentes perfis.

No capítulo 5 desta dissertação são apresentadas as considerações finais. Buscamos nela sintetizar os principais resultados assim como expor uma análise cruzada dos dados obtidos nos três estudos realizados. Neste capítulo também são discutidas as questões que surgiram como decorrência desta pesquisa e as proposições que nortearão futuros estudos a serem realizados pelo autor deste trabalho.

2. Revisão da literatura

Na revisão da literatura apresentada neste capítulo buscou-se, principalmente, mapear as principais vantagens e limitações sobre o uso de AE, AC e combinações de ambas. Foram analisadas revistas nacionais e internacionais sobre ensino de Ciências no período de 2000 a 2009. Também foram considerados alguns artigos de referência na área anteriores a 2000, como, por exemplo, os de Hodson (1994) e de Gil Pérez et al. (1999). As subseções seguintes apresentam um breve resumo sobre os aspectos centrais destacados nos trabalhos.

2.1 Sobre atividades experimentais

Em cursos de formação de professores é usual a existência de disciplinas de instrumentação para laboratório que visam preparar o professor para desenvolver atividades experimentais em sala de aula, pois muitas são as vantagens que lhes são atribuídas. Porém, conforme mencionado anteriormente, a maior parte dessas vantagens não é verificada nas atividades experimentais usualmente desenvolvidas nas aulas de Física (BORGES, 2002; HODSON, 1994).

Uma das críticas apresentadas por Hodson (op. cit.) faz referência a um aspecto muito ressaltado por professores, que argumentam que a realização de experimentos pode facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos. O autor apresenta uma série de trabalhos que relatam não terem sido obtidos melhores resultados com tal recurso, e aponta como um dos motivos para tal fracasso a falta do que ele chama de “desafio cognitivo”. Borges (2002) destaca ainda que, ao desenvolver tais atividades, o professor deve ter em mente que aquilo que qualquer pessoa observa depende fortemente de seu conhecimento prévio e de suas expectativas. Por isso, recomenda-se que a atividade concentre-se apenas nos aspectos desejados, com um planejamento cuidadoso que considere as ideias prévias dos estudantes a respeito da situação estudada, o tempo necessário para completar a atividade, as habilidades requeridas e aspectos ligados à segurança.

Muito destacado pelos professores é a crença de que as AE oportunizam a conexão entre conceitos científicos discutidos em sala de aula e em livros-texto com observações de um fenômeno físico (HODSON, 1994; HOFSTEIN & LUNETTA, 2004). Saraiva-Neves, Caballero e Moreira (2006), em um estudo exploratório sobre o papel do trabalho experimental junto a professores do ensino secundário de Lisboa, observaram que a maioria dos docentes menciona de alguma forma a necessidade da interligação entre teoria e prática.

Marineli e Pacca (2006) afirmam que esta relação deve acontecer através da análise dos erros experimentais que permite, inclusive, quantificar essa adequação.

A aquisição de habilidades práticas e técnicas de laboratório por parte dos alunos é mais um dos aspectos discutidos quando se propõe uma reflexão sobre as AE (HOFSTEIN & LUNETTA, 2004). Hodson (1994) destaca um ponto polêmico afirmando que, por exemplo, não vê como o fato de usar uma pipeta corretamente possa ser transferido para outra situação de laboratório. Para ele, o trabalho prático não é necessário no sentido de desenvolver certas habilidades de laboratório nos estudantes, mas certas habilidades são indispensáveis quando se pretende engajar os estudantes em atividades práticas.

Nessa mesma direção, Borges (2002) ressalta o que ele chama de técnicas de investigação, que são ferramentas importantes e úteis para qualquer cidadão e relacionam-se com a obtenção do conhecimento e sua comunicação. Alguns exemplos deste tipo de técnica são repetir procedimentos para aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos e aprender a colocar e a obter informação de diferentes formas de representação – como diagramas, esquemas, gráficos, tabelas, etc. Destaca-se ainda a capacidade das AE em promover a argumentação lógica baseada em evidências. Hofstein e Lunetta (2004) afirmam que o engajamento na construção da argumentação científica auxilia os alunos em conceitos de ciência e na compreensão de como os cientistas desenvolvem o conhecimento do mundo natural.

Estudos têm concluído também que a condução de trabalhos experimentais resulta em atitudes positivas por parte dos alunos aumentando seu interesse pela ciência (e. g. HOFSTEIN & LUNETTA, 2004). Além disso, as AE têm potencial para promover relações sociais colaborativas (GASPAR, 2004). Isso decorre do ambiente mais informal, o que oportuniza mais interação entre alunos e seus professores, o que pode gerar um ambiente saudável propício à aprendizagem significativa.

Dentre as críticas impostas à abordagem tradicional das AE, a mais ressaltada é que consomem muito ou todo o tempo disponível (BORGES, 2002) com operações de montagem dos equipamentos; atividades de coleta de dados e cálculos para obter respostas esperadas, e pouco com a reflexão sobre os significados e implicações dos resultados encontrados. No estudo exploratório de Saraiva-Neves, Caballero & Moreira (2006), diversos docentes relatam que é necessário que os alunos disponham de mais tempo para discutir os resultados. Gunstone e Champagne (apud HOFSTEIN & LUNETTA, 2004) afirmam que a aprendizagem significativa no laboratório só pode ser concretizada se os estudantes empregarem tempo suficiente para a interação com o material e para a reflexão sobre os resultados. Hodson

(1994), por outro lado, aponta o computador como alternativa para experimentos que são demasiadamente difíceis, caros, que consomem muito tempo ou são muito perigosos para serem realizados de outra maneira.

Outra característica da abordagem tradicional que merece ser discutida é a forma como são apresentados os roteiros das atividades. Muitas delas continuam oferecendo "receitas de bolo" que os alunos devem seguir rigidamente (HODSON, 1994; HOFSTEIN & LUNETTA, 2004). Gil Pérez et al. (1999) ressaltam que tais roteiros promovem uma visão reducionista da atividade científica. Segundo Hodson (1994), é necessário realizar um planejamento baseado em um modelo científico válido filosoficamente, não com base no indutivismo, nem na ciência como contemplando uma série de processos discretos, tampouco com base em estrito ponto de vista popperiano. Deve-se explorar um modelo de ciência que, pelo menos, reconheça a falibilidade e a dependência teórica da observação e da experiência para fornecer a consciência de como o conhecimento é construído dentro da comunidade científica. Além disso, deve-se admitir que a ciência é influenciada por considerações socioeconômicas, culturais, políticas, éticas e morais.

Por fim, Borges (2002) destaca que muitas vezes, os alunos percebem as atividades práticas como eventos isolados que têm o objetivo de chegar à “resposta certa”. Frequentemente, estudos têm demonstrado que os alunos não percebem o propósito principal de uma investigação laboratorial e simplesmente seguem instruções. Eles percebem as medidas como metas e não refletem sobre os aspectos conceituais (HOFSTEIN & LUNETTA, 2004). Além disso, não relacionam a finalidade de sua investigação com a experiência que conduziram.

Uma síntese das vantagens e limitações do uso de AE, apontadas por Borges (2002), Gil Pérez et al. (1999), Hodson (1994), Hofstein e Lunetta (2004), Kirschner, Sweller e Clark (2006) e Martineli e Pacca (2006), pode ser vista no Quadro 1.

2.2 Sobre as atividades computacionais

Diversos pesquisadores da área de ensino de Física têm refletido sobre as vantagens e as limitações das AC. Passamos a descrever sucintamente os resultados que consideramos mais relevantes.

Triona e Klahr (2003) destacam que há vantagens óbvias como a portabilidade, a segurança, o custo-benefício, a minimização de erros, a amplificação e redução temporal ou

dimensional, a flexibilidade, a rapidez e a forma dinâmica como apresentam dados. No entanto, nem todas essas vantagens são tão evidentes.

Quadro 1 – Síntese das vantagens e limitações do uso de atividades experimentais.

| Vantagens | Limitações |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Oportunizam uma conexão entre conceitos científicos discutidos em sala de aula e em livros-texto com observações de um fenômeno ou sistema. • Podem facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos. • Promovem a aquisição de habilidades práticas e técnicas de laboratório. • Incentivam a argumentação lógica baseada em evidências. • Influenciam a atitude do aluno, aumentando seu interesse pela Ciência. • Têm a capacidade de promover relações sociais colaborativas. | <ul style="list-style-type: none"> • Consomem muito tempo, fazendo com que os alunos disponham de pouco tempo para a reflexão sobre os resultados obtidos. • Muitos professores continuam oferecendo "receitas de bolo" que os alunos devem seguir rigidamente. • Os alunos percebem as AE como eventos isolados que têm o objetivo de chegar à "resposta certa". • Roteiros excessivamente "abertos" podem promover uma sobrecarga cognitiva nos alunos prejudicando o aprendizado dos iniciantes. |

A mais intuitiva das vantagens propiciadas pelas simulações computacionais (e amplamente destacada em artigos sobre o assunto) é a capacidade de propiciar ao aluno a possibilidade de realização de “experimentos virtuais” que seriam perigosos, caros, ou que, por algum motivo, não são passíveis de reprodução em laboratório (e. g. HENNESSY, DEANEY & RUTHVEN, 2006). Exemplos desse tipo de experimento são um pouso na lua ou uma situação de emergência em uma usina nuclear (MEDEIROS & MEDEIROS, 2002). Bell e Trundle (2008), em um estudo sobre o uso de simulações computacionais no ensino das fases da lua, destacam a importância da visualização tridimensional de tal fenômeno. Nessa direção, argumentam que somente AC podem propiciar a manipulação das variáveis envolvidas de forma rápida e dinâmica. Blake e Scanlon (2007) argumentam ainda que as simulações computacionais permitem a condução de atividades que seriam impossíveis por considerações éticas, como testes com animais, por exemplo.

A possibilidade de elaborar e testar hipóteses à medida em que essas são levantadas é outra vantagem ressaltada pelos pesquisadores (MEDEIROS & MEDEIROS, 2002; RUSSELL, LUCAS, & MCROBBIE, 2004). Zacharia e Anderson (2003) ressaltam que os alunos podem interpretar as concepções científicas subjacentes à simulação, compará-las com suas próprias concepções, formular e testar hipóteses, e conciliar qualquer discrepância entre

suas ideias e o que foi observado na simulação. Blake e Scanlon (2007) destacam que essa possibilidade é decorrência da fácil manipulação das variáveis experimentais propiciada pelas simulações computacionais.

Blake e Scanlon (2007) enfatizam ainda que as AC oferecem a possibilidade de múltiplas representações simultâneas de um modelo teórico, tais como diagramas, gráficos, animações, sons e vídeos. Hennessy, Deaney e Ruthven (2006) afirmam que essa vantagem representa a superação de uma limitação imposta pela AE, já que nelas, de modo geral, as representações dos fenômenos físicos apresentadas não são simultâneas. Com isso, os estudantes apresentarão maior facilidade para explorar relações entre as variáveis do fenômeno em estudo.

Hodson (1994) destaca que é possível diminuir ou aumentar o nível de complexidade, incluir ou excluir certos aspectos, adotar condições idealizadas visando criar uma atividade que permita aos estudantes concentrarem-se em conceitos fundamentais sem as distrações, as dificuldades e os aborrecimentos que formam parte de tantos experimentos realizados com objetos reais. Bell e Trundle (2008) também enfatizam que as simulações são versões simplificadas do mundo natural e que por isso têm o potencial de facilitar a aprendizagem, centrando a atenção dos alunos mais diretamente sobre os conceitos estudados.

Destacando que a visualização (incorporação de imagens mentais produzidas durante a interação com um objeto que é visto ou tocado) tem um papel importante no ensino de ciências, Hennessy, Deaney e Ruthven (2006) afirmam que a visualização de conceitos abstratos através da manipulação de simulações computacionais é uma clara vantagem apresentada por tal recurso. Jaakkola e Nurmi (2008) também ressaltam isso citando a corrente através de circuitos elétricos como um exemplo de fenômeno que seria invisível nos sistemas naturais. Zacharia e Anderson (2003) acreditam que, como o ensino cada vez mais avança em direção a ideias abstratas, as experiências dos alunos relacionadas ao que está sendo estudado se tornam cada vez mais escassas. Dessa forma, as simulações podem proporcionar um ambiente em que podem ser realizados experimentos visando o desenvolvimento de conceitos abstratos da Física. Araujo, Veit e Moreira (2008) concluem em seu estudo que assuntos que anteriormente pareciam muito abstratos para os alunos se tornaram familiares e mais concretos após o desenvolvimento das atividades baseadas em modelagem computacional, corroborando a ideia de que AC têm potencial para auxiliar no ensino de conceitos considerados abstratos.

No que se refere ao tempo destinado à atividade, as AC mostram-se mais eficazes do que as AE (HOFSTEIN & LUNETTA, 2004; RUSSELL, LUCAS, & MCROBBIE, 2004).

Zacharia, Olympiou e Papaevripidou (2008) destacam que as AC permitem executar e repetir uma experiência de forma rápida, possibilitando ao aluno dedicar mais tempo para os aspectos conceituais do fenômeno estudado. Borges (2002) destaca que o laboratório baseado no computador permite que o estudante dedique menos tempo à coleta e apresentação dos dados. Dessa forma, o aluno dispõe de mais tempo para o controle de outras partes do processo, como o planejamento da atividade, a seleção do que medir, execução da investigação e interpretação e avaliação dos resultados.

Além dessas vantagens, estudos têm concluído que AC influenciam na atitude dos alunos, motivando-os e promovendo seu engajamento nas atividades propostas. Zacharia e Anderson (2003) destacam que as AC promovem o desenvolvimento da curiosidade, do interesse, da objetividade, da precisão, da confiança, da perseverança e do consenso entre os alunos. Araujo, Veit e Moreira (2008) destacam que os resultados de seu estudo sugerem que a AC exerce uma influência positiva na predisposição do indivíduo para aprender Física.

Dentre as limitações das AC, Jaakkola e Nurmi (2008) destacam, por exemplo, que as simulações computacionais podem simplificar excessivamente sistemas que são muito complexos, e que nem sempre os alunos acreditam que as leis e princípios observados na simulação computacional se aplicam também ao mundo real. Nesses casos, os autores sugerem que as simulações não são suficientes e que experimentos reais podem ser necessários para superar as barreiras emocionais relacionadas ao processo de mudança conceitual.

Por outro lado, outros autores destacam uma demasiada autoridade imposta pelas AC. Steinberg (2000) afirma que, em alguns momentos, a presença do computador parece favorecer uma visão mais autoritária da aprendizagem. Hennessy, Deane & Ruthven (2006) ressaltam que as idealizações propostas pelas simulações computacionais podem ser relacionadas com algo invisível e inquestionável, dando a impressão aos estudantes de que todas as variáveis são facilmente controláveis.

Outro aspecto que pode limitar as potencialidades das AC refere-se à complexidade gráfica das simulações computacionais utilizadas. Holton (2010) argumenta que a fidelidade da simulação usada em uma AC deve ser condizente com o nível de compreensão dos alunos sobre o assunto a ser tratado. Uma simulação muito fiel à realidade pode intimidar os principiantes, apresentando detalhes que acabam por dificultar a assimilação do aluno. Grandó, Konrath & Tarouco (2003) afirmam que, sob certas circunstâncias, realismo demasiado pode interferir no processo de aprendizagem e distrair o aluno dos aspectos centrais que a atividade busca tratar.

Uma síntese das vantagens e limitações do uso de AC, apontadas por Araujo, Veit e Moreira (2003), Bell e Trundle (2008), Blake e Scanlon (2007), Hennessy, Deaney e Ruthven (2006), Hodson (1994), Hofstein e Lunetta (2004), Holton (2010), Jaakkola e Nurmi (2008), Marshall e Young (2006), Medeiros e Medeiros (2002), Ronen e Eliahu (2000), Russell, Lucas e McRobbie (2004), Steinberg (2000), Zacharia (2007), Zacharia (2005), Zacharia, Olympiou e Papaevripidou (2008) e Zacharia e Anderson (2003), pode ser vista no Quadro 2.

Quadro 2 – Síntese das vantagens e limitações do uso de atividades computacionais.

| Vantagens | Limitações |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Podem proporcionar a interação do aluno com “experimentos virtuais”, substitutos de experimentos reais potencialmente perigosos, caros, ou que, por algum motivo, não são passíveis de reprodução em laboratório. • Podem munir o aluno de múltiplas representações simultâneas de um modelo teórico. • Possibilitam a diminuição ou aumento do nível de complexidade do fenômeno a ser investigado, inclusão ou exclusão de certos aspectos, adoção de condições idealizadas e criação de uma situação experimental que permita aos estudantes a concentração em conceitos fundamentais. • Proporcionam um ambiente em que podem ser realizadas experiências virtuais sobre os conceitos abstratos da Física. • Possibilitam a execução e repetição de uma experiência de forma rápida, permitindo ao aluno dedicar mais tempo para os aspectos conceituais do modelo estudado. • Influenciam a atitude dos alunos, motivando-os e promovendo seu engajamento. | <ul style="list-style-type: none"> • Podem simplificar demais sistemas que são muito complexos. • Nem sempre os alunos acreditam que as leis e princípios observados na simulação computacional se aplicam também ao mundo real. • A presença do computador pode favorecer uma visão autoritária de aprendizagem. • Simulações computacionais com demasiado realismo podem distrair o aluno dos aspectos centrais que a atividade busca tratar. • Simulações computacionais podem “bloquear” o aluno se apresentarem resultados muito diferentes de suas expectativas. • Alguns alunos encaram as AC apenas como uma atividade lúdica, desviando sua atenção dos aspectos conceituais da simulação. |

2.3 Integração de atividades computacionais com atividades experimentais

Devido às suas vantagens, as AC são boas alternativas para promover a aprendizagem significativa. No entanto, muitos pesquisadores e professores, incluindo o autor desta dissertação e seus orientadores, não as consideram substitutas das AE. Para contemplar plenamente a diferença substancial entre os mundos real e simulado, acredita-se que os alunos

precisam experimentar ambas, ou seja, é necessária a condução integrada de AC e AE (DORNELES, ARAUJO & VEIT, 2009; HENNESSY, DEANEY & RUTHVEN, 2006).

Diversos estudos têm comparado os resultados obtidos pelo ensino baseado em AC e AE de forma integrada com o ensino baseado em AC e AE de forma isolada, conforme passamos a descrever sucintamente. Ronen & Eliahu (2000), num dos primeiros trabalhos de pesquisa a esse respeito, mostraram diferenças significativas entre os resultados dos alunos que utilizaram a integração AC/AE e os alunos que usaram AE de forma isolada. Os autores afirmam também que as simulações contribuíram para gerar confiança nos alunos, motivando-os para continuar as tarefas.

Zacharia & Anderson (2003) pesquisaram a influência da combinação de AC com AE no ensino de mecânica, ondas, óptica e física térmica. Na discussão de seus resultados, os autores afirmam que podem ser atribuídos às atividades integradas os melhores resultados na promoção da mudança conceitual obtidos pelo seu grupo experimental. Em outro trabalho, sobre as consequências da combinação AC com AE no ensino de circuitos elétricos, Zacharia (2007) também obtém resultados favoráveis à integração. O autor destaca que o objetivo final da combinação deve ser o de aproveitar as potencialidades de ambos os métodos de experimentação, a fim de alcançar o nível mais elevado possível de eficácia da experimentação em laboratório.

Zacharia, Olympiou & Papaevripidou (2008) pesquisaram as diferenças entre os resultados obtidos por estudantes que utilizaram a combinação de AC com AE e os obtidos por estudantes que usufruíram de AE de forma isolada no contexto do ensino de calorimetria. Seus resultados sugerem que a integração promove um efeito mais importante na compreensão conceitual de calor e de mudanças de temperatura do que a AE isoladamente. Com isso, os autores defendem que tais resultados (maior eficácia com a combinação entre AC e AE) provavelmente serão replicados em qualquer domínio de ensino, ou seja, para qualquer conteúdo que se pretenda ensinar. Isso porque outros estudos de Zacharia chegam às mesmas conclusões, apesar de focarem os mais diversos conteúdos da Física. Corroborando tal argumento, Winn et al. (2006) obtém resultados bastante parecidos ao compararem dois tipos de metodologia (AE isoladamente e AC e AE em combinação) no ensino de oceanografia.

Jaakkola & Nurmi (2008) realizaram um estudo mais amplo. Três metodologias de ensino diferentes foram utilizadas em três grupos distintos: baseada em AC isoladamente, baseada em AE isoladamente e baseada na integração entre AC e AE. Os resultados indicaram que os integrantes do último grupo obtiveram os melhores desempenhos. Não

foram apresentadas diferenças significativas entre os resultados dos dois primeiros grupos. É interessante ressaltar ainda que os alunos que trabalharam com as atividades integradas apresentaram desempenhos mais homogêneos, o que sugere que o impacto da metodologia utilizada tende a ser parecido em diferentes alunos. Isso não ocorre nos outros grupos, o que sugere que o impacto desses recursos didáticos de forma isolada é bastante diferente para os diversos alunos. De fato, alguns alunos se familiarizam mais facilmente com experimentos reais enquanto que outros se habituem melhor com atividades virtuais. Com isso, a integração das duas metodologias abrange as características de um grupo maior de alunos.

Dorneles, Araujo & Veit (2009) concluem que quando os alunos interagiram significativamente com as AC e AE demonstraram uma visão mais geral dos experimentos, dando indícios de terem entendido o comportamento das grandezas físicas relevantes nas situações em estudo. No entanto, os autores relatam que em sistemas dinâmicos mais simples alguns dos alunos dispensaram a simulação computacional argumentando que os dados obtidos nos experimentos reais eram suficientes para a compreensão dos conceitos.

Apesar dos muitos trabalhos que sugerem melhores resultados através da combinação entre AE e AC, deve-se ressaltar a necessidade de mais estudos consolidando tal conclusão (ZACHARIA, OLYMPIOU, & PAPAERVIPIDOU, 2008). Hofstein e Lunetta (2004) afirmam que essa é uma área de pesquisa que merece atenção por parte dos pesquisadores por tratar-se de uma nova perspectiva para a inclusão de simulações computacionais de forma apropriada no ensino de ciências.

Como um dos motivos para o sucesso de usos combinados de AE e AC, Ronen e Eliahu (2000) e Jaakkola e Nurmi (2008) afirmam que a simulação computacional pode se constituir em uma ponte entre teoria e realidade. Jaakkola & Nurmi (2008) e Zacharia & Anderson (2003) destacam que o objetivo final da combinação deve ser o de aproveitar as potencialidades de ambos os métodos de experimentação, a fim de alcançar o nível mais elevado possível de eficácia da experimentação em laboratório.

Cabe ressaltar que são muitas as possibilidades de integração entre AE e AC. Alguns autores concretizam a combinação propondo atividades em que fazem uso concomitante dos dois recursos; outros promovem atividades em que o aluno usa um deles antes do outro. O Quadro 3 sintetiza as formas como integrações vêm sendo realizadas em pesquisas.

Quadro 3 – Síntese das formas de integração utilizadas nas mais recentes pesquisas.

| Estudo | Forma de Integração: os alunos trabalham com... |
|--|---|
| RONEN & ELIAHU (2000) | um experimento real e uma simulação computacional concomitantemente para resolver um problema proposto |
| ZACHARIA & ANDERSON (2003) | simulações computacionais primeiramente e após experimentos reais |
| ZACHARIA, (2007) | experimentos reais em alguns tópicos de estudo e simulações computacionais em outros |
| JAAKKOLA & NURMI (2008) | simulações computacionais inicialmente, a fim de compreender os princípios teóricos envolvidos, e após transferem os conhecimentos para um experimento real |
| ZACHARIA, OLYMPIO & PAPAERVIPIDOU (2008) | experimentos reais em alguns tópicos de estudo e simulações computacionais em outros |

Evidenciando limitações do uso da simulação computacional para complementar AE, Ronen & Eliahu (2000) observam que, apesar de os experimentos em seu estudo terem auxiliado aproximadamente 70% dos alunos (n = 63), de alguma forma, a ferramenta computacional não foi eficaz para determinados grupos, pois:

- estudantes com um nível alto de compreensão conceitual (aproximadamente 10%) não precisaram do auxílio adicional. Alguns desses estudantes utilizaram a simulação mais tarde, quando uma tarefa avançada lhes foi apresentada;
- estudantes com insuficiente nível de compreensão conceitual (aproximadamente 10-15%) executam um processo experimental aleatoriamente e, devido aos erros, não podem tirar proveito dos dados fornecidos pela simulação;

Alguns poucos estudantes (aproximadamente 5%) não fazem nenhuma tentativa de usar a simulação, indicando ter “ódio” do computador.

Uma síntese das vantagens e limitações do uso integrado de AE e AC, apontadas por Jaakkola e Nurmi (2008), Ronen e Eliahu (2000), Zacharia (2005; 2007), Zacharia e Anderson (2003) e Zacharia, Olympiou e Papaevripidou (2008), pode ser vista no Quadro 4.

Um dos principais objetivos da pesquisa em ensino de Física está relacionado com a melhoria do ensino de Física nas salas de aula. No entanto, para que isso ocorra é necessários que seus resultados cheguem até os professores. No presente capítulo apresentamos os resultados encontrados na literatura no que diz respeito ao uso individual e integrado de AE e AC. Esses resultados, em especial do levantamento das crenças dos professores sobre vantagens e limitações do uso individual e integrado de AE e AC, foi essencial para o delineamento dos estudos exploratórios e para a confecção dos instrumento para coletas de dados. No próximo capítulo passamos a apresentar os referenciais teóricos e metodológicos que nortearam as investigações que serão apresentadas no capítulo 4.

Quadro 4 – Síntese das vantagens e limitações do uso integrado de atividades experimentais e atividades computacionais.

| Vantagens | Limitações |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Podem explorar as potencialidades de ambos os métodos de experimentação (atividade experimental e atividade computacional). • Evidenciam as diferenças substanciais entre as teorias e a realidade. • Promovem a compreensão conceitual melhor do que os dois recursos isoladamente. • Influenciam a atitude dos alunos, motivando-os e promovendo seu engajamento nas atividades propostas. | <ul style="list-style-type: none"> • Alunos com alto nível de compreensão conceitual não necessitam de ambos os recursos, AC e AE. • Alunos com insuficiente nível de compreensão conceitual executam um processo experimental aleatoriamente e, devido aos erros, não podem tirar proveito dos dados fornecidos pela simulação. • Assim como as atividades experimentais, podem demandar bastante tempo. |

3. Referenciais Teóricos e Metodológicos

Neste capítulo, apresentaremos os três referenciais utilizados no desenvolvimento deste trabalho: o estudo de caso na concepção de Yin (2005), utilizado como referencial metodológico (seção 3.1); a modelagem científica de Bunge (1974), que serviu de embasamento epistemológico para uma proposta de integração de AE e AC (seção 3.2) e a “Teoria do Comportamento Planejado”, proposta por Ajzen (1985), empregada tanto como referencial teórico como metodológico (seção 3.3) neste trabalho.

3.1 A metodologia de estudo de caso na concepção de Robert Yin

Estudo de caso para Robert Yin (YIN, 2005, p. 32) “é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites do fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”. Para o autor, um estudo de caso é ideal para investigações que apresentam questões do tipo “como?” e “por quê?” (op. cit., p. 19).

Yin não concorda com a ideia de que estudos de caso só devem ser usados para fins exploratórios. O autor afirma que, além de estudos de casos exploratórios, devem ser desenvolvidos estudos de caso descritivos e explanatórios. Por estudo de caso exploratório entende-se a investigação que busca um levantamento de hipóteses e proposições pertinentes para pesquisas futuras. Já os estudos de caso explanatórios lidam com ligações operacionais que necessitam ser traçadas ao longo do tempo baseadas nas proposições do estudo. O estudo de caso descritivo tem por objetivo descrever uma intervenção focada na conjuntura na qual ela ocorreu (op. cit., p. 23).

O autor ressalta que os estudos de caso têm um lugar de destaque na pesquisa de avaliação e existem, no mínimo, cinco aplicações para tal estratégia (op. cit., p. 34):

- Explicar ligações causais em intervenções ou situações da vida real que são complexas demais para tratamento através de estratégias experimentais ou de levantamento de dados.
- Descrever um contexto de vida real no qual uma intervenção ocorreu;
- Avaliar uma intervenção em curso e modificá-la com base em um estudo de caso ilustrativo;
- Explorar situações nas quais a intervenção que está sendo avaliada não apresenta um conjunto simples e claro de resultados;

- “Meta-avaliação”, ou seja, avaliação de um estudo avaliativo.

A pesquisa de estudo de caso não inclui somente a pesquisa de caso único (op. cit., p. 33). Yin ressalta que o uso de casos múltiplos é uma forma de maximizar a validade externa da investigação e sugere que, quando possível, o pesquisador se valha de mais de um caso (op. cit., p. 75). Portanto, os estudos de caso podem ser conduzidos e escritos por muitos motivos diferentes, incluindo a simples apresentação de casos individuais ou o desejo de chegar a generalizações amplas baseadas em evidências de estudos múltiplos. Aos críticos que questionam como isso pode ocorrer a partir de um caso único, Yin responde que também não é possível a generalização a partir de um experimento único (op. cit., p. 29). A generalização ocorre partindo de estudos múltiplos que repetem o fenômeno sob diferentes condições. Com isso, ele explica que o caso não representa a “amostragem” e seu objetivo é generalizar teorias (generalização analítica) e não enumerar frequências (generalização estatística). Ainda assim, segundo o autor, o investigador deve estabelecer o domínio para o qual as descobertas de um estudo podem ser generalizadas.

Para Yin, “um projeto de pesquisa constitui a lógica que une os dados a serem coletados (e as conclusões a serem tiradas) às questões iniciais de um estudo” (op. cit., p. 39). O autor destaca cinco componentes que considera especialmente importantes em um projeto de pesquisa (op. cit., p. 43):

- As questões de estudo, que em um estudo de caso devem ser do tipo “como?” e/ou “por quê?”;
- As suas proposições, se houver, pois é legítimo que investigações de caráter exploratório não possuam proposições;
- A unidade de análise;
- Estabelecer a lógica que ligará os dados às proposições do estudo;
- Critérios para interpretar as constatações.

O desenvolvimento do projeto de pesquisa deve ser realizado focado na maximização de quatro condições relacionadas à qualidade do mesmo (op. cit., p. 54): validade do construto, validade interna, validade externa e confiabilidade. Yin discute algumas táticas para isso. Quando se refere à validade de construto, o autor propõe que o pesquisador utilize múltiplas fontes de evidências. O investigador deve estabelecer medidas operacionais corretas para os conceitos que estão sob estudo. Outra medida interessante é, quando possível, a revisão do rascunho do relatório do estudo de caso por um informante-chave. Para atribuir validade interna a um estudo, Yin sugere que o investigador estude

explicações concorrentes e baseie-se em modelos lógicos. Tal teste só vale para estudos explanatórios ou causais. O pesquisador deve estabelecer uma relação causal, por meio da qual são mostradas certas condições que levem a outras condições, derivadas de relações genuínas. Como já destacado, o uso de casos múltiplos é uma forma de maximizar a validade externa. Quanto à confiabilidade, Yin acredita que o investigador deve demonstrar que as operações de um estudo – como os procedimentos de coleta de dados – podem ser repetidas, apresentando os mesmos resultados. Para isso, o pesquisador deve desenvolver um banco de dados para o estudo de caso. Baseado nessas táticas, Yin propõe três princípios básicos para a coleta de dados (op. cit., p. 111):

- A utilização de várias fontes de evidências, e não apenas uma;
- A criação de um banco de dados para o estudo de caso;
- A manutenção de um encadeamento de evidências.

Um ponto importante ressaltado por Yin refere-se ao tempo para a realização de um estudo de caso. Diferentemente da posição de outros autores (e. g. STAKE, 1999), ele afirma que uma pesquisa que explore tal estratégia não necessariamente implica em grandes gastos de tempo. Para Yin, somente estudos etnográficos ou métodos de observação participante necessitam de um longo período de estudo (op. cit., p. 30).

Yin (op. cit., p. 193-197) destaca ainda cinco aspectos de um estudo de caso exemplar:

- (a) O estudo de caso deve ser significativo: um trabalho exemplar é aquele em que os casos individuais são raros e de interesse público geral e/ou os assuntos subjacentes são nacionalmente importantes;
- (b) O estudo de caso deve ser “completo”: a investigação não estará completa caso se encerre apenas porque acabaram os recursos ou porque o tempo disponível se esgotou; ele deve demonstrar de modo convincente que o investigador gastou exaustivos esforços na coleta de evidências relevantes;
- (c) O estudo de caso deve considerar perspectivas alternativas: uma valiosa abordagem é a consideração de proposições rivais e a análise de evidência em termos dessas proposições;
- (d) O estudo de caso deve apresentar evidências suficientes: o estudo deve apresentar, judiciousa e efetivamente, as evidências mais convincentes, para que o leitor possa fazer um julgamento independente em relação ao mérito da análise;
- (e) O estudo de caso deve ser elaborado de uma maneira atraente: independente da modalidade utilizada (relatório escrito, apresentação oral ou outra forma), o pesquisador deve escrevê-lo em um estilo claro, e que incite o leitor a continuar lendo.

Os três estudos desenvolvidos e relatados neste trabalho (capítulo 4) podem ser entendidos como três estudos de caso exploratórios. Seus resultados nos permitiram aventar hipóteses sobre melhores formas de conduzir intervenções que tenham o objetivo de promover AE, AC e a integração de ambas no ensino de Física como, por exemplo, em disciplinas de instrumentação para laboratório para graduandos de licenciatura em Física. Espera-se que, possivelmente durante o doutorado do autor desse trabalho, sejam desenvolvidos estudos de caso explanatórios com o intuito de avaliar as proposições que foram construídas nessa investigação.

3.2 A modelagem científica de Mario Bunge

A fim de elucidar como evolui o conhecimento científico, Mario Bunge considera a modelagem científica como um dos procedimentos centrais do desenvolvimento da Ciência (BUNGE, 1974, p. 13). De forma aparentemente paradoxal, o autor destaca que tal processo é marcado por *idealizações*, ou seja, para compreender a realidade é necessário primeiramente se afastar dela. Portanto, todo *modelo teórico* é aproximativo e parcial, isto é, apresenta limitações, pois abrange somente uma parcela das particularidades do objeto em estudo.

A modelagem científica começa pela definição de uma questão que se queira responder sobre algum fenômeno do mundo físico. Focado no propósito de responder a essa questão, é realizado então o delineamento de um *objeto-modelo* (também chamado de *modelo conceitual*), ou seja, constitui-se uma representação conceitual esquemática de algo ou de uma situação real ou suposta como tal. Para isso, simplifica-se a descrição do mundo real; definem-se os traços-chave dos objetos concretos (os elementos reais pertinentes para a confecção do modelo científico). Os modelos conceituais sempre negligenciam muitos aspectos da realidade. No entanto, se um dado modelo não apresenta todos os detalhes que interessam, é possível melhorá-lo introduzindo alguns ou todos esses detalhes; o que complica o modelo, tornando-o cada vez mais complexo. Bunge ressalta isso dizendo que “a formação de cada modelo começa por simplificações, mas a sucessão histórica dos modelos é um progresso de complexidade” (op. cit., p. 14). Como exemplo de um modelo conceitual, podemos citar o pêndulo simples. Tal objeto-modelo consiste em um corpo pontual suspenso por um fio inextensível de massa desprezível oscilando em torno de uma posição de equilíbrio. O pêndulo simples não existe na natureza: todos os fios possuem elasticidade e massa; todos os corpos possuem dimensões, mas esse modelo pode ser usado para descrever

diversos sistemas físicos e pode ter sua complexidade modificada inserindo-se, por exemplo, uma ação resistiva do ar sobre o corpo suspenso.

Entretanto, para nada vale um modelo conceitual sem que este seja descrito com base nas leis gerais conhecidas. Para se tornarem úteis, os objetos-modelo devem ser inseridos em uma teoria suscetível de ser confrontada com os fatos, produzindo o que é denominado por Bunge como *modelo teórico* ou *teoria específica*. Toda teoria específica se refere a um determinado objeto-modelo e, caso ela não esteja em acordo com os dados factuais, pode implicar em modificações no modelo conceitual ou na teoria geral considerada. Essas modificações dependem dos frutos anteriormente produzidos pelo modelo teórico e da história das teorias gerais envolvidas.

Todo modelo teórico versa, em última análise, sobre objetos reais ou supostos como tais. Além disso, a ciência busca tratá-los de maneira objetiva (separando-os do sujeito e considerando-os invariantes com respeito ao operador) e verdadeira (adequada). Estes objetos reais (independentes da mente) são chamados *referentes* e, sem eles, não há sentido na teorização de uma teoria específica. Só se pode estimar a adequação de um modelo teórico comparando-o com o comportamento dos referentes reais considerados. De modo geral, quanto mais referentes forem considerados pelo modelo conceitual, mais complexo será o modelo teórico e maior será a precisão da teoria específica. No entanto, um modelo teórico nunca produzirá uma “imagem especular” da realidade.

Não se pode esperar que tal adequação seja completa, se não for por outro motivo, pelo menos porque uma teoria física é construída pela invenção de um modelo simplificado e inteiramente hipotético do referente pretendido (op. cit., p. 182).

Um único modelo conceitual pode ser usado na representação de um grande número de objetos concretos, assim como um objeto concreto pode ser representado por mais de um objeto-modelo. O Quadro 5 mostra alguns exemplos: podemos descrever o escoamento de água no interior de uma tubulação através de dois modelos conceituais distintos dependendo dos objetivos da teoria específica. Ademais, podemos adotar o sistema planetário (objeto-modelo) para descrever duas situações físicas distintas: o movimento dos planetas do sistema solar e o comportamento da matéria em nível microscópico.

Quadro 5 – Exemplos de situações modeladas em Física (BRANDÃO, 2008, inspirado em BUNGE, 1994).

| Situação a ser modelada | Modelo conceitual | Teoria geral | Modelo teórico |
|--|--|--------------------------------------|--------------------------------|
| Escoamento da água no interior de uma tubulação | Fluido contínuo sem viscosidade | Mecânica dos Fluidos | Modelo de fluido ideal |
| | Fluido contínuo com viscosidade | | Modelo de fluido viscoso |
| Certa quantidade de gás contida num recipiente fechado | Sistema de partículas termicamente isolado, que interagem via colisões perfeitamente elásticas | Mecânica Estatística | Modelo de gás ideal clássico |
| | | Mecânica Quântica | Modelo de gás ideal quântico |
| Comportamento da matéria em nível microscópico | Sistema planetário | Mecânica Clássica e Eletromagnetismo | Modelo atômico de Rutherford |
| Movimento dos planetas do sistema solar | | Mecânica Clássica | Modelo gravitacional de Newton |

O Quadro 5 mostra também que o mesmo modelo conceitual pode ser inserido em diferentes teorias gerais produzindo diferentes modelos teóricos. A escolha de um ou outro modelo conceitual e a escolha de uma ou outra teoria geral depende dos propósitos que norteiam a construção do modelo teórico, e esses propósitos estão intimamente ligados com a precisão desejada para as previsões derivadas dele. Como exemplo, pode-se querer descrever o movimento de um automóvel em dois casos diferentes: para estimar o tempo de viagem de um sujeito que se desloca de carro para o litoral e para analisar o desempenho de um piloto de corrida em uma competição. Na primeira situação, o modelo conceitual escolhido provavelmente consideraria a velocidade do automóvel constante, pois o foco está no instante de partida e de chegada do carro, sem necessidade de grande precisão do que ocorre nos instantes intermediários. Já o engenheiro que busca otimizar o rendimento do carro de corrida certamente estaria interessado em mais detalhes do movimento do automóvel e usaria um modelo conceitual mais complexo apesar de estar tratando da mesma situação a ser modelada: o movimento de um automóvel.

Feita essa breve apresentação sobre a concepção epistemológica de Mario Bunge, passamos na seção seguinte a relacioná-la com o ensino, mas especificamente através de sua articulação com atividades computacionais e experimentais com objetivos didáticos.

3.2.1 A modelagem científica e combinações entre atividades computacionais e atividades experimentais

Atualmente pouco se faz em ciência sem recursos computacionais. Em um de seus relatórios de 1989, o *Nacional Research Council (NRC)*² (apud VEIT & TEODORO, 2002) afirma que a “computação científica pode ser considerada uma terceira metodologia fundamental das Ciências, paralela ao paradigma experimental e ao teórico das ciências, mais bem estabelecidos”. Por isso, os modelos, que já foram os mediadores entre teorias e realidade, hoje podem ser concebidos como os mediadores entre as teorias, a realidade e as simulações computacionais: o tripé metodológico que sustenta o desenvolvimento científico. A Figura 1 ilustra esse processo de mediação entre experiência, simulação computacional e teoria.

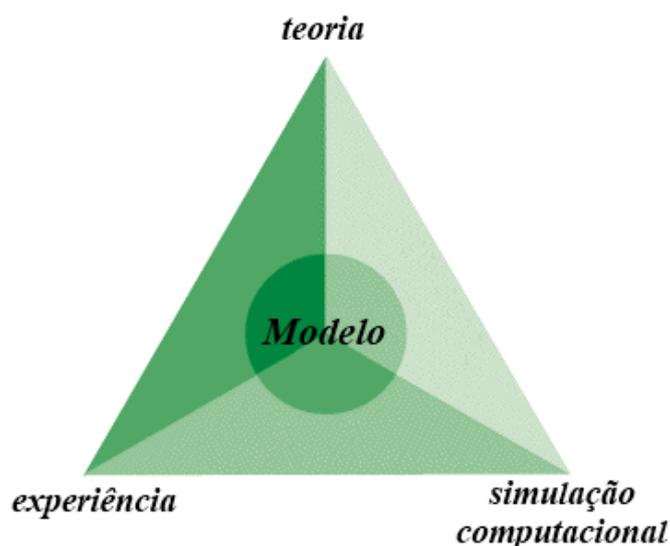


Figura 1 – Os modelos podem ser concebidos como os mediadores entre as teorias, a realidade e as simulações computacionais.

Isso ocorre porque, assim como as teorias científicas, as simulações computacionais são desenvolvidas com base em modelos conceituais e nunca abarcam todas as características do sistema físico. Os modelos computacionais são “recortes” da realidade, ou seja, são implementações computacionais de modelos teóricos específicos, e, como tais, desprezam diversos aspectos do sistema real a fim de focar a atenção em certos aspectos particulares da natureza, o que facilita a compreensão do fenômeno físico. Além disso, as teorias envolvidas no processo admitem entidades ideais e mecanismos internos imaginários. Portanto, as simulações computacionais proporcionam ao aluno a interação com uma natureza ideal; com

²*National Research Council* (Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos).

uma representação do objeto-modelo escolhido no processo de modelagem. Tal fato é destacado por Medeiros & Medeiros (2002, p. 80):

Seria primordial notar-se que um sistema real é frequentemente muito complexo e as simulações que o descrevem são sempre baseadas em modelos que contêm, necessariamente, simplificações e aproximações da realidade. (...) Existe uma diferença significativa entre o ato de experienciar-se um fenômeno através de um fenômeno real e de uma simulação computacional.

Ao contrário das atividades computacionais, a atividade experimental, que é incumbida de avaliar os modelos teóricos segundo Bunge, possibilita que o aluno se aproxime dos referentes reais e dos eventos em análise, propiciando-lhe melhores condições para apreciar a influência dos aspectos desprezados pelo modelo conceitual. A análise de erros evidencia aos alunos o papel da modelagem científica, enfatizando o caráter abstrato das teorias específicas e possibilitando uma avaliação da precisão das mesmas. Portanto, o uso combinado de atividades experimentais e atividades computacionais tem o potencial para promover a aprendizagem baseada nos três aspectos centrais do ensino de Física:

- (1) aprender ciência – adquirir e desenvolver conhecimento conceitual e teórico;
- (2) aprender acerca da ciência – desenvolver uma compreensão sobre a natureza e métodos da ciência e uma percepção das complexas interações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente;
- (3) fazer ciência – empenhar-se e desenvolver competências em investigação científica e resolução de problemas (Hodson, 1994).

Buscamos nesta seção apresentar a modelagem científica de Bunge como um suporte epistemológico para usos integrados de AE e AC. Na seção seguinte passamos a apresentar a “Teoria do Comportamento Planejado”, que foi utilizada como referencial teórico e metodológico no terceiro estudo relatado neste trabalho (seção 4.3).

3.3 A Teoria do Comportamento Planejado (TCP) de Icek Ajzen

A Teoria do Comportamento Planejado (TCP) é uma das mais respeitadas propostas que utilizam o conceito de atitude como um dos determinantes das *intenções comportamentais* dos sujeitos. Proposta pelo psicólogo social Icek Ajzen em 1985, a TCP vem sendo amplamente utilizada e tem apresentado bons resultados tanto nas ciências sociais como em pesquisas educacionais (e. g. CRAWLEY & BLACK, 1990; AJZEN, 1991a; ZINT, 2002; KRIEK & STOLS, 2010).

Ajzen (1991a) destaca que o uso de disposições subjacentes estáveis para explicar o comportamento humano é uma prática comum para psicólogos. A psicologia da personalidade, por exemplo, emprega o conceito de “traço pessoal” para uma característica de um indivíduo que exerce uma influência penetrante sobre uma ampla gama de comportamentos. Sociabilidade, independência, hostilidade e estabilidade emocional são alguns dos traços pessoais que podem ser identificados em alguns indivíduos. De forma similar, a psicologia social tem focado sua atenção no conceito de “atitude” para explicar o comportamento humano. O termo é definido como uma disposição para responder favorável ou desfavoravelmente frente a um objeto, pessoa, instituição ou evento, ou seja, são, em essência, avaliações que o sujeito faz sobre determinada coisa que o levam a responder de forma positiva ou negativa. Os traços pessoais, ao contrário, não são necessariamente avaliações e não focam algum particular alvo externo ao sujeito, assim como, comparando-se com as atitudes, são muito mais resistentes a transformações. No entanto, claramente os dois termos referem-se a construtos hipotéticos que se manifestam em uma grande variedade de comportamentos observáveis (idem).

Como mencionado na introdução, na TCP as intenções comportamentais são determinadas por três construtos independentes:

- *atitude do sujeito em relação ao comportamento*, ou seja, a sua avaliação favorável ou desfavorável quanto ao objeto, pessoa, instituição ou evento em questão;
- *norma subjetiva*, relacionada à pressão social, percebida pelo sujeito, para se comportar ou não de tal maneira;
- *grau de controle comportamental percebido*, associado à facilidade ou dificuldade percebida pelo sujeito para manifestar o comportamento.

Como regra geral, quanto mais favorável a atitude e a norma subjetiva no que diz respeito a um comportamento, e quanto maior o controle comportamental percebido, maior deve ser a intenção do indivíduo de manifestar tal comportamento. A importância relativa desses três construtos na predição das intenções deverá variar com os diferentes comportamentos e situações. Assim, em algumas aplicações pode ser concluído que apenas as atitudes têm um impacto significativo sobre as intenções, assim como em outras os três preditores podem ter contribuições significativas e interdependentes.

As subseções que seguem apresentam as ideias centrais dessa teoria.

3.3.1 Atitude: um construto multidimensional

As atitudes são construtos hipotéticos que, apesar de inacessíveis à observação direta, podem ser inferidas por meio de respostas mensuráveis. Essas respostas devem refletir avaliações positivas ou negativas frente ao objeto de estudo e comumente são divididas pelos psicólogos sociais em três categorias: cognitivas, afetivas e conativas. Além disso, é comum a separação entre respostas verbais e não verbais. A Quadro 6 apresenta as seis categorias de respostas usadas para inferir atitudes (AJZEN, 1991a, p.5).

Quadro 6 – Respostas usadas para inferir atitudes (AJZEN, 1991a, p. 5).

| Modalidades de respostas | Categorias de respostas | | |
|--------------------------|--------------------------------------|--|--|
| | Cognitiva | Afetiva | Conativa |
| Verbal | Expressões de crenças sobre o objeto | Expressões de sentimentos sobre o objeto | Expressões de intenções comportamentais |
| Não Verbal | Reações perceptuais ao objeto | Reações fisiológicas sobre o objeto | Notórios comportamentos com respeito ao objeto |

As respostas cognitivas refletem as percepções e informações do indivíduo sobre o objeto de estudo. Podemos inferir, por exemplo, a atitude de um docente quanto ao uso didático de atividades experimentais por meio de suas crenças que vinculam as atividades experimentais a certas características ou atributos, expressas verbalmente. São exemplos de crenças que evidenciam atitude positiva ou negativa frente ao uso didático de atividades experimentais: as atividades experimentais promovem a conexão entre teoria e realidade; as atividades experimentais promovem o trabalho colaborativo ou as atividades experimentais consomem muito tempo. As respostas cognitivas de natureza não verbal são de difícil acesso e as informações provenientes delas são usualmente indiretas. Como exemplo, podemos inferir a atitude de um professor frente a atividades experimentais no ensino por meio de suas reações enquanto assiste a uma palestra em que são postas críticas ao uso desse recurso.

Respostas afetivas são as manifestações do indivíduo de seus sentimentos sobre o objeto de estudo. Um professor, por exemplo, pode exprimir que se sente bem ao promover atividades computacionais, evidenciando uma atitude positiva frente ao uso desse recurso.

As respostas de natureza conativa são inclinações comportamentais, intenções, compromissos ou ações em relação ao objeto de estudo. Exprimindo que tem a intenção de promover atividades computacionais em suas aulas, um professor está evidenciando por meio de uma resposta verbal que tem atitude positiva frente ao uso didático de tal recurso. Buscando artigos sobre o uso de atividades computacionais no ensino e lendo livros sobre o

assunto, o indivíduo estará demonstrando que tem atitude positiva frente a esse recurso através de uma resposta não verbal.

Alguns autores têm tratado da distinção entre respostas cognitivas, afetivas e conativas não somente como categorias, mas como diferentes componentes teóricos da atitude e, portanto, consideram a atitude como um construto multidimensional. Um indivíduo, por exemplo, pode ter um sentimento ruim frente ao hospital (componente afetiva), mas, ao mesmo tempo, concordar que os médicos são qualificados (componente cognitiva) e aceitar ser submetido a uma operação (componente conativa). No entanto, pesquisas têm mostrado que, em muitos casos, tais componentes são altamente correlacionadas e, portanto, refletem o mesmo construto hipotético (AJZEN & FISHBEIN, 1980). Dessa forma, seria possível a promoção de medidas de atitude por meio de apenas uma das categorias de respostas.

3.3.2 Comportamento: definição e medidas

Ajzen e Fishbein (1980) alertam que uma medida de comportamento não é uma medida tão simples quanto parece em uma primeira aproximação. Isso decorre principalmente pelo fato de que frequentemente as pessoas falham ao distinguir entre comportamentos e resultados, e confundem ações singulares com categorias comportamentais. Quando se mede um comportamento por meio do sucesso em uma prova temos exemplo dessas confusões. Claramente o sucesso em uma prova é uma consequência de ações específicas como ler livros, memorizar materiais, ou até mesmo copiar a prova de outra pessoa. É importante perceber que tal consequência pode ser influenciada por fatores não relacionados com o comportamento do indivíduo, como a dificuldade da prova, condições do ambiente da prova, etc. Dessa forma, para entender como os resultados são produzidos, pode-se promover um estudo não somente sobre os efeitos das ações das pessoas, mas também os efeitos de fatores externos que influenciam a ocorrência dos resultados em questão. Apesar de essa ser uma área de investigação legítima, a TCP versa somente sobre a predição de comportamentos.

O fato de passar em uma prova está relacionado com estudo. Esse termo geral é inferido por um conjunto de mais de um comportamento específico e é chamado de categoria comportamental. Obviamente, é impossível se observar categorias comportamentais diretamente; só podemos observar ações singulares. Por exemplo, nunca observamos o comportamento “estudar”; só observaremos ações específicas como leitura de livros, realização de anotações, etc. Para medirmos uma categoria comportamental, podemos observar diferentes comportamentos específicos. Somente com a observação isolada de um comportamento específico não é possível que se infira uma categoria comportamental.

Definido o comportamento de interesse (sendo uma ação singular ou uma categoria comportamental) uma etapa seguinte é a medida dele. Claramente a forma como fazemos as observações influencia o tipo de dados que obtemos. Por exemplo, o comportamento de um professor em uma aula sobre dinâmica pode ser muito diferente do seu comportamento em uma aula sobre eletromagnetismo ou mesmo em uma aula sobre dinâmica no ano seguinte. Percebe-se, portanto, que as medidas de comportamento não envolvem puramente a ação do indivíduo, mas envolvem também o alvo, o contexto e o tempo do comportamento. Da mesma forma que podemos estar interessados em ações singulares ou categorias comportamentais, devemos ter claramente definidos os elementos do comportamento que estamos interessados, ou seja, qual ação, alvo, contexto e tempo que estamos interessados em estudar no desenvolvimento da pesquisa.

3.3.3 Predizendo o comportamento

De acordo com a TCP o comportamento é determinado por uma função das intenções comportamentais e do controle comportamental percebido. Diversos estudos têm corroborado tal pressuposto em diferentes tipos de comportamento (AJZEN, 1991a). No entanto, para uma predição fundamentada, algumas condições devem ser contempladas. Primeiramente, as medidas da intenção e do controle comportamental percebido devem ser correspondentes ou compatíveis com o comportamento que se quer prever, ou seja, as intenções e as percepções de controle devem ser avaliadas em relação a um particular comportamento de interesse e ao mesmo contexto, alvo e tempo específico desse comportamento. Além disso, as intenções e o controle comportamental percebido devem permanecer estáveis no intervalo entre suas avaliações e observação do comportamento (AJZEN, 1991b).

Uma terceira condição para uma boa predição do comportamento refere-se ao controle comportamental percebido. Tal medida apresenta dois aspectos distintos: o quanto o indivíduo tem controle sobre o comportamento, ou seja, se tem habilidade, informações e oportunidade para manifestar o comportamento, e o quanto a pessoa se sente confiante para realizar ou não realizar o comportamento (FRANCIS et al., 2004). Para a obtenção de uma boa correlação entre o comportamento e o controle comportamental percebido, a medida de tal construto deve ser a mais próxima do controle comportamental real, ou seja, o controle comportamental percebido deve refletir as reais dificuldades que o indivíduo tem para manifestar o comportamento (AJZEN, 1991b).

3.3.4 Determinantes das atitudes, das normas subjetivas e dos controles comportamentais percebidos

Segundo a TCP, as atitudes são determinadas pelas crenças comportamentais sobre o comportamento em questão. Tais crenças são proposições que ligam o comportamento com uma determinada consequência ou algum outro atributo. De modo geral, podemos dizer que as atitudes estão relacionadas com os sentimentos dos indivíduos, e elas são moldadas pelo conhecimento que o sujeito tem sobre o comportamento, ou seja, pelas suas crenças. Uma vez que os atributos que venham a ser relacionados com o comportamento por meio de uma crença comportamental já estão valorizados de forma positiva ou negativa, simultaneamente associamos a ele uma atitude. Assim, no curso de nossas vidas adquirimos diferentes crenças que determinam nossas atitudes sobre uma variedade de eventos, ações e objetos. Essas crenças podem ser formadas como resultado da observação direta, de processos de inferência ou pela aceitação de informações provenientes de outras fontes como amigos, televisão, jornais, livros, etc. Algumas crenças podem persistir com o passar do tempo; outras podem enfraquecer ou desaparecer. Além disso, novas crenças podem ser formadas e, dessa forma, as pessoas podem ter um grande número de crenças sobre um dado objeto. Apesar disso, elas consideram somente um número relativamente pequeno, talvez oito ou nove, em um dado momento e essas são as crenças que denominamos de crenças salientes. São elas que imediatamente determinam a atitude do sujeito (AJZEN, 1991a).

Aprendemos a favorecer comportamentos que, segundo nossa avaliação, tenham consequências desejáveis e, da mesma forma, formamos atitudes desfavoráveis para comportamentos que associamos com consequências indesejáveis (*idem*). O modelo proposto pela TCP para a medida da Atitude (A) em função das crenças leva em consideração a intensidade da crença e a avaliação de suas consequências, por meio da seguinte equação:

$$A \propto \sum_{i=1}^N b_i \cdot e_i \quad . \quad (\text{III.1})$$

Na equação acima, b_i é a intensidade da crença i e e_i é a avaliação das consequências decorrentes da crença i .

A Norma Subjetiva (NS) também é função de crenças. No entanto, as crenças que moldam a norma subjetiva são chamadas de crenças normativas. Elas refletem a confiança do indivíduo de que um específico indivíduo ou grupo importante para ele aprove ou desaprove que ele se comporte de determinada maneira. De forma semelhante às atitudes, no modelo para mensuração da NS a intensidade da crença normativa b_i é multiplicada pela motivação da pessoa (m_i) para considerá-la (*ibidem*, p. 121).

$$NS \propto \sum_{i=1}^N b_i \cdot m_i \quad . \quad (III.2)$$

NS é diretamente proporcional à soma dos produtos obtidos através do N referentes salientes.

O Controle Comportamental Percebido (CCP) pode ser baseado na experiência adquirida por manifestação anterior do comportamento. No entanto, geralmente eles são influenciados por informações das experiências de conhecidos e amigos e por outros fatores que aumentam ou reduzem a dificuldade percebida de manifestar o comportamento em questão, como, por exemplo, a habilidade para realizá-lo. Assim, o modelo é dado pela equação:

$$CCP \propto \sum_{i=1}^N b_i \cdot p_i \quad . \quad (III.3)$$

Cada crença de controle (b_i) é multiplicada pela potência percebida (p_i) para facilitar ou inibir o desempenho do comportamento, e os produtos resultantes são somados sobre todas as N crenças de controle salientes para aferir o CCP .

3.3.5 Intervenções baseadas na TCP

Intervenções com o intuito de mudar o comportamento podem ser dirigidas a um ou mais dos seus determinantes: as atitudes, as normas subjetivas ou o controle comportamental percebido. Alterações nesses fatores devem provocar mudanças nas intenções comportamentais e, conseqüentemente, devem provocar modificações no comportamento (AJZEN, 2006a). No entanto, o sujeito que planeja a intervenção deve considerar se há espaço para a mudança no construto selecionado. Se, por exemplo, uma pesquisa já mostra que a atitude dos indivíduos alvo é altamente favorável ao comportamento, é pouco provável que uma intervenção destinada a tornar as atitudes dos sujeitos ainda mais favorável vá obter bons resultados. Nesse caso, deve-se selecionar outro alvo que ofereça mais espaço para modificações (*idem*).

Caso a pesquisa exploratória mostre que há espaço para a mudança em dois ou três indicadores, é possível considerar ainda o peso relativo na previsão das intenções e do comportamento que tal construto tem. De modo geral, quanto maior o peso relativo de um determinado fator, mais provável será que a mudança deles influencie as intenções comportamentais e o comportamento dos indivíduos. Além disso, definido o alvo da

intervenção, é possível ainda a escolha entre intervir na robustez das crenças salientes ou nos seus valores de escala. Cabe ressaltar ainda que muitas vezes é mais fácil produzir mudanças através da introdução de informação, levando à formação de novas crenças, do que modificar as crenças existentes (idem).

3.3.6 Orientações metodológicas para a TCP segundo Icek Ajzen

Crenças desempenham um papel central na Teoria do Comportamento Planejado. Elas são consideradas as bases cognitivas e afetivas para as atitudes, normas subjetivas e para o controle comportamental percebido. Ao medir as crenças, portanto, podemos, teoricamente, investigar por que as pessoas têm certas atitudes, normas subjetivas e controles comportamentais percebidos. Esta informação pode ser inestimável para a eficácia dos programas de intervenção comportamental. É importante perceber, entretanto, que esta função explicativa é considerada apenas para as crenças salientes, ou seja, as crenças que são facilmente acessíveis na memória (AJZEN, 2006b).

Enquanto que as crenças salientes são identificadas por meio de questões dissertativas, as atitudes, normas subjetivas, controles comportamentais percebidos e intenções comportamentais são usualmente avaliadas por meio de questionários do tipo Likert ou Thurstone (idem). Ao desenvolver as escalas, as medidas devem ser compatíveis com o comportamento em termos de ação, alvo, contexto e tempo (idem). Ajzen & Fishbein (1980) exemplificam tais medidas com um caso em que o comportamento de interesse é o voto na próxima eleição presidencial em um local onde o voto é facultativo. Nesse exemplo ação (voto), alvo (eleição presidencial) e tempo (próxima eleição) estão especificados. Logo, durante a confecção do instrumento de medida, o pesquisador deve se certificar que suas medidas correspondem exatamente ao comportamento que ele tem em mente. Para, por exemplo, medir intenções comportamentais, são confeccionados itens no moldes do exemplo a seguir:

Eu pretendo votar na próxima eleição presidencial.

provável : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : improvável

O mesmo procedimento pode ser usado para medidas de atitude em relação ao comportamento.

Para mim, meu voto na próxima eleição presidencial é

benéfico : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : prejudicial

bom : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ruim

Algumas questões também devem ser formadas para mensurar as normas subjetivas.

A maior parte das pessoas que são importantes para mim pensam que

eu devo : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : eu não devo

votar nas próximas eleições.

Para medir o controle comportamental percebido, dois tipos de itens devem ser produzidos. Alguns deles devem ter relação com a dificuldade de se comportar de uma determinada maneira.

Tenho capacidade para escolher um bom presidente para o país na próxima eleição.

definitivamente verdadeiro : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : definitivamente falso

Outros itens devem estar relacionados com a controlabilidade do comportamento.

Se julgar necessário, posso votar na próxima eleição.

definitivamente verdadeiro : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : definitivamente falso

Com tais medidas, já é possível que seja feita uma boa predição de um comportamento. No entanto, para o entendimento dos motivos que levam os indivíduos a manifestarem determinado comportamento é necessário que sejam exploradas as crenças que levam tais sujeitos a adotarem tais atitudes. Para isso, o primeiro passo a ser tomado é um levantamento das crenças salientes dos indivíduos. A fim de detectar as crenças comportamentais, são propostas questões discursivas aos respondentes para que eles explicitem as consequências salientes do comportamento estudado. Por exemplo:

- 1) Quais vantagens você atribui ao ato de votar na próxima eleição?
- 2) Quais desvantagens você atribui ao ato de votar na próxima eleição?

O mesmo deve ser feito para a detecção das crenças normativas. São então propostas questões para que os respondentes explicitem os referentes salientes da norma subjetiva.

- 1) Quais pessoas ou grupos aprovarão seu ato de ir votar na próxima eleição?
- 2) Quais pessoas ou grupos desaprovam seu ato de ir votar na próxima eleição?

De forma semelhante devemos detectar os fatores de controle salientes para medir o controle comportamental percebido.

- 1) Quais as principais dificuldades que você enfrentará para ir votar na próxima eleição?

Por meio da análise de conteúdo das respostas apresentadas nas questões discursivas, são definidas as crenças comportamentais salientes, as crenças normativas salientes e as crenças de controle salientes. No caso das crenças comportamentais, o passo seguinte é a medição da intensidade da crença e da avaliação de suas consequências.

Intensidade da crença comportamental:

Meu voto na próxima eleição ajudará o candidato X a se eleger.

provável : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : improvável

Avaliação das consequências:

Ajudar o candidato X é

bom : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : ruim

Conforme a equação III.1 (seção 3.3.4), a atitude dos respondentes pode então ser medida pelo somatório do produto da intensidade das crenças pela avaliação de suas consequências.

A norma subjetiva dos respondentes depende da robustez das crenças normativas e da motivação do sujeito a considerar tal crença.

Intensidade da crença normativa:

Meus parentes pensam que

eu devo : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : eu não devo

votar na próxima eleição presidencial.

Motivação para considerá-la:

Na decisão de votar na próxima eleição, quanto a opinião dos meus parentes influencia?

muito : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : nada

A equação III.2 mostra que a norma subjetiva pode ser calculada pelo somatório do produto da intensidade das crenças normativas pela motivação dos respondentes para considerá-la.

Por fim, o controle comportamental percebido depende da robustez das crenças de controle e do poder delas.

Intensidade da crença de controle:

A urna onde devo votar é distante da minha residência.

concordo plenamente : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : discordo plenamente

Poder da crença de controle:

A distância do local de votação até minha residência é determinante para que eu vote
na próxima eleição presidencial.

concordo plenamente : ___ : ___ : ___ : ___ : ___ : discordo plenamente

De acordo com a equação III.3, o controle comportamental percebido é medido pelo somatório do produto da intensidade das crenças de controle pelo poder de cada uma delas.

Finalizadas as medidas de atitude, controle comportamental e norma subjetiva, usualmente é realizada uma regressões linear das medidas de intenção comportamental em função de tais construtos. Com isso, é possível se inferir a influência que cada um deles exerce sobre as intenções comportamentais dos respondentes. Tal informação é muito valiosa para o planejamento de programas de intervenção, pois, de posse dela, o programa não sofre o risco de buscar promover mudanças em construtos que não dispõem de espaço para mudanças ou que, por algum motivo, não são determinantes das intenções comportamentais. Além disso, é usual que se façam cálculos de fidedignidade das medidas realizadas. Valores da ordem de 0,65 para o coeficiente alfa de Cronbach (CRONBACH, 1951) das questões produzidas para a aferição da atitude, norma subjetiva e controle comportamental percebido têm sido considerados satisfatórios (e. g. PALAIGEORGIOU, SIOZOS, KONSTANTAKIS, & TSOUKALAS, 2005; MAZZITELLI & APARICIO, 2009).

A TCP foi utilizada como referencial teórico e metodológico no terceiro estudo relatado neste trabalho (seção 4.3). Para sua realização, foi produzido um questionário baseado nas orientações metodológicas de Ajzen. Buscamos com ele realizar medidas de atitude, norma subjetiva, controle comportamental percebido e intenções comportamentais de professores de Física em relação ao uso de AE e AC para fins didáticos.

4. Resultados e Discussões

Neste capítulo apresentamos os resultados referentes aos três estudos de caso desenvolvidos neste trabalho. Além disso, na medida em que são apresentados os dados, é discutida uma possível interpretação para tais resultados.

4.1 Estudo 1: Crenças e atitudes sobre o uso de AE, AC e integrações de ambas no contexto de um mestrado profissional

O primeiro estudo relatado nesse trabalho teve por objetivo comparar os resultados apontados nos principais artigos sobre AE, AC e combinações de ambas com a visão de professores da educação básica sobre o uso de tais recursos. Para isso, foi confeccionado um questionário com o intuito de aferir a atitude e as crenças dos respondentes sobre o uso dessas estratégias didáticas. Buscou-se também, com a aplicação do instrumento, validar o questionário produzido.

4.1.1 Integrantes do estudo

O grupo de participantes deste pesquisa, que constitui o caso deste estudo exploratório, é composto por alunos e ex-alunos de um mestrado profissional em ensino de Física. No curso são discutidos conteúdos de Física, aspectos teóricos, metodológicos e epistemológicos do ensino de Física e do uso de tecnologias de informação de comunicação no ensino de Física. Foram enviadas mensagens eletrônicas a todos os alunos de tal curso, atuais e anteriores, solicitando que respondessem a um formulário eletrônico. Os 52 professores que responderam a essa solicitação compõem os participantes do presente estudo, sendo 25 alunos do mestrado profissional e 27 mestres. Dos 25 alunos, 10 eram calouros, cursando os primeiros meses do curso, e 15 já se encontravam com, no mínimo, um ano de curso, tendo realizado disciplinas que envolviam reflexões sobre o uso de AE, AC e combinações de ambas.

4.1.2 Instrumento de coleta de dados

Para o desenvolvimento desse estudo, confeccionamos um questionário seguindo as orientações usuais utilizadas para tal fim, como, por exemplo, as propostas por Vianna (1982, p. 71). Além disso, tal instrumento foi avaliado e aprovado por quatro especialistas. Algumas das principais precauções foram:

- apresentar os itens com a maior clareza possível,

- desenvolver os itens a partir de ideias relevantes apontadas na literatura,
- eliminar o uso de fraseologias estereotipadas e evitar itens baseados em elementos demasiadamente específicos
- equilibrar o número de questões com suporte negativo e com suporte positivo.

O questionário contou com 22 afirmativas em que os respondentes deveriam expressar sua concordância em uma escala de cinco níveis. Para favorecer uma melhor compreensão das opiniões dos respondentes e detectar suas crenças, o questionário possibilitava que todas as alternativas fossem justificadas e/ou comentadas. Adicionalmente, foi realizado um levantamento sobre o uso de AE e AC na formação docente dos respondentes e nas aulas que eles ministram e foram propostas seis questões discursivas com o objetivo de avaliar: a) se as crenças dos respondentes estão alinhadas às vantagens e limitações do uso de AE e AC no ensino da Física apontadas pela literatura; b) se os professores implementam tais ferramentas em sua prática e c) quais os maiores desafios/dificuldades nessa implementação.

Cada afirmativa foi elaborada com o foco em algum aspecto considerado relevante na literatura ou pelo grupo de quatro pesquisadores que validaram o questionário. Em cada uma delas, o respondente manifestava seu nível de concordância, dando-nos informações sobre as suas atitudes, e, opcionalmente, poderia justificar a escolha de tal nível, dando-nos indícios sobre as suas crenças. Por exemplo, as duas frases abaixo são afirmativas que visavam coletar informações sobre as crenças e atitudes dos professores sobre o uso integrado das AE e AC.

- O desenvolvimento de uma atividade de ensino baseada em simulações computacionais realistas torna desnecessária a posterior exploração de uma atividade experimental.
- Sempre que possível, atividades experimentais devem ser complementadas por atividades baseadas em simulações computacionais.

Algumas afirmativas foram inseridas com o intuito de avaliar as crenças e atitudes dos respondentes sobre AE e AC. Dois exemplos:

- O uso de atividades experimentais é indispensável para o processo de ensino-aprendizagem de Física.
- A atividade experimental sempre deve ser preferida em relação à atividade baseada em simulações computacionais.

Baseadas nas vantagens e desvantagens das AE e das AC apontadas na literatura, outras afirmativas foram incluídas com o intuito de analisar as crenças e atitudes dos respondentes no que se refere às particularidades de tais recursos e de compará-las com o que é apontado nas mais recentes pesquisas.

- Atividades baseadas em simulações computacionais não têm potencial para promover o trabalho em grupo.
- Atividades experimentais não podem ser substituídas sem prejuízos por atividades computacionais, mesmo quando a simulação computacional utilizada é muito semelhante ao fenômeno Físico em estudo.

Em seguida, foi realizado um levantamento com os professores sobre o uso de AE e AC nas aulas que ministram, assim como nas que tiveram em sua própria formação docente. Apresentamos oito questões objetivas em que os respondentes foram solicitados a indicar o nível percentual que melhor se adequasse à sua situação.

- Você costuma utilizar simulações computacionais em que porcentagem de suas aulas?
- Como você caracteriza a qualidade do laboratório de Física do principal colégio onde você ministra aulas?
- Na sua formação como docente, você realizou atividades que usufruíam de simulações computacionais em que porcentagem de suas aulas?
- Como você avalia a contribuição das atividades experimentais na sua formação docente?

O conjunto das 22 afirmativas constantes no questionário pode ser visto na primeira coluna da Tabela 1. Por fim, foram propostas seis questões com o objetivo de avaliar as crenças do respondentes sobre o uso de AE e de AC.

- Existem vantagens no uso de simulações computacionais no ensino da Física? Quais?
- Existem desvantagens no uso de simulações computacionais no ensino da Física? Quais?
- Existem vantagens no uso de atividades experimentais no ensino da Física? Quais?
- Existem desvantagens no uso de atividades experimentais no ensino da Física? Quais?
- Em quais conteúdos da Física você acredita que as atividades experimentais e as simulações computacionais mais podem contribuir para o processo de ensino-aprendizagem?
- Você pretende implementar simulações computacionais e/ou atividades experimentais nas suas aulas em um futuro próximo? Quais os desafios/dificuldades para esta implementação?

4.1.2 Resultados

A análise dos dados obtidos evidenciou professores alinhados com a literatura em alguns aspectos, mas distantes dela em outros. Contudo, as justificativas apontadas pelos respondentes a essas questões também evidenciaram algumas falhas na produção do instrumento. Na análise que será apresentada a seguir, primeiramente buscaremos cruzar os resultados obtidos por meio dos níveis de concordância apontados pelos respondentes para as afirmativas apresentadas com os resultados obtidos por meio das justificativas apresentadas por eles às suas escolhas. Em seguida, apresentaremos os resultados obtidos por meio da

análise de conteúdo das respostas dos professores às questões discursivas. Por fim, promoveremos algumas reflexões sobre o levantamento que foi realizado nesse estudo. Permeando a apresentação dos resultados, serão destacados ainda os equívocos realizados na sua produção que motivaram alterações em sua segunda versão que foi utilizada no Estudo 2 desta dissertação (seção 4.2).

Análise dos níveis de concordância apresentados para as afirmativas propostas

A Tabela 1 apresenta o número de professores que apontou cada um dos níveis de concordância para cada uma das afirmativas apresentadas no questionário.

Tabela 1 – Para cada uma das afirmativas do questionário do Estudo 1 (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (Concordo Fortemente, Concordo, Indeciso ou sem opinião, Discordo, e Discordo Fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF).

| AFIRMATIVAS | RESULTADOS | | | | |
|--|------------|-------|-------|-------|-------|
| | CF | C | I | D | DF |
| 1) Para ensinar Física, atividades baseadas em simulações computacionais devem ser complementadas por atividades experimentais sempre que possível. | 14 | 23 | 1 | 12 | 2 |
| | 26,9% | 44,2% | 1,9% | 23,1% | 3,8% |
| 2) O uso de simulações computacionais é um recurso fundamental para auxiliar o ensino-aprendizagem de Física. | 16 | 26 | 1 | 8 | 1 |
| | 30,8% | 50,0% | 1,9% | 15,4% | 1,9% |
| 3) O desenvolvimento de uma atividade de ensino baseada em simulações computacionais realistas torna desnecessária a posterior exploração de uma atividade experimental. | 1 | 9 | 1 | 28 | 13 |
| | 1,9% | 17,3% | 1,9% | 53,8% | 25% |
| 4) Atividades experimentais estimulam o aluno a participar ativamente do processo de ensino/aprendizagem. | 25 | 20 | 5 | 1 | 1 |
| | 48,1% | 38,5% | 9,6% | 1,9% | 1,9% |
| 5) O uso de atividades experimentais é indispensável para o processo de ensino-aprendizagem de Física. | 16 | 17 | 3 | 14 | 2 |
| | 30,8% | 32,7% | 5,8% | 26,9% | 3,8% |
| 6) Atividades baseadas em simulações computacionais não têm potencial para promover o trabalho em grupo. | 0 | 3 | 1 | 28 | 20 |
| | 0,0% | 5,8% | 1,9% | 53,8% | 38,5% |
| 7) Eu gostaria de frequentar um curso de Física em que simulações computacionais constituem uma parte importante do curso. | 23 | 25 | 2 | 2 | 0 |
| | 44,2% | 48,1% | 3,8% | 3,8% | 0,0% |
| 8) O desenvolvimento de uma atividade experimental torna desnecessária a posterior exploração de simulações computacionais sobre o mesmo tópico. | 2 | 3 | 2 | 34 | 11 |
| | 3,8% | 5,8% | 3,8% | 65,4% | 21,2% |
| 9) Muitas vezes é preferível fazer uma demonstração experimental do que deixar que os próprios alunos trabalhem em pequenos grupos. | 2 | 16 | 9 | 21 | 4 |
| | 3,8% | 30,8% | 17,3% | 40,4% | 7,7% |

| | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10) Sempre que possível, atividades experimentais devem ser complementadas por atividades baseadas em simulações computacionais. | 15 | 24 | 4 | 7 | 2 |
| | 28,8% | 46,2% | 7,7% | 13,5% | 3,8% |
| 11) Simulações computacionais fazem com que o aluno assuma uma postura passiva frente às atividades propostas. | 0 | 3 | 3 | 33 | 13 |
| | 0,0% | 5,8% | 5,8% | 63,5% | 25% |
| 12) Eu gostaria de frequentar cursos de Física em que a combinação de simulações computacionais e experimentos constituem parte importante do curso. | 31 | 19 | 2 | 0 | 0 |
| | 59,6% | 36,5% | 3,8% | 0,0% | 0,0% |
| 13) Quando passíveis de realização, as atividades experimentais ajudam o aluno a compreender certos conceitos e/ou procedimentos melhor do que atividades baseadas em simulações computacionais e devem sempre ser preferidas. | 5 | 16 | 8 | 21 | 2 |
| | 9,6% | 30,8% | 15,4% | 40,4% | 3,8% |
| 14) Mesmo em casos em que é possível a realização de atividades experimentais, as simulações computacionais ajudam o aluno a compreender melhor os conceitos do que atividades experimentais, devendo sempre ser preferidas. | 2 | 4 | 9 | 28 | 9 |
| | 3,8% | 7,7% | 17,3% | 53,8% | 17,3% |
| 15) Simulações computacionais não devem ser exploradas em situações onde podem ser realizadas atividades experimentais. | 0 | 3 | 3 | 28 | 18 |
| | 0,0% | 5,8% | 5,8% | 53,8% | 34,6% |
| 16) Atividades experimentais não têm o potencial de promover o trabalho em grupo. | 0 | 1 | 0 | 19 | 32 |
| | 0,0% | 1,9% | 0,0% | 36,5% | 61,5% |
| 17) Deve-se buscar utilizar simulações computacionais com apresentação mais próxima da realidade possível. | 18 | 25 | 2 | 5 | 2 |
| | 34,6% | 48,1% | 3,8% | 9,6% | 3,8% |
| 18) Eu gostaria de frequentar um curso de Física em que atividades experimentais constituem uma parte importante do curso. | 19 | 25 | 4 | 4 | 0 |
| | 36,5% | 48,1% | 7,7% | 7,7% | 0,0% |
| 19) Atividades experimentais não podem ser substituídas sem prejuízos por atividades computacionais, mesmo quando a simulação computacional utilizada constitui uma boa representação do fenômeno Físico em estudo. | 5 | 14 | 2 | 27 | 4 |
| | 9,6% | 26,9% | 3,8% | 51,9% | 7,7% |
| 20) Muitas vezes é preferível fazer uma demonstração experimental do que deixar que os alunos trabalhem diretamente com o computador em pequenos grupos. | 3 | 14 | 8 | 22 | 5 |
| | 5,8% | 26,9% | 15,4% | 42,3% | 9,6% |
| 21) A atividade experimental sempre deve ser preferida em relação à atividade baseada em simulações computacionais. | 3 | 8 | 9 | 28 | 4 |
| | 5,8% | 15,4% | 17,3% | 53,8% | 7,7% |
| 22) Muitas vezes é preferível o professor mostrar uma simulação computacional para toda a turma do que deixar que os alunos trabalhem diretamente com o computador em pequenos grupos. | 1 | 11 | 3 | 18 | 10 |
| | 2,3% | 25,6% | 7,0% | 41,9% | 23,3% |

Partindo da análise dos dados, foi possível observar certas regularidades em alguns aspectos das crenças dos docentes. Uma delas é a atribuição de maior importância às

atividades experimentais em comparação às baseadas em simulações computacionais. Apesar de os níveis de concordância atribuídos pelos respondentes às afirmativas 2 e 5 sugerirem, em uma primeira observação, uma valorização maior por parte dos professores às AC em relação às AE, as justificativas dadas pelos respondentes deixaram claro que, para eles, as AE são mais importantes que as AC para o ensino de Física. Tal diferença é mais evidente entre os calouros do curso. Apesar de concordarem que as simulações computacionais são importantes para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem de Física, foram comuns respondentes argumentando que tal recurso não é fundamental, mas sim complementar. Como exemplo, um respondente afirmou que a simulação computacional “é mais um recurso que se soma a tantos outros que pode facilitar o processo de construção do conhecimento”. Nesta mesma direção, outro professor disse: “Eu não diria que é fundamental, mas sim complementar!”.

De forma contrária, os respondentes encaram as AE como algo imprescindível para o ensino da Física. Um dos respondentes foi enfático, afirmando que “não se ensina Física sem atividades experimentais”. Outro destacou que “a atividade experimental é uma faceta essencial da Física e que, sempre que possível, deve ser uma prioridade”. Além disso, alguns professores explicitaram sua preferência pelo uso de AE. Argumentando em favor desta opinião, um dos respondentes afirmou que “o contato com o experimento sempre é bastante enriquecedor e motivador para o ensino de Física”. Outro disse que, apesar de suas limitações, “as atividades experimentais têm mais impacto sobre os educandos”.

Analisando as justificativas apontadas para as afirmativas 2 e 5, percebemos que houve respondentes que não concordavam com a proposição 5 por não concordarem com o termo “indispensável” para caracterizar o uso de AE no ensino de Física. “Não sei se concordo com o termo indispensável. Mas tenho certeza que é muito importante”, disse um dos respondentes. Outro afirmou que “indispensável talvez não o seja, mas é uma ferramenta muito importante”. Possivelmente, este foi o motivo pelo qual menos respondentes concordaram com tal proposição em relação aos que concordaram com a afirmativa 2, onde o termo utilizado para caracterizar o uso de AC foi “fundamental” ao contrário de “indispensável”.

Outro fator que evidencia que os professores conferem maior importância às AE é a diferença entre as respostas atribuídas às afirmativas 13 e 14. Enquanto apenas seis respondentes (11,5%) concordam que as simulações computacionais ajudam o aluno a compreender melhor os conceitos que as AE, 21 (40,4%) concordam que as AE ajudam o aluno a compreender certos conceitos e/ou procedimentos melhor que as AC. Contudo, pode-se perceber nas justificativas dos respondentes que a expressão “e devem sempre ser

preferidas”, incluída ao final das duas proposições (13 e 14), podem ter levado muitos dos respondentes a discordar de tais afirmativas. Como exemplo, um respondente disse que “a expressão devem sempre ser preferidas implica uma visão um tanto quanto precipitada”.

Os níveis de concordância atribuídos às afirmativas 4 e 11 evidenciam professores alinhados aos resultados de pesquisas relatadas na literatura. Praticamente todos os respondentes acreditam que tanto as AE como as AC estimulam os alunos a participar ativamente do processo de ensino-aprendizagem de Física. Além disso, alguns dos respondentes possivelmente escolheram a opção de discordância com tais afirmativas não porque acreditam que AE e AC não promovam uma aprendizagem ativa, mas sim porque tiveram experiências ruins com tais recursos em suas formações. Um deles, por exemplo, discordou das proposição 4 argumentando em sua justificativa que “dependendo de como essa atividade é conduzida, não”. Ele complementou dizendo que “nas três disciplinas experimentais que fiz na graduação, seguíamos roteiros fechados e éramos incentivados a encontrar aquilo que já era estabelecido por livros”. Semelhantemente ao ocorrido com as afirmativas 4 e 11, os níveis de concordância atribuídos pelos respondentes às proposições 6 e 16 também evidenciam respondentes alinhados à literatura. Novamente, praticamente todos os respondentes concordaram que AE e AC têm o potencial de promover o trabalho colaborativo.

A principal diferença entre as crenças dos respondentes e a literatura foi observada nos dados obtidos com a proposição 17. Diferentemente dos resultados obtidos, por exemplo, por Holton (2010) e por Grandó, Konrath e Tarouco (2003), 43 professores (82,7%) concordaram com a proposição que diz que “deve-se buscar utilizar simulações computacionais com a apresentação mais próxima da realidade possível”. Esses respondentes não levaram em conta o fato de que as simulações computacionais utilizadas para o ensino e Física devem ser condizentes com o nível de ensino dos estudantes e com os objetivos da AC, e, como discutido na capítulo 2, devem ser evitados elementos que dispersem a atenção do aluno. Houve um único aluno que salientou esse aspecto, com o seguinte depoimento “muitas vezes as atividades experimentais e simulações muito próximas da realidade podem produzir “nós” nas observações dos alunos, pois trabalham com a “ampla realidade” não conseguindo focar um determinado fenômeno. Já uma simulação mais simples pode focar mais este fenômeno”. Dois dos respondentes que discordaram de tal afirmativa argumentaram que as simulações computacionais podem evidenciar a existência dos modelos teóricos: “O que uma simulação procura mostrar não é a realidade, mas sim um modelo da realidade”. Provavelmente tais argumentos foram apresentados em função das reflexões promovidas em

disciplinas do mestrado profissional, visto que a modelagem científica e computacional é um tema bastante abordado durante o curso e que entre os calouros não foram detectados posicionamentos desse tipo.

As afirmativas 9, 20 e 22 foram inseridas para avaliar a atitude e as crenças dos respondentes em relação ao uso de demonstrações para fins didáticos. Os níveis de concordância atribuídos a tais proposições mostram professores ligeiramente inclinados a discordar que possam existir situações em que as demonstrações, tanto experimentais como com o uso de simulações computacionais, podem ser mais eficientes que as AE ou que as AC. Cabe ressaltar, no entanto, que, nas justificativas apresentadas, nenhum respondente destacou a atenção que deve ser dada para a estratégia metodológica adotada para o desenvolvimento de atividades de demonstração. Esse aspecto tem sido amplamente discutido na literatura (e.g. ARAÚJO & ABIB, 2003; CROUCH, FAGEN, CALLAN, & MAZUR, 2004) e os pesquisadores têm ressaltado que a participação ativa dos alunos nesse tipo de atividade (questionando, formulando hipóteses, avaliando a influência de variáveis, etc) é fundamental para que elas efetivamente auxiliem na aprendizagem dos estudantes.

As afirmativas 1, 3, 8, 10 e 15 evidenciam respondentes alinhados à ideia de que AE e AC se complementam e que combinando-as é possível se obter melhores resultados. Provavelmente em decorrência de uma disciplina do mestrado profissional que trata de modelagem científica, houve docentes que ressaltaram a importância do uso complementar dos dois recursos para elucidar o processo de modelagem. Um respondente destacou que “nas simulações computacionais, frequentemente as idealizações feitas não são evidentes, sendo a prática uma ferramenta importante na elucidação destes fatores tão importantes dentro do estudo de ciências”. Outro ressalta que “por mais realista que uma simulação possa parecer, ela ainda não representa a realidade na totalidade”. Um respondente defendeu o uso integrado argumentando que “a construção de conhecimento não se desenvolve da mesma forma para as diferentes pessoas”.

Apesar dos resultados, de modo geral, terem evidenciado professores alinhados à literatura no que se refere à integração de AE e AC, oito dos respondentes demonstraram em suas justificativas que ainda não percebem vantagens da combinação desses recursos. Um deles afirmou que “se a atividade de simulação reflete a realidade, ela dispensa a atividade experimental, pois seria apenas uma forma diferenciada de avaliar o mesmo princípio que rege o fenômeno de estudo”. Possivelmente esse docente acredita que uma simulação computacional pode abarcar todos os aspectos da realidade e que elas não apresentam idealizações, o que certamente não é possível. Outro professor ressaltou que “se o conceito

físico foi entendido nas simulações, não é necessário complementar com atividades experimentais”, desmerecendo a importância da construção de uma boa visão epistemológica por parte dos alunos que, segundo a literatura, só é solidamente construída com AE.

Não foi possível a identificação de grupos de afirmativas que medissem a atitude dos respondentes em relação ao uso de AE, AC ou integrações de ambas por meio de análise de componente principal (FISHBEIN & AJZEN, 1975, p. 75). As afirmativas agrupadas por meio de reconhecimento semântico igualmente revelaram baixos valores de coeficiente de fidedignidade.

Análise das respostas apresentadas às questões discursivas

As vantagens do uso de AE apontadas pelos respondentes nas questões discursivas vão ao encontro das apresentadas pela literatura. Devido ao fato de serem facultativas, sete professores não responderam a essas questões, reduzindo o número de participantes para 45 respondentes. Por meio da análise de conteúdo das respostas apresentadas, foi possível se identificar nove vantagens atribuídas as AE que foram citadas por, no mínimo, três respondentes. O Quadro 7 mostra tais vantagens e aponta o número de respondentes que destacou cada uma delas.

Quadro 7 – Vantagens atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 1 ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram.

| Vantagem do uso de AE | Respondentes (n = 45) |
|--|----------------------------------|
| Tem o potencial de motivar os estudantes | 11 |
| Promove a conexão dos conteúdos discutidos na sala de aula ou nos livros texto com a observação de fenômenos reais | 10 |
| Promove a interação dos estudantes com objetos concretos | 8 |
| Auxilia na compreensão dos conceitos | 7 |
| Possibilita a visualização e análise de fenômenos físicos | 7 |
| Ajuda na compreensão dos modelos teóricos | 5 |
| Possibilita a discussão de erros experimentais | 4 |
| Desenvolve habilidade práticas | 3 |
| Promove o trabalho colaborativo | 3 |

Além dos dados apresentados no Quadro 7, foram também citadas, cada uma por um respondente, as seguintes vantagens do uso de AE: a) o potencial para mostrar aos alunos que a natureza pode ser explicada e quantizada através do uso do método científico; b) é um elemento problematizador; c) possibilita a discussão de concepções alternativas; d) possibilita a participação ativa dos alunos; e) evidencia aos alunos a diferença entre Matemática e Física;

f) promove um nível de aprendizado mais consistente e duradouro; e g) possibilita que o aluno elabore hipóteses. Um respondente afirmou ainda que é desnecessário citar vantagens.

Pode-se perceber uma categoria de respostas apontando o desenvolvimento de habilidades práticas dos alunos como uma vantagem das AE, o que é muito questionado por Hodson, como mencionado no capítulo de revisão da literatura. Apenas três respondentes destacaram o potencial de promover o trabalho colaborativo como uma vantagem das AE, o que é bastante ressaltado nas recentes pesquisas. Corroborando os resultados de Saraiva-Neves, Caballero & Moreira (2006), muitos professores citaram a conexão entre teoria e prática como uma das vantagens do uso de AE.

Diferentemente das vantagens das AE, sobre as quais os respondentes mencionaram uma vasta lista de aspectos, diversos docentes não foram capazes de apontar limitações impostas pelas AE. Uma categoria, com 12 dos respondentes, abarca professores que afirmaram que não existem desvantagens no uso de AE. Uma das mais citadas limitações identificadas pela análise de conteúdo das respostas apresentadas foi a exigência de muito tempo para sua preparação e execução, ressaltada por sete dos respondentes, o que é amplamente discutido nos artigos de reflexão sobre AE.

Outra desvantagem das AE destacada por sete professores é a exigência de, em alguns casos, materiais indisponíveis por serem caros ou perigosos. A possibilidade de tornar a atividade muito complexa, sobrecarregando-os cognitivamente, também foi destacada por cinco respondentes. As dificuldades de manuseio dos materiais foram mencionadas por dois respondentes. Apenas um respondente destacou que, quando mal planejadas, as AE podem levar a uma concepção errônea de como se desenvolve a ciência e outros dois docentes destacaram que AE desenvolvidas com roteiros tipo “receita de bolo” não são eficientes, indo ao encontro com o que é ressaltado na literatura. Destaca-se também que somente um respondente ressaltou os problemas que podem ser causados quando as AE são desconectadas das aulas teóricas.

O Quadro 8 apresenta as desvantagens que foram apontadas por, no mínimo, três respondentes.

Quanto às vantagens das atividades baseadas em simulações computacionais apontadas pelos respondentes, 18 deles mencionaram a possibilidade de realizar experimentos virtuais que não seriam passíveis de execução por meio de uma AE, aspecto esse ressaltado por praticamente todos as recentes publicações que contêm reflexões sobre AC. No entanto, cinco destes professores encaminham sua argumentação no sentido de substituir as AE por

AC, indo na direção oposta do que concluem as recentes pesquisas que afirmam que integrações destes recursos são opções mais eficientes.

Quadro 8 – Limitações atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 1 ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram.

| Desvantagens do uso de AE | Respondentes (n = 45) |
|--|----------------------------------|
| Não existem desvantagens | 12 |
| Exige muito tempo | 7 |
| Exige materiais indisponíveis por serem caros ou perigosos | 7 |
| Pode tornar a atividade muito complexa, sobrecarregando os alunos cognitivamente | 5 |

Apesar de serem vantagens apontadas pela literatura, nenhum respondente destacou que as AC possibilitam múltiplas representações e que elas têm a capacidade de diminuir a complexidade dos fenômenos físicos por meio de idealizações (que possibilita focar o aluno em determinado aspecto fundamental da situação experimental). Apenas dois ressaltaram que as AC podem tornar os conceitos abstratos mais concretos.

O Quadro 9 apresenta as vantagens atribuídas ao uso de AC no ensino de Física que foram citadas por, no mínimo, três respondentes.

Quadro 9 – Vantagens atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 1 ao uso de AC para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram.

| Vantagem do uso de AC | Respondentes (n = 45) |
|---|----------------------------------|
| Possibilita a realização de experimentos virtuais que não seriam passíveis de execução por meio de AE | 18 |
| Possibilita uma melhor visualização do fenômeno estudado | 8 |
| Permite que o estudante modifique parâmetros e verifique as consequências rapidamente | 9 |
| As simulações computacionais são gratuitas e de fácil acesso | 5 |
| Tem o potencial de motivar os estudantes | 5 |
| Evidencia os modelos teóricos envolvidos na Física | 3 |
| Possibilita a interação entre o aluno e o fenômeno em estudo | 3 |

De forma semelhante ao que ocorreu com as AE, os respondentes apontaram poucas desvantagens para o uso de AC no ensino de Física. Houve oito respondentes que afirmaram desconhecer qualquer limitação no uso de tal recurso para fins didáticos. Um respondente destacou que o acompanhamento dessas atividades é difícil, pois as turmas são numerosas. Outro afirmou que, dependendo de como forem conduzidas, tais atividades “podem parecer mais uma forma de resolver problemas que eram feitos no caderno”. Indo ao encontro das

desvantagens apresentadas pela literatura, um docente mencionou que os alunos podem interpretar a simulação como idêntica à realidade enquanto que outro destacou que existem casos em que o aluno não acredita no que observa na simulação. Dois respondentes destacaram o fato de que os alunos devem ter uma base conceitual consolidada para explorar as simulações computacionais. Outro disse ser indesejável o uso de simulações que não sejam parecidas com a realidade, o que, segundo a literatura, pode ser importante em alguns casos. O fato de as simulações conterem idealizações e, desse modo, ocultarem os erros experimentais também foi ressaltado por um professor. Por fim, um respondente disse que os alunos podem partir para a “tentativa e erro” e não analisam o fenômeno e outro destacou que as AC podem fortalecer concepções alternativas.

O Quadro 10 apresenta as desvantagens do uso de AC que foram citadas por, no mínimo, três respondentes.

Quadro 10 – Limitações atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 1 ao uso de AC para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram.

| Desvantagens do uso de AC | Respondentes (n = 45) |
|---|----------------------------------|
| Não existem desvantagens | 8 |
| Somente quando se substitui as AE pelas AC | 3 |
| As simulações computacionais podem conter erros conceituais | 3 |

Entre as dificuldades para a implementação de AE e AC nas suas práticas, as respostas mais frequentes foram a falta de tempo no currículo escolar ou para o preparo das atividades (destacada por 11 respondentes) e a falta de infraestrutura ou de materiais para a condução destas atividades (destacada por 10 respondentes). Em menor número (cada uma delas ressaltadas por quatro professores), os respondentes afirmaram que lhes falta experiência para usá-las e que faltam simulações computacionais de qualidade para serem exploradas. Um respondente afirmou que os alunos estão acostumados com aulas expositivas e não recebem bem outras estratégias de ensino.

Análise do levantamento sobre o uso de AE e AC

As tabelas 2, 3 e 4 apresentam os resultados obtidos no levantamento realizado ao final do questionário.

O primeiro aspecto a ser ressaltado em relação aos resultados obtidos com o levantamento apresentado é o fato de que apenas dois respondentes apontaram que não utilizam AE em suas aulas e apenas cinco escolheram a opção que indica que não usam AC. Esses valores são bastante diferentes do que esperávamos em função de nossa experiência em

estágios. Possivelmente isso ocorreu em decorrência de diferenças entre o que entendemos por AE e por AC e o significado de tais expressões para os professores respondentes.

Tabela 2 – Para as questões relativas à frequência com que os respondentes do Estudo 1 usam AE e AC em suas aulas ou durante as suas formações docentes (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais.

| QUESTÕES | RESULTADOS | | | | |
|---|--------------|-----------------|----------------|---------------|-------|
| | Acima de 50% | Entre 25% e 50% | Entre 5% e 25% | Entre 1% e 5% | 0% |
| Você costuma utilizar simulações computacionais em que porcentagem de suas aulas? | 1 | 8 | 23 | 15 | 5 |
| | 1,9% | 15,4% | 44,2% | 28,8% | 9,6% |
| Na sua formação como docente, você realizou atividades que usufruíam de simulações computacionais em que porcentagem de suas aulas? | 5 | 5 | 10 | 17 | 15 |
| | 9,6% | 9,6% | 19,2% | 32,7% | 28,8% |
| Você costuma utilizar atividades experimentais em que porcentagem de suas aulas? | 1 | 11 | 30 | 8 | 2 |
| | 1,9% | 21,2% | 57,7% | 15,4% | 3,8% |
| Na sua formação como docente, você realizou atividades experimentais em que porcentagem de suas aulas? | 3 | 13 | 27 | 7 | 2 |
| | 5,8% | 25,0% | 51,9% | 13,5% | 3,8% |

Tabela 3 – Para as questões sobre a qualidade dos laboratórios de Física e de Informática das instituições onde lecionam (primeira coluna), número de respondentes do Estudo 1 e respectivos percentuais para os diferentes níveis de qualidade (muito bom, razoável, ruim e não há laboratório).

| QUESTÕES | RESULTADOS | | | |
|--|------------|----------|-------|------------|
| | Muito bom | Razoável | Ruim | Não há lab |
| Como você caracteriza a qualidade do laboratório de Física do principal colégio onde você ministra aulas? | 13 | 10 | 15 | 14 |
| | 25,0% | 19,2% | 28,8% | 26,9% |
| Como você caracteriza a qualidade do laboratório de informática do principal colégio onde você ministra aulas? | 21 | 15 | 15 | 1 |
| | 40,4% | 28,8% | 28,8% | 1,9% |

Tabela 4 – Para as questões sobre a contribuição das AE e das AC em suas formações docentes (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para os diferentes níveis de contribuição (grande, razoável, nenhuma e não sei responder).

| QUESTÕES | RESULTADOS | | | |
|---|------------|----------|---------|----------|
| | Grande | Razoável | Nenhuma | Não usei |
| Como você avalia a contribuição das atividades experimentais na sua formação docente? | 27 | 22 | 1 | 2 |
| | 51,9% | 42,3% | 1,9% | 3,8% |
| Como você avalia a contribuição das atividades baseadas em simulações computacionais na sua formação docente? | 21 | 18 | 1 | 12 |
| | 40,4% | 34,6% | 1,9% | 23,1% |

Os resultados mostraram professores satisfeitos, em sua maioria, com os laboratórios de informática das instituições onde trabalham. No entanto, a satisfação não se repete quando se trata da qualidade dos laboratórios de Física. Mais de 50% deles apontaram não dispor de

espaço para realizar AE ou julgaram sua qualidade como ruim. Não foi encontrada correlação significativa entre a qualidade dos laboratórios e o uso de AE ou AC.

Tanto para as AE como para as AC, os respondentes apontaram que tais recursos tiveram grande contribuição em suas formações docentes. Devido ao fato de ser uma estratégia didática mais recente, 12 dos respondentes apontaram não terem utilizado AC em suas formações docentes. Cabe ressaltar que não foi encontrada correlação significativa entre a frequência com que os professores usam AE ou AC com a qualidade dos laboratórios de suas instituições ou com a contribuição que eles percebem que tais recursos tiveram em suas formações. Também não houve correlação significativa entre a frequência com que usam AE ou AC com a frequência com que usaram tais recursos em suas formações docentes.

O Estudo 1 apresentado foi realizado com professores de Física (alunos e ex-alunos de um mestrado profissional) que são professores privilegiados em nosso Estado. Antes de mais nada, são professores com grande interesse pelo ensino de Física, que se submeteram a uma prova de seleção com concorrência de, no mínimo, quatro candidatos por vaga. Todos os que concluíram as duas disciplinas obrigatórias do mestrado profissional que tratam do uso de tecnologias no ensino de Física (42 dos 52 respondentes) tiveram a oportunidade de conhecer um leque de alternativas para o uso de simulações em sala de aula e foram continuamente instigados a refletir sobre o uso de tecnologias no ensino de Física, de modo que esperamos que tenham posicionamentos mais claros sobre esses assuntos do que a maior parte dos professores do Estado. De fato, analisados os discursos dos respondentes, percebe-se, de um modo geral, bons argumentos e concepções claras sobre o assunto abordado; e razoável coerência entre os apontamentos dos professores e as reflexões apresentadas pela literatura. As maiores dificuldades foram apresentadas na identificação de limitações desses recursos didáticos.

4.2 Estudo 2: Crenças e atitudes sobre o uso de AE, AC e integrações de ambas no contexto de um curso de especialização a distância

O segundo estudo foi realizado com professores alunos de um curso de especialização a distância em Física para a Educação Básica. Seu objetivo foi, de forma semelhante ao primeiro, avaliar e comparar as atitudes e crenças de tais professores com os resultados das mais importantes pesquisas sobre AE, AC e combinações desses recursos. Contudo, para este estudo desenvolvemos uma nova versão do questionário apresentado na seção 4.1.2 visando corrigir os problemas identificados na aplicação realizada no primeiro estudo.

4.2.1 Integrantes do estudo

O grupo de participantes deste estudo, que constitui o caso deste estudo exploratório, é composto por 64 alunos de um curso de especialização a distância em Física para a Educação Básica. Instaurado em julho de 2009, o curso começou com 135 alunos distribuídos em cinco polos (todos concentrados em um raio de 400 km de Porto Alegre). No momento da aplicação do questionário, em agosto de 2010, os respondentes já haviam cursado seis disciplinas abordando os seguintes temas:

- Noções básicas sobre a plataforma de ensino a distância Moodle;
- O uso de mídias e ferramentas digitais no ensino de Física;
- Métodos computacionais;
- Teorias de aprendizagem;
- Fundamentos epistemológicos;
- Modelagem científica.

Os 64 respondentes são docentes de diferentes regiões do estado, com idades variadas, oriundos de diferentes instituições de ensino, de escolas com diferentes estruturas, fornecendo um quadro expressivo das atitudes dos professores do RS. Apenas três deles não estavam lecionando aulas de Física na educação básica.

4.2.2 Instrumento de coleta de dados

Baseado no questionário produzido para o primeiro estudo relatado nesta dissertação, o questionário desenvolvido para a coleta de dados do presente estudo também segue as orientações propostas por Vianna (veja a seção 4.1.2). Tal instrumento foi ainda avaliado e aprovado por cinco especialistas.

O questionário divide-se em três partes: a primeira com sete questões discursivas, a segunda com 21 afirmativas, para as quais se solicita aos respondentes que apontem seus

níveis de concordância com cada uma delas e a terceira, em que se realiza um levantamento sobre o uso de AE e AC por parte dos professores nas aulas em que ministram e em outros momentos associados com suas formações docentes. A primeira questão discursiva referia-se ao conhecimento adquirido pelos professores durante as disciplinas que eles já haviam cursado antes da aplicação do questionário. Ela foi inserida com o intuito de avaliar em que medida o curso influenciou as crenças dos docente, tendo o seguinte enunciado:

- 1) Comparando sua experiência como professor antes de cursar disciplinas do curso de especialização e agora, após ter cursado seis, você considera que houve alguma mudança significativa em sua prática docente ou que haverá num futuro próximo? Comente.

Os resultados obtidos no levantamento realizado no Estudo 1 evidenciaram que os professores podem abarcar nas expressões “atividade experimental” e “atividade computacional” demonstrações realizadas por eles próprios, em que os alunos só se envolvem cognitivamente, quando se envolvem, pois poucos professores afirmaram não utilizar AE e AC em suas aulas. Além disso, pensamos que, possivelmente, os professores também abarcam nessas expressões atividades fracamente ligadas ao conteúdo de Física, como, por exemplo, a confecção de um caleidoscópio sem a reflexão sobre os fenômenos físicos envolvidos nesse instrumento.

A segunda e a terceira perguntas discursivas do questionário utilizado no Estudo 2 tinham por objetivo elucidar o significado dado pelos professores para as expressões “atividade experimental” e “atividade computacional”. Para tanto, foram enunciadas do seguinte modo:

- 2) O que você entende por ATIVIDADES EXPERIMENTAIS no ensino de Física? Descreva sucintamente uma atividade experimental de Física típica que você costuma desenvolver com seus alunos e as dificuldades que você enfrenta para promover esse tipo de atividade em suas aulas. Caso você não costume trabalhar com atividades experimentais, comente o porquê.
- 3) O que você entende por ATIVIDADES COMPUTACIONAIS no ensino de Física? Descreva sucintamente uma atividade computacional de Física típica que você costuma desenvolver com seus alunos e as dificuldades que você enfrenta para promover esse tipo de atividade em suas aulas.. Caso você não costume trabalhar com atividades computacionais, comente o porquê.

As questões 4, 5, 6 e 7 foram utilizadas para avaliar as crenças dos respondentes sobre o uso de AE e AC.

- 4) Enumere em ordem decrescente de importância o que você considera serem as principais VANTAGENS para o uso, no ensino de Física, de atividades baseadas em SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS.

- 5) Enumere em ordem decrescente de importância o que você considera serem as principais VANTAGENS para o uso, no ensino de Física, de ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.
- 6) Enumere em ordem decrescente de importância o que você considera serem as principais LIMITAÇÕES do uso, no ensino de Física, de atividades baseadas em SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS.
- 7) Enumere em ordem decrescente de importância o que você considera serem as principais LIMITAÇÕES do uso, no ensino de Física, de ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.

Iniciando a segunda parte do questionário, onde os respondentes deveriam apontar seus níveis de concordância com determinadas proposições, foi apresentado um cabeçalho expondo o significado de AE e AC que desejávamos que fosse considerado em suas respostas.

A partir deste ponto do questionário, o termo “atividade experimental” será empregado para atividades em que os alunos manuseiam diretamente um experimento real em pequenos grupos. Não estamos abarcando nesta expressão demonstrações experimentais feitas pelo professor. Do mesmo modo, o termo “atividade baseada em simulações computacionais” é empregado para atividades em que os alunos interagem com uma simulação computacional individualmente ou em pequenos grupos, não para demonstrações feitas pelo professor com um projetor multimídia, por exemplo.

Foram apresentadas 21 afirmativas e, assim como no questionário utilizado no Estudo 1, para cada uma delas foi disponibilizado um espaço onde os respondentes poderiam justificar/argumentar o nível de concordância apontado para a proposição. Algumas delas, expostas abaixo, estavam presentes no questionário utilizado no Estudo 1.

- Eu gostaria de frequentar um curso de Física em que simulações computacionais constituem uma parte importante do curso.
- Eu gostaria de frequentar cursos de Física em que a combinação de simulações computacionais e experimentos constituem parte importante do curso.
- Eu gostaria de frequentar um curso de Física em que atividades experimentais constituem uma parte importante do curso.
- Muitas vezes é preferível fazer uma demonstração experimental do que deixar que os próprios alunos trabalhem em pequenos grupos.
- Muitas vezes é preferível o professor mostrar uma simulação computacional para toda a turma do que deixar que os alunos trabalhem diretamente com o computador em pequenos grupos.
- Sempre que possível, atividades experimentais devem ser complementadas por atividades baseadas em simulações computacionais.
- A atividade experimental sempre deve ser preferida em relação à atividade baseada em simulações computacionais.

Outras sete proposições que estavam presentes no questionário do Estudo 1 sofreram pequenas alterações. Elas são apresentadas no Quadro 11.

Quadro 11 - Proposições utilizadas no questionário do Estudo 1 modificadas para o questionário do Estudo 2 e os motivos para tais alterações.

| Proposição no questionário utilizado no Estudo 1 | Nova versão da proposição no questionário utilizado no Estudo 2 | Motivo da alteração |
|--|--|---|
| Para ensinar Física, atividades baseadas em simulações computacionais devem ser complementadas por atividades experimentais sempre que possível. | Sempre que possível, atividades baseadas em simulações computacionais devem ser complementadas por atividades experimentais para se ensinar Física. | Enfatizar a expressão “sempre que possível”, pois houve respondentes no Estudo 1 que discordaram de tal proposição argumentando que muitas vezes não podemos realizar a AE desejada. |
| O uso de simulações computacionais é um recurso fundamental para auxiliar o ensino-aprendizagem de Física. | O uso de atividades baseadas em simulações computacionais é um recurso fundamental para auxiliar o ensino-aprendizagem de Física. | Especificar a forma de utilização de simulação computacional que buscamos avaliar. |
| O uso de atividades experimentais é indispensável para o processo de ensino-aprendizagem de Física. | O uso de atividades experimentais é um recurso fundamental para o processo de ensino-aprendizagem de Física. | Possibilitar a comparação com a afirmativa que diz que AC são fundamentais para o processo de ensino-aprendizagem de Física. |
| Quando passíveis de realização, as atividades experimentais ajudam o aluno a compreender certos conceitos e/ou procedimentos melhor do que atividades baseadas em simulações computacionais e devem sempre ser preferidas. | Quando passíveis de realização, as atividades experimentais ajudam o aluno a compreender certos conceitos e/ou procedimentos melhor do que atividades baseadas em simulações computacionais. | Retificar o problema identificado durante o Estudo 1 onde respondentes discordaram da proposição pelo fato de não acharem que tais recursos devem “sempre ser preferidos”, apesar de concordarem com o restante da afirmação. |
| Mesmo em casos em que é possível a realização de atividades experimentais, as simulações computacionais ajudam o aluno a compreender melhor os conceitos do que atividades experimentais, devendo sempre ser preferidas. | Mesmo em casos em que é possível a realização de atividades experimentais, as atividades baseadas em simulações computacionais ajudam o aluno a compreender melhor os conceitos do que atividades experimentais. | |
| Deve-se buscar utilizar simulações computacionais com apresentação mais próxima da realidade possível. | Deve-se buscar utilizar simulações computacionais com representação gráfica mais próxima da realidade possível. | Aprimorar a redação das proposições. |
| Atividades experimentais não podem ser substituídas sem prejuízos por atividades computacionais, mesmo quando a simulação computacional utilizada constitui uma boa representação do fenômeno Físico em estudo. | Atividades experimentais não podem ser substituídas sem prejuízos por atividades computacionais, mesmo quando a simulação computacional utilizada é muito semelhante ao fenômeno físico em estudo. | |

Outras oito afirmativas do questionário do Estudo 1 foram excluídas da nova versão por serem semelhantes à outra proposição já presente no instrumento ou por não terem o poder de discriminar os respondentes. As questões que não permaneceram foram:

- O desenvolvimento de uma atividade de ensino baseada em simulações computacionais realistas torna desnecessária a posterior exploração de uma atividade experimental.
- O desenvolvimento de uma atividade experimental torna desnecessária a posterior exploração de simulações computacionais sobre o mesmo tópico.
- Atividades experimentais estimulam o aluno a participar ativamente do processo de ensino/aprendizagem.
- Atividades baseadas em simulações computacionais não têm potencial para promover o trabalho em grupo.
- Simulações computacionais fazem com que o aluno assuma uma postura passiva frente às atividades propostas.
- Simulações computacionais não devem ser exploradas em situações onde podem ser realizadas atividades experimentais.
- Atividades experimentais não têm o potencial de promover o trabalho em grupo.
- Muitas vezes é preferível fazer uma demonstração experimental do que deixar que os alunos trabalhem diretamente com o computador em pequenos grupos.

Foram adicionadas ainda sete proposições ao novo questionário com o objetivo de avaliar as crenças e atitudes dos respondentes em relação ao uso de demonstrações experimentais e computacionais no ensino de Física. São elas:

- Eu gostaria de frequentar cursos de Física em que demonstrações constituíssem parte importante do curso.
- Demonstrações experimentais por parte dos professores é um recurso fundamental para o processo de ensino-aprendizagem de Física.
- Demonstrações baseadas em projeções de simulações computacionais por parte dos professores é um recurso fundamental para o processo de ensino-aprendizagem de Física.
- Mesmo em casos em que é possível a realização de demonstrações experimentais, as demonstrações baseadas em simulações computacionais ajudam o aluno a compreender melhor os conceitos do que demonstrações experimentais.
- Quando passíveis de realização, demonstrações experimentais ajudam o aluno a compreender certos conceitos e/ou procedimentos melhor do que demonstrações baseadas em simulações computacionais.
- Sempre que possível, demonstrações baseadas em projeções de simulações computacionais por parte dos professores devem ser complementadas por atividades experimentais.
- Sempre que possível, demonstrações experimentais por parte do professor devem ser complementadas por atividades baseadas em simulações computacionais.

O conjunto das 21 afirmativas que constituem a segunda parte do questionário pode ser visto na primeira coluna da Tabela 5.

Finalizando o questionário, foi realizado levantamento sobre o uso de AE, AC e demonstrações com o uso de experimentos ou computadores na formação docente dos respondentes assim como nas aulas que eles ministram. As perguntas abaixo ilustram algumas das questões que foram propostas.

- Você costuma utilizar simulações computacionais em que porcentagem de suas aulas?
- Como você caracteriza a qualidade do laboratório de Física do principal colégio onde você ministra aulas?
- Na sua formação como docente, seus professores realizavam demonstrações com simulações computacionais em que porcentagem de suas aulas?
- Como você avalia a contribuição das demonstrações experimentais na sua formação docente?

O conjunto de todas as perguntas formuladas na terceira parte do questionário constitui a primeira coluna das tabelas 6, 7 e 8.

4.2.3 Resultados

De forma semelhante à apresentação do Estudo 1, a análise que será exposta a seguir será dividida em três partes. Primeiramente, apresentaremos os resultados obtidos nas sete questões discursivas da primeira parte do questionário. Em seguida, buscaremos cruzar os resultados obtidos por meio dos níveis de concordância apontados pelos respondentes para as afirmativas com os resultados obtidos por meio das justificativas apresentadas por eles às suas escolhas. Por fim, promoveremos algumas reflexões sobre o levantamento que foi realizado neste estudo.

Análise das respostas apresentadas às questões discursivas

A primeira questão discursiva evidenciou que os respondentes foram fortemente influenciados pelas disciplinas já oferecidas no curso de especialização. Todos eles disseram que, em decorrência do que aprenderam no curso de pós-graduação, mudaram significativamente a forma como conduzem suas aulas ou como conduzirão em um futuro próximo. A principal mudança relatada refere-se ao uso de AC, sendo que 29 deles afirmaram que os conhecimentos adquiridos modificaram a forma como percebiam as potencialidades de tal recurso. Também foram bastante frequentes em suas respostas aspectos relacionados a mudanças em suas visões sobre a natureza da ciência e sobre modelagem científica.

As respostas à segunda questão discursiva corroborou a hipótese de que os respondentes abarcavam na expressão AE demonstrações feitas pelo professor com o uso de experimentos. A análise de conteúdo das respostas evidenciou uma categoria com 31 respondentes que entendem AE como qualquer forma de apresentação de um fenômeno físico de forma prática, ou seja, por meio de materiais concretos, independente da metodologia que seja utilizada. Outros 33 respondentes compreendem a expressão AE como atividades em que os alunos manipulam diretamente os materiais. Cabe ressaltar que cinco professores destacaram em suas respostas que concebem uma atividade em que se usa uma simulação computacional como uma AE. Outros dois disseram aceitar que um “experimento mental” também é uma AE. Além disso, algumas das AE exemplificadas pelos respondentes mostravam-se bastante triviais, como, por exemplo, a observação de uma bola de papel amassada e uma folha de papel lisa em queda no solo para evidenciar que a força resistiva do ar sobre corpos em movimento depende da seção transversal do mesmo.

Já para a expressão “atividade computacional”, somente três professores destacaram o uso de demonstrações com o auxílio de projetores para se ensinar Física. Possivelmente isso ocorra porque ainda não são muitas as salas de aula que dispõem de recursos de multimídia. Contudo, o uso de *e-mail*, de motores de busca para pesquisas e de *sites* para a visualização de vídeos foi destacado por seis respondentes como sendo “atividade computacional”. Nenhum respondente ressaltou em sua resposta o uso do computador para a aquisição automática de dados como uma “atividade computacional”. Pode-se perceber uma forte influência das disciplinas do curso de especialização nas respostas dos alunos a esta questão, pois todos eles destacaram de alguma forma que o uso de simulações computacionais no ensino é uma “atividade computacional”.

Com a análise de conteúdo das respostas apresentadas à quarta questão pode-se perceber que os respondentes foram capazes de expor uma grande variedade de vantagens no uso de AE para fins didáticos. De modo geral, as vantagens apontadas vão ao encontro dos resultados apontados pela literatura. O auxílio ao processo de ensino-aprendizagem de Física e a promoção da interação dos alunos com objetos concretos foram as crenças mais ressaltadas. Contudo, claramente algumas das crenças destacadas foram influenciadas pelas disciplinas já cursadas na pós-graduação dos respondentes, e não devem fazer parte do conhecimento da maioria dos professores do RS. Uma delas, por exemplo, é o fato de as AE explicitarem as diferenças e as relações entre modelos teóricos e fenômenos físicos. Todos os respondentes já haviam participado de uma disciplina sobre modelagem científica, que foi

ministrada poucos meses antes da aplicação do questionário e, provavelmente, construíram tal ideia como decorrência das reflexões propostas no curso.

Oito respondentes citaram a possibilidade de verificar leis e teorias como sendo uma vantagem do uso de AE, apesar das fortes críticas feitas a esse posicionamento nos últimos cinquenta anos pela comunidade de educadores e pesquisadores em ensino de Física. Isso revela desconhecimento dos respondentes em relação às reflexões propostas pela literatura. Houve ainda nove respondentes que destacaram a possibilidade de promover habilidades no manuseio de instrumentos como outra vantagem das AE, o que é criticado por Hodson (1994), como pode ser visto no capítulo de revisão da literatura.

O Quadro 12 resume os dados obtidos com a questão discursiva 4.

Quadro 12 – Vantagens atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 2 ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram.

| Vantagem do uso de AE | Respondentes (n = 64) |
|--|----------------------------------|
| Auxilia no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos | 31 |
| Promove a interação do aluno com os materiais concretos | 29 |
| Influencia a atitude dos alunos, aumentando o interesse deles em aprender Física | 23 |
| Explicita as diferenças e as relações entre modelos teóricos e fenômenos físicos | 20 |
| Estimula o trabalho colaborativo | 18 |
| Estimula o raciocínio crítico, a criatividade e a reflexão | 15 |
| É uma atividade diferente das aulas tradicionais, tornando as aulas mais dinâmicas, atraentes e agradáveis. | 14 |
| Promove habilidades no manuseio de equipamentos | 9 |
| Possibilita o teste de hipóteses | 9 |
| Estimula a investigação colocando os alunos frente a atividades que explicitam a natureza da pesquisa científica | 8 |
| Possibilita a verificação de leis e teorias | 8 |
| Estimula a participação ativa dos alunos | 5 |

Quando perguntados sobre as limitações do uso de AE para fins didáticos, os respondentes não foram capazes de apresentar o vasto leque de aspectos que foram expostos quando perguntados sobre as vantagens do seu uso. Grande parte dos aspectos apontados por parte dos respondentes se refere a problemas estruturais, como a falta de material, equipamentos, tempo ou infraestrutura, não sendo propriamente inerentes às AE. Destaca-se o fato de que 18 respondentes apontaram a falta de preparo dos professores como o fator que limita o uso de AE para fins didáticos. Além disso, quatro respondentes disseram que falta motivação aos professores para desenvolverem este tipo de atividade. O frequente uso de metodologia inadequada em AE, que é um dos aspectos mais discutidos por artigos que

promovem reflexões sobre seu uso no ensino de Física (e. g. HODSON, 1994; BORGES, 2002), foi ressaltado por apenas nove respondentes. Outros sete respondentes disseram que os erros experimentais podem confundir os alunos, o que, na verdade, pode ser fundamental para que os alunos venham a compreender as diferenças entre os fenômenos físicos e os modelos teóricos. De forma contraditória às justificativas usualmente apresentadas em favor das AE, segundo as quais as AE influenciam a atitude dos alunos, tornando-os mais interessados pela Física, 14 respondentes expuseram que têm dificuldades em manter os estudantes interessados nas AE.

O Quadro 13 apresenta os dados obtidos por meio da análise de conteúdo das respostas apresentadas à quinta questão discursiva.

Quadro 13 – Limitações atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 2 ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram.

| Limitações do uso de AE | Respondentes (n = 64) |
|---|----------------------------------|
| Falta de material e equipamentos nas escolas para sua realização | 33 |
| Infraestrutura inexistente ou precária para sua realização | 23 |
| Falta de preparo dos professores | 18 |
| Falta de tempo nas aulas para sua realização | 17 |
| Falta de tempo para preparar ou montar as atividades | 15 |
| Dificuldade de manter os alunos interessados na atividade | 14 |
| Dificuldade de relacionar teoria, prática e cotidiano | 12 |
| Muitas delas utilizam metodologia inadequada | 9 |
| Podem confundir os alunos com os erros experimentais | 7 |
| Muitas delas são impossíveis de serem realizadas, ou porque são perigosas ou porque são caras | 6 |
| Turmas muito numerosas | 7 |
| Falta de auxílio para a realização de aulas de laboratório | 5 |
| Falta de motivação do professor | 4 |

Respondendo à sexta questão discursiva, as principais vantagens atribuídas pelos respondentes ao uso de AC no ensino de Física foram o potencial que elas têm para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos e a interatividade proporcionada por essa estratégia didática. A análise dos dados evidenciou novamente uma forte influência das disciplinas já desenvolvidas no curso de especialização. Possivelmente em função da disciplina que tratava sobre modelagem científica, que foi oferecida aos alunos meses antes da aplicação do questionário, o fato de as AC evidenciarem a existência de modelos científicos esteve presente no discurso dos respondentes. Outras crenças apontadas pelos respondentes ao

uso de AC, como a possibilidade de execução e repetição de uma experiência de forma rápida, possibilitando ao aluno dedicar mais tempo aos aspectos conceituais do fenômeno estudado, e a possibilidade de diminuir ou aumentar o nível de complexidade do fenômeno a ser investigado, permitindo que os estudantes se concentrem em conceitos fundamentais, possivelmente foram desenvolvidas em uma disciplina sobre mídias e ferramentas digitais também oferecida no curso de especialização.

Cabe ressaltar a importância dada pelos respondentes à visualização do fenômeno estudado. A potencialidade das AC de propiciar a visualização dos fenômenos foi ressaltada por 14 respondentes. Contudo, estudos têm mostrado que a simples visualização de um fenômeno sem a adequada reflexão sobre o comportamento do sistema não promove uma aprendizagem consistente (e. g. FIOLHAIS & TRINDADE, 2003).

O Quadro 14 apresenta os dados obtidos por meio da análise de conteúdo das respostas apresentadas à sexta questão discursiva.

Quadro 14 – Vantagens atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 2 ao uso de AC para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram.

| Vantagens do uso de AC | Respondentes (n = 64) |
|---|----------------------------------|
| Auxilia no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos | 32 |
| É uma atividade interativa | 30 |
| Influencia a atitude dos discentes, motivando e promovendo engajamento nas atividades propostas | 22 |
| Pode proporcionar a interação do aluno com “experimentos virtuais”, substitutos de experimentos reais potencialmente perigosos, caros, ou que, por algum motivo, não são passíveis de reprodução em laboratório | 18 |
| Permite que o aluno elabore e teste hipóteses | 16 |
| As simulações computacionais são de fácil acesso | 16 |
| Possibilita a visualização dos fenômenos | 14 |
| Estimula o raciocínio crítico, a criatividade e a reflexão | 14 |
| Possibilita a execução e repetição de uma experiência de forma rápida, possibilitando ao aluno dedicar mais tempo aos aspectos conceituais do fenômeno estudado | 13 |
| Possibilita a diminuição ou aumento do nível de complexidade do fenômeno a ser investigado que permita aos estudantes a concentração em conceitos fundamentais | 12 |
| Promove uma aula “diferente” | 10 |
| Evidencia a existência de modelos científicos | 8 |
| Proporciona um ambiente em que podem ser realizadas experiências concretas sobre os conceitos abstratos da Física | 7 |
| Pode munir o aluno de múltiplas representações simultâneas de um fenômeno físico | 5 |

A falta de infraestrutura para a realização de AC foi a limitação mais citada entre os respondentes. De forma semelhante ao ocorrido com as AE, grande parte das limitações atribuídas às AC se centraram em problemas estruturais, como infraestrutura precária, falta de tempo, turmas numerosas, etc. A influência da disciplina de modelagem científica, já cursada pelos respondentes, foi novamente percebida quando eles destacam que as idealizações podem não ficar evidentes e os alunos podem confundir a simulação com o mundo real. Apesar de ressaltado na literatura e em reflexões apresentadas no curso de especialização, o fato de que simulações computacionais com demasiado realismo podem promover uma sobrecarga cognitiva nos estudantes não foi destacado por nenhum respondente. Também não foi destacado o “bloqueio” que pode ser causado nos alunos caso as simulações apresentem resultados muito diferentes dos esperados por eles.

O Quadro 15 apresenta os dados obtidos por meio da análise de conteúdo das respostas apresentadas à sétima questão discursiva.

Quadro 15 – Limitações atribuídas pelos professores respondentes do Estudo 2 ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física e número de respondentes que as destacaram.

| Limitações do uso de AC | Respondentes (n = 64) |
|--|----------------------------------|
| Falta de infraestrutura | 38 |
| Idealizações podem não ficar evidentes e os alunos podem confundir a simulação com o mundo real | 23 |
| Falta de preparo dos professores | 19 |
| Dificuldade na escolha da simulação | 17 |
| Falta de tempo para promover tais atividades nas aulas | 10 |
| Dificuldade em manter os alunos interessados na atividade | 10 |
| Falta de tempo para preparar as aulas | 8 |
| Turmas numerosas | 7 |
| Alguns alunos não têm habilidades com o uso do computador | 5 |
| Entusiasmo demasiado com a ferramenta pode tirar a atenção dos alunos dos objetivos da atividade | 4 |

Análise dos níveis de concordância apresentados para as afirmativas propostas

A Tabela 5 apresenta o número de professores que apontou cada um dos níveis de concordância para cada uma das afirmativas apresentadas no questionário.

A análise dos dados obtidos corroboram alguns dos resultados do Estudo 1. Um deles é a atribuição de maior importância por parte dos respondentes às AE em comparação às AC. Aproximadamente 85% dos respondentes concordaram que as AE são fundamentais para o ensino de Física, enquanto que 75% concordaram que as AC são fundamentais para tal fim. A

diferença de importância atribuída pelos respondentes entre experimentos reais e virtuais se repetiu quando as proposições tratavam de demonstrações. Enquanto que, na proposição 9, 46,9% do professores concordaram que as demonstrações realizadas com simulações computacionais são recursos fundamentais para o ensino de Física, 68,7% dos respondentes apontaram que concordam que demonstrações experimentais são fundamentais para esse fim. Além disso, na proposição 2, 56,3% dos respondentes concordaram que as AE ajudam o aluno a compreender certos conceitos e/ou procedimentos melhor do que atividades baseadas em simulações computacionais, enquanto que, na proposição 17, apenas 35,9% dos respondentes concordaram com a afirmativa que diz que as atividades baseadas em simulações computacionais ajudam o aluno a compreender melhor os conceitos do que atividades experimentais.

Tabela 5 – Para cada uma das afirmativas do questionário utilizado no Estudo 2 (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF).

| AFIRMATIVAS | RESULTADOS | | | | |
|---|------------|-------|-------|-------|------|
| | CF | C | I | D | DF |
| 1) O uso de atividades experimentais é um recurso fundamental para o processo de ensino-aprendizagem de Física. | 19 | 36 | 0 | 8 | 1 |
| | 29,7% | 56,2% | 0,0% | 12,5% | 1,6% |
| 2) Quando passíveis de realização, as atividades experimentais ajudam o aluno a compreender certos conceitos e/ou procedimentos melhor do que atividades baseadas em simulações computacionais. | 9 | 27 | 8 | 20 | 0 |
| | 14,1% | 42,2% | 12,5% | 31,2% | 0,0% |
| 3) Sempre que possível, atividades baseadas em simulações computacionais devem ser complementadas por atividades experimentais para se ensinar Física. | 9 | 28 | 5 | 20 | 2 |
| | 14,1% | 43,8% | 7,8% | 31,2% | 3,1% |
| 4) Eu gostaria de frequentar cursos de Física em que demonstrações constituíssem parte importante do curso. | 26 | 30 | 0 | 8 | 0 |
| | 40,6% | 46,9% | 0,0% | 12,5% | 0,0% |
| 5) Deve-se buscar utilizar simulações computacionais com representação gráfica mais próxima da realidade possível. | 18 | 29 | 5 | 11 | 1 |
| | 28,1% | 45,3% | 7,8% | 17,2% | 1,6% |
| 6) A atividade experimental sempre deve ser preferida em relação à atividade baseada em simulações computacionais. | 3 | 6 | 8 | 42 | 5 |
| | 4,7% | 9,4% | 12,5% | 65,6% | 7,8% |
| 7) Sempre que possível, atividades experimentais devem ser complementadas por atividades baseadas em simulações computacionais. | 11 | 27 | 7 | 19 | 0 |
| | 17,2% | 42,2% | 10,9% | 29,7% | 0,0% |
| 8) Eu gostaria de frequentar um curso de Física em que simulações computacionais constituíssem uma parte importante do curso. | 23 | 38 | 0 | 3 | 0 |
| | 35,9% | 59,4% | 0,0% | 4,7% | 0,0% |
| 9) Demonstrações experimentais por parte dos | 15 | 29 | 1 | 17 | 2 |

| | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| professores é um recurso fundamental para o processo de ensino-aprendizagem de Física. | 23,4% | 45,3% | 1,6% | 26,6% | 3,1% |
| 10) Muitas vezes é preferível o professor mostrar uma simulação computacional para toda a turma do que deixar que os alunos trabalhem diretamente com o computador em pequenos grupos. | 3 | 15 | 4 | 37 | 5 |
| | 4,7% | 23,4% | 6,2% | 57,8% | 7,8% |
| 11) Eu gostaria de frequentar cursos de Física em que a combinação de simulações computacionais e experimentos constituíssem parte importante do curso. | 31 | 31 | 2 | 0 | 0 |
| | 48,4% | 48,4% | 3,1% | 0,0% | 0,0% |
| 12) Atividades experimentais não podem ser substituídas sem prejuízos por atividades computacionais, mesmo quando a simulação computacional utilizada é muito semelhante ao fenômeno físico em estudo. | 4 | 11 | 8 | 37 | 4 |
| | 6,2% | 17,2% | 12,5% | 57,8% | 6,2% |
| 13) Demonstrações baseadas em projeções de simulações computacionais por parte dos professores é um recurso fundamental para o processo de ensino-aprendizagem de Física. | 5 | 25 | 12 | 21 | 1 |
| | 7,8% | 39,1% | 18,8% | 32,8% | 1,6% |
| 14) O uso de atividades baseadas em simulações computacionais é um recurso fundamental para auxiliar o ensino-aprendizagem de Física. | 14 | 35 | 4 | 11 | 0 |
| | 21,9% | 54,7% | 6,2% | 17,2% | 0,0% |
| 15) Mesmo em casos em que é possível a realização de demonstrações experimentais, as demonstrações baseadas em simulações computacionais ajudam o aluno a compreender melhor os conceitos do que demonstrações experimentais. | 6 | 20 | 9 | 27 | 2 |
| | 9,4% | 31,2% | 14,1% | 42,2% | 3,1% |
| 16) Eu gostaria de frequentar um curso de Física em que atividades experimentais constituíssem uma parte importante do curso. | 21 | 39 | 2 | 2 | 0 |
| | 32,8% | 60,9% | 3,1% | 3,1% | 0,0% |
| 17) Mesmo em casos em que é possível a realização de atividades experimentais, as atividades baseadas em simulações computacionais ajudam o aluno a compreender melhor os conceitos do que atividades experimentais. | 8 | 15 | 8 | 32 | 1 |
| | 12,5% | 23,4% | 12,5% | 50,0% | 1,6% |
| 18) Sempre que possível, demonstrações baseadas em projeções de simulações computacionais por parte dos professores devem ser complementadas por atividades experimentais. | 11 | 30 | 5 | 17 | 1 |
| | 17,2% | 46,9% | 7,8% | 26,6% | 1,6% |
| 19) Muitas vezes é preferível fazer uma demonstração experimental do que deixar que os próprios alunos trabalhem em pequenos grupos. | 5 | 14 | 5 | 32 | 8 |
| | 7,8% | 21,9% | 7,8% | 50,0% | 12,5% |
| 20) Sempre que possível, demonstrações experimentais por parte do professor devem ser complementadas por atividades baseadas em simulações computacionais. | 9 | 28 | 5 | 21 | 1 |
| | 14,1% | 43,8% | 7,8% | 32,8% | 1,6% |
| 21) Quando passíveis de realização, demonstrações experimentais ajudam o aluno a compreender certos conceitos e/ou procedimentos melhor do que demonstrações baseadas em simulações computacionais. | 3 | 16 | 16 | 29 | 0 |
| | 4,7% | 25,0% | 25,0% | 45,3% | 0,0% |

Assim como no Estudo 1 e nos resultados obtidos por meio das questões discursivas, os respondentes mostraram desconhecer os riscos do uso de simulações computacionais com representação gráfica demasiadamente complexa, apesar de tal fato ser destacado na literatura (e. g. HOLTON, 2010; GRANDO, KONRATH & TAROUÇO, 2003). Um respondente disse que “quanto mais próximo da realidade, mais argumentos podemos ter para convencer os alunos daquilo que falamos ou demonstramos”. Apenas 18,8% deles discordaram da afirmativa 5, que diz que devemos buscar utilizar simulações computacionais com representação gráfica mais próxima da realidade possível. Contudo, os respondentes que discordaram da proposição mostraram-se também influenciados pela disciplina sobre modelagem científica que cursaram meses antes da aplicação do questionário. “Por vezes muitos detalhamentos podem vir a confundir... As simulações devem ser uma representação do mundo real, com idealizações”, argumentou um dos professores.

As respostas apresentadas às proposições 10 e 19 evidenciaram que os professores participantes valorizam o contato do aluno com o experimento ou a simulação computacional. Os níveis de concordância apontados mostram que, para eles, as AE e as AC são mais eficazes do que demonstrações apresentadas por eles. Um respondente argumentou em favor da AE dizendo que “os alunos, sempre que possível, devem trabalhar com o material”. Outro, em defesa das AC, disse que “é importante que o aluno manuseie diretamente com a simulação”. Assim como no Estudo 1, nenhum dos respondentes destacou em suas justificativas a necessidade de uma estratégia metodológica que provoque a reflexão do estudante sobre o fenômeno estudado, promovendo sua participação ativa. Esse aspecto é amplamente discutido na literatura (e. g. ARAÚJO & ABIB, 2003; CROUCH, FAGEN, CALLAN, & MAZUR, 2004).

As respostas apresentadas para as proposições 3, 7, 18 e 20 mostraram que os professores participantes não são tão alinhados à literatura em relação a usos integrados de experimentos reais e virtuais quanto os respondentes do Estudo 1. A porcentagem de professores que concordou com tais afirmativas, que propunham integrações de experimentos reais e virtuais, foi de aproximadamente 60%, enquanto que no Estudo 1 este valor foi de aproximadamente 75%. Além disso, as justificativas apresentadas ao nível de concordância apontado na afirmativa 7 mostram que, ainda que concordem que as AE devem ser complementadas por AC, boa parte dos respondentes desconhece as vantagens das combinações de AE e AC. Um dos respondentes argumentou que, dentro das possibilidades, concordava que as AE devem ser complementadas por AC, no entanto, concluiu dizendo “mas que fique claro que uma ou outra já é suficiente”. Outro professor, que também

concordou com a proposição 7, disse que “se for possível esse complemento, seria interessante, mas não vejo extrema importância”. Houve também um respondente que argumentou dizendo que “a simulação nos dá uma ideia melhor do fenômeno”, mostrando que concorda com a proposição não pelo fato de ela sugerir usos complementares de AE e AC, mas sim porque considera a AC mais eficaz do que a AE.

Argumentos semelhantes podem ser encontrados nas justificativas para os níveis de concordância escolhidos para a proposição 3, onde é proposta a complementação de AC por AE. Um respondente disse: “Concordo, mas dependerá muito da ocasião. Em certos casos talvez não seria necessário”. Outro, evidenciando que concordou com a proposição não porque ela propõe integrações de experimentos reais e virtuais, mas sim porque atribui maior importância às AE, disse que “a simulação computacional reforça a compreensão da aula, mas deve-se, sempre que possível, ser utilizada em conjunto com a atividade experimental”.

Entre os respondentes que apontaram indecisão em seu nível de concordância com a afirmativa 7, houve professores que mostraram-se nitidamente distantes da ideia de se usar AE e AC de forma combinada. Um deles, por exemplo, disse que AE e AC “podem ser usadas de forma independente, o professor é que decide se usará junto ou não”. Outro, também indeciso, argumentou que “se bem dirigida a atividade experimental basta-se por si só; porém se houver tempo hábil a computacional seria um reforço a mais”. Houve ainda um respondente que, apegado na ordem como foram apresentados os recursos na proposição, ou seja, primeiramente a AE e em seguida a AC, mostrou-se indeciso quanto à sua concordância com ela: “Creio que não é necessariamente nessa ordem, o principal que deve-se levar em conta é a facilidade de entendimento e compreensão do conteúdo a ser apresentado”.

Os níveis de concordância apresentados para a proposição 12, que afirmava que atividades experimentais não podem ser substituídas sem prejuízos por atividades computacionais, evidencia ainda mais o fato de os respondentes desconhecerem as vantagens das integrações entre AC e AE. Apenas 23,4% dos professores concordaram com tal afirmativa. Um respondente disse que “se a simulação é semelhante ao fenômeno ela pode sim ser substituída”. Outro argumentou dizendo que “as simulações podem ser usadas para substituir as atividades experimentais por serem mais interativas e controláveis pelos alunos”.

Apenas 14,1% dos respondentes concordaram com a proposição 6, mostrando que os respondentes acreditam que existem situações em que os professores devem optar por AC no lugar de AE. Contudo, observando suas justificativas, pode-se perceber que seis respondentes discordaram de tal afirmação argumentando que existem casos em que não é possível a realização de AE. Um deles disse que “em casos onde o experimento oferece risco ao aluno,

deve-se usar uma simulação”. Outro afirmou que “nem sempre temos como fazer uma atividade experimental, e na simulação temos”.

Diferente do ocorrido com as crenças dos respondentes em relação ao uso isolado de AE e AC, quando, de modo geral, eles apresentaram posições coerentes com os recentes resultados apresentados na literatura, ficou evidente a falta de sintonia entre as crenças dos respondentes em relação a usos integrados de AE e AC e às pesquisas desenvolvidas abordando essa combinação. Isso possivelmente ocorreu pelo fato de que tal assunto só foi abordado no curso de especialização após a aplicação do questionário. O uso de AE e AC no ensino de Física, como já foi dito, já havia sido tratado em disciplinas anteriores ao momento em que os professores responderam ao questionário.

Assim como no Estudo 1, não foi possível a identificação de grupos de afirmativas que medissem a atitude dos respondentes em relação ao uso de AE, AC ou integrações de ambas por meio de análise de componente principal (FISHBEIN & AJZEN, 1975, p. 75). As afirmativas agrupadas por meio de reconhecimento semântico igualmente revelaram baixos valores de coeficientes de fidedignidade.

Análise do levantamento sobre o uso de AE e AC

As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam os resultados obtidos no levantamento realizado ao final do questionário.

Comparando-se os dados obtidos no Estudo 1 com os obtidos neste levantamento, pode-se perceber um significativo aumento no número de professores que dizem utilizar pouco AE nas aulas em que ministram. Os resultados mostraram que 39% dos respondentes afirmam utilizar tal recurso em menos de 5% de suas aulas, sendo que 15,6% deles disseram nunca utilizar tal estratégia didática. Valores semelhantes foram obtidos para demonstrações experimentais, onde 14,1% dos respondentes disseram não utilizar tal recurso. Comparando-se com suas formações docentes, os respondentes mostraram que utilizam experimentos em suas aulas em menos oportunidades do que seus professores os utilizavam.

Tratando-se de AC, o número de respondentes que aponta utilizar pouco tal recurso cresce significativamente, sendo que 60,8% deles dizem desenvolver AC em menos de 5% das aulas em que ministram. No caso de demonstrações baseadas em simulações computacionais, 62,5% dos respondentes disseram utilizar tal recurso em menos de 5% das aulas em que ministram. Contudo, cabe ressaltar que 56,2% deles afirmaram que nunca em suas formações docentes tiveram a oportunidade de desenvolver AC. Possivelmente isso seja consequência do fato de ser uma estratégia didática mais recente do que as AE.

Tabela 6 – Para as questões relativas à frequência com que os respondentes do Estudo 2 usam AE e AC em suas aulas ou durante as suas formações docentes (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais.

| QUESTÕES | RESULTADOS | | | | |
|---|--------------|-----------------|----------------|---------------|-------|
| | Acima de 50% | Entre 25% e 50% | Entre 5% e 25% | Entre 1% e 5% | 0% |
| Você costuma apresentar demonstrações experimentais em que porcentagem de suas aulas? | 3 | 9 | 22 | 21 | 9 |
| | 4,7% | 14,1% | 34,4% | 32,8% | 14,1% |
| Você costuma utilizar atividades experimentais em que porcentagem de suas aulas? | 2 | 8 | 29 | 15 | 10 |
| | 3,1% | 12,5% | 45,3% | 23,4% | 15,6% |
| Na sua formação como docente, você realizou atividades experimentais em que porcentagem de suas aulas? | 7 | 14 | 24 | 15 | 4 |
| | 10,9% | 21,9% | 37,5% | 23,4% | 6,2% |
| Na sua formação como docente, seus professores realizavam demonstrações experimentais em que porcentagem de suas aulas? | 4 | 12 | 14 | 22 | 12 |
| | 6,2% | 18,8% | 21,9% | 34,3% | 18,8% |
| Você costuma apresentar demonstrações com o uso de simulações computacionais em que porcentagem de suas aulas? | 0 | 6 | 18 | 19 | 21 |
| | 0,0% | 9,4% | 28,1% | 29,7% | 32,8% |
| Você costuma utilizar atividades baseadas em simulações computacionais em que porcentagem de suas aulas? | 0 | 9 | 16 | 19 | 20 |
| | 0,0% | 14,1% | 25,0% | 29,7% | 31,2% |
| Na sua formação como docente, você realizou atividades baseadas em simulações computacionais em que porcentagem de suas aulas? | 0 | 1 | 8 | 19 | 36 |
| | 0,0% | 1,6% | 12,5% | 29,7% | 56,2% |
| Na sua formação como docente, seus professores realizavam demonstrações com simulações computacionais em que porcentagem de suas aulas? | 0 | 2 | 5 | 21 | 36 |
| | 0,0% | 3,1% | 7,8% | 32,8% | 56,2% |

Tabela 7 – Para as questões sobre a qualidade dos laboratórios de Física e de Informática das instituições onde lecionam (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para os diferentes níveis de qualidade (muito bom, razoável, ruim) e não há laboratório.

| QUESTÕES | RESULTADOS | | | | |
|--|------------|-------|----------|-------|------------|
| | Muito Boa | Boa | Razoável | Ruim | Não há lab |
| Como você caracteriza a qualidade do laboratório de Física do principal colégio onde você ministra aulas? | 2 | 12 | 8 | 13 | 29 |
| | 3,1% | 18,8% | 12,5% | 20,3% | 45,3% |
| Como você caracteriza a qualidade do laboratório de informática do principal colégio onde você ministra aulas? | 6 | 22 | 21 | 11 | 4 |
| | 9,4% | 34,4% | 32,8% | 17,2% | 6,2% |

Tabela 8 – Para as questões sobre a contribuição das AE e das AC em suas formações docentes (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para os diferentes níveis de contribuição (grande, razoável, pequena, nula, não utilizou).

| QUESTÕES | RESULTADOS | | | | |
|---|------------|----------|---------|-------|--------------|
| | Grande | Razoável | Pequena | Nula | Não utilizou |
| Como você avalia a contribuição das atividades experimentais na sua formação docente? | 23 | 19 | 17 | 2 | 3 |
| | 35,9% | 29,7% | 26,6% | 3,1% | 4,7% |
| Como você avalia a contribuição das demonstrações experimentais na sua formação docente? | 14 | 22 | 17 | 4 | 7 |
| | 21,9% | 34,4% | 26,6% | 6,2% | 10,9% |
| Como você avalia a contribuição das demonstrações com simulações computacionais na sua formação docente? | 10 | 4 | 16 | 11 | 23 |
| | 15,6% | 6,2% | 25,0% | 17,2% | 35,9% |
| Como você avalia a contribuição das atividades baseadas em simulações computacionais na sua formação docente? | 12 | 6 | 11 | 11 | 24 |
| | 18,8% | 9,4% | 17,2% | 17,2% | 37,5% |

As respostas apresentadas às questões relativas à qualidade dos laboratórios de Física e de Informática de suas instituições evidenciaram diferenças na satisfação dos professores com cada um desses ambientes escolares. Enquanto que se mostraram satisfeitos com os laboratórios de Informática, os resultados mostraram professores descontentes com os laboratórios de Física. Para 76,6% dos respondentes, o laboratório de Informática da instituição em que trabalha é, no mínimo, razoável. Esse valor cai bruscamente quando se trata do laboratório de Física, sendo que apenas 34,4% consideram tal espaço de suas instituições, no mínimo, razoável. No entanto, assim como no Estudo 1, não houve correlação significativa entre o uso de AE e AC e os valores apontados pelos respondentes para as qualidades dos laboratórios de suas instituições.

Além de não ter sido encontrada correlação significativa entre a qualidade dos laboratórios de suas instituições, não foi encontrada correlação significativa entre a frequência com que os professores usam AE ou AC com a contribuição que eles percebem que tais recursos tiveram em suas formações ou com a frequência com que usaram tais recursos em suas formações docentes.

4.3 Estudo 3: Aplicação da TCP para compreender as crenças e atitudes de professores de Física sobre o uso de AE, AC e integrações de ambas

Apesar das modificações introduzidas no questionário na aplicação de sua segunda versão, alguns problemas se repetiram. A fidedignidade dos itens confeccionados com o intuito de medir a atitude dos respondentes sobre o uso de AE, de AC e integrações de ambas, por exemplo, continuou insatisfatório. Frente a tal situação, resolvemos iniciar uma investigação com o intuito de encontrar um novo referencial para sustentar a confecção de um novo questionário. Escolhemos, então, a “Teoria do Comportamento Planejado” (TCP) para amparar o terceiro estudo relatado neste trabalho. Para seu desenvolvimento, foi confeccionado um questionário com 75 questões baseado nas crenças identificadas no Estudo 2 dividido em quatro partes: uma relacionada ao perfil dos respondentes (seção 1), outra, ao uso de atividades experimentais (seção 2), a seguinte, ao uso de simulações computacionais (seção 3) e a última, ao ensino de Física de modo geral (seção 4). Com o objetivo de validar o instrumento produzido, o questionário foi avaliado e aprovado por dois especialistas e aplicado em professores de Física. As subseções que seguem apresentam os resultados obtidos com sua aplicação e uma discussão sobre as possíveis causas e consequências das respostas apresentadas.

4.3.1 Integrantes do Estudo

Os integrantes deste estudo são 53 professores de Física em atuação convidados a participar da pesquisa por meio de e-mails enviados para os integrantes do cadastro do “Centro de Referência para o Ensino de Física” (CREF) da UFRGS (CREF, 2011). Dos respondentes, 35 são do sexo masculino e 18 do sexo feminino. Suas idades variam entre 22 e 57 anos, tendo média de 35,8 anos com desvio padrão de 9,1 anos. Quanto ao tempo em que lecionam, suas carreiras variam entre 1 e 37 anos, tendo média de 11,3 anos com desvio padrão de 9,0 anos. As Tabelas 9, 10 e 11 mostram o mais alto grau de escolaridade concluído dos respondentes, os níveis em que ministram suas aulas e o tipo de instituição no qual trabalham. Devido ao fato de que alguns professores atuam em mais de uma instituição e em mais de um nível de ensino, o somatório dos dados apresentados nas tabelas ultrapassa o número de respondentes.

Tabela 9: Grau de escolaridade dos respondentes do Estudo 3.

| Grau de escolaridade concluído | Número de respondentes |
|-----------------------------------|------------------------|
| Ensino Médio | 1 |
| Ensino Superior | 19 |
| Ensino Técnico-profissionalizante | 2 |
| Especialização | 15 |
| Mestrado | 13 |
| Doutorado | 3 |

Tabela 10: Nível de ensino em que os respondentes do Estudo 3 ministram suas aulas.

| Níveis em que ministram aulas | Número de respondentes |
|-----------------------------------|------------------------|
| Ensino Médio | 49 |
| Ensino Superior | 16 |
| Ensino Técnico-profissionalizante | 16 |
| Especialização | 5 |

Tabela 11: Tipos de instituição em que os respondentes do Estudo 3 atuam.

| Tipo de instituição em que trabalha | Número de respondentes |
|-------------------------------------|------------------------|
| Privada | 24 |
| Pública Municipal | 5 |
| Pública Estadual | 24 |
| Pública Federal | 15 |

4.3.2 Instrumento de coleta de dados

O instrumento utilizado neste estudo foi baseado nas orientações metodológicas de Ajzen (seção 3.3.6) e consta no Apêndice A. Assim como no questionário utilizado no Estudo 2, inserimos no início da nova versão do questionário o seguinte texto, com o intuito de fornecer uma breve explicação do que gostaríamos que fosse considerado como AE e AC nas questões propostas:

O termo “atividade experimental” será empregado para atividades em que os alunos manuseiam diretamente um experimento real em pequenos grupos. Não estamos abarcando nesta expressão demonstrações experimentais feitas pelo professor. Do mesmo modo, o termo “uso de simulações computacionais” é empregado para atividades em que os alunos interagem com uma simulação computacional individualmente ou em pequenos grupos, não para demonstrações feitas pelo professor com um projetor multimídia, por exemplo.

Nas subseções que seguem, relatamos como foram produzidas as questões utilizadas para medir o controle comportamental percebido, a norma subjetiva e a atitude dos professores respondentes frente ao uso de AE e AC no ensino de Física. São deixados para o Apêndice B maiores detalhes sobre a aplicação do modelo de Ajzen para a mensuração da:

- atitude, em função das intensidade das crenças e da avaliação de suas consequências;

- norma subjetiva, em função da intensidade da crença normativa e pela motivação da pessoa para considerá-la;
- controle comportamental percebido, em função da crença de controle e da potência percebida.

Em todos os itens do questionário, os respondentes precisavam se posicionar em uma escala de quatro ou cinco níveis, havendo quatro conjuntos de níveis:

- “discordo fortemente”, “discordo”, “indeciso ou sem opinião”, “concordo”, e “concordo fortemente”, para os itens que aferem o grau de concordância com proposições apresentadas;
- “desnecessário”, “pouco importante”, “importante”, “muito importante”, e “fundamental”, para os itens que medem a importância de determinados aspectos para o ensino de Física;
- “desaprovam completamente”, “desaprovam”, “neutra”, “aprovam”, e “aprovam completamente”, para os itens relacionados à postura de determinados indivíduos frente ao uso de AE e AC;
- “não influenciam”, “influenciam pouco”, “influenciam razoavelmente”, e “influenciam muito”, para os itens que aferem a influência de determinados indivíduos sobre as aulas que o respondente ministra.

Todas as medidas de atitude, de controle comportamental percebido e de norma subjetiva foram normalizadas para valores entre 0 e 5.

Questões desenvolvidas para a aferição da atitude sobre o uso de AE e AC

Para o desenvolvimento das questões destinadas a medir a atitude dos respondentes frente ao uso de AE e AC no ensino de Física, pretendíamos por um lado usar resultados do Estudo 2 e por outro dispor de respostas de professores que ainda não tivessem refletido mais profundamente sobre o assunto. Então, decidimos propor para os professores que participaram do Estudo 2, um questionário onde os respondentes classificassem em que momento ocorreu a formação (ou não) de cada uma das crenças comportamentais identificadas. O questionário foi dividido em duas partes: uma relativa às crenças sobre o uso de AE (constantes na primeira coluna da Tabela 12) e outra relativa às crenças sobre o uso de AC (constantes na primeira coluna da Tabela 13). Para cada uma dessas crenças, o respondente precisava manifestar-se quanto ao momento em que tal crença foi desenvolvida (ou não), escolhendo uma das seguintes alternativas: “possuía antes do curso”, “desenvolvida durante o curso”,

“não possuo ou não atribuo importância”, “possuía antes do curso, mas não possuo mais” e “não consigo determinar”.

A Tabela 12 mostra os resultados obtidos para as crenças comportamentais sobre o uso de AE.

Tabela 12 – Para cada uma das crenças comportamentais salientes sobre o uso de AE identificadas no Estudo 2 (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para o momento em que foram formadas (ou não) tais crenças pelos integrantes do estudo.

| CRENÇA COMPORTAMENTAL | RESULTADOS | | | | |
|---|------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---|------------------------|
| | Possuía antes do curso | Desenvolvi durante o curso | Não possuo ou não atribuo importância | Possuía antes do curso, mas não possuo mais | Não consigo determinar |
| 1) Auxiliam no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos. | 26 | 17 | 0 | 0 | 1 |
| | 59,1% | 38,6% | 0,0% | 0,0% | 2,3% |
| 2) Estimulam e desenvolvem o raciocínio crítico. | 24 | 19 | 0 | 0 | 1 |
| | 54,5% | 43,2% | 0,0% | 0,0% | 2,3% |
| 3) Possibilitam o teste de hipóteses. | 12 | 28 | 1 | 1 | 2 |
| | 27,3% | 63,6% | 2,3% | 2,3% | 4,5% |
| 4) Os alunos dispersam a atenção facilmente durante as atividades. | 13 | 5 | 9 | 7 | 10 |
| | 29,5% | 11,4% | 20,5% | 15,9% | 22,7% |
| 5) Estimulam e desenvolvem a criatividade. | 19 | 22 | 2 | 0 | 1 |
| | 43,2% | 50,0% | 4,5% | 0,0% | 2,3% |
| 6) Possibilitam a visualização dos fenômenos físicos. | 22 | 22 | 0 | 0 | 0 |
| | 50,0% | 50,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 7) Colocam os alunos frente a atividades que explicitam a natureza da pesquisa científica despertando o espírito investigativo. | 10 | 28 | 2 | 3 | 1 |
| | 22,7% | 63,6% | 4,5% | 6,8% | 2,3% |
| 8) Podem confundir os alunos devido aos erros experimentais. | 7 | 15 | 4 | 12 | 6 |
| | 15,9% | 34,1% | 9,1% | 27,3% | 13,6% |
| 9) Desenvolvem habilidades de observação e análise de dados. | 16 | 26 | 1 | 1 | 0 |
| | 36,4% | 59,1% | 2,3% | 2,3% | 0,0% |
| 10) Explicitam diferenças e relações entre fenômenos reais e teorias físicas. | 6 | 33 | 0 | 4 | 1 |
| | 13,6% | 75,0% | 0,0% | 9,1% | 2,3% |
| 11) Estimulam o trabalho colaborativo. | 25 | 18 | 0 | 0 | 1 |
| | 56,8% | 40,9% | 0,0% | 0,0% | 2,3% |

| | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12) As atividades com roteiros tipo “receita de bolo” levam o aluno a seguir passos rigorosamente, mas sem a reflexão necessária para o entendimento do fenômeno. | 10 | 23 | 2 | 7 | 2 |
| | 22,7% | 52,3% | 4,5% | 15,9% | 4,5% |
| 13) Estimulam a participação ativa dos alunos. | 20 | 22 | 1 | 1 | 0 |
| | 45,5% | 50,0% | 2,3% | 2,3% | 0,0% |
| 14) Possibilitam a verificação de leis e teorias. | 17 | 24 | 1 | 2 | 0 |
| | 38,6% | 54,5% | 2,3% | 4,5% | 0,0% |
| 15) Influenciam a atitude dos alunos, motivando-os durante as atividades. | 25 | 18 | 0 | 1 | 0 |
| | 56,8% | 40,9% | 0,0% | 2,3% | 0,0% |
| 16) Muitas atividades experimentais relevantes são impossíveis de serem realizadas por serem caras ou perigosas. | 17 | 8 | 5 | 7 | 7 |
| | 38,6% | 18,2% | 11,4% | 15,9% | 15,9% |
| 17) É uma atividade diferente das aulas tradicionais, tornando as aulas mais dinâmicas, atraentes e agradáveis para os alunos. | 26 | 15 | 0 | 3 | 0 |
| | 59,1% | 34,1% | 0,0% | 6,8% | 0,0% |
| 18) Os alunos as percebem como fatos isolados, sem relação com o cotidiano e com as teorias. | 4 | 11 | 6 | 10 | 13 |
| | 9,1% | 25,0% | 13,6% | 22,7% | 29,5% |

Os dados obtidos corroboraram a hipótese construída durante a análise dos resultados do Estudo 2: o curso de especialização influenciou fortemente a visão dos professores quanto ao uso de AE no ensino de Física. Em 10 das 18 crenças comportamentais propostas, metade ou mais dos respondentes apontaram ter desenvolvido tal conhecimento durante o curso. Aspectos importantes relacionados ao uso de AE para fins didáticos, como, por exemplo, o fato de que atividades com roteiros tipo “receita de bolo” levam o aluno a seguir passos rigorosamente, sem a reflexão necessária para o entendimento do fenômeno e a capacidade das AE de explicitar diferenças e relações entre fenômenos reais e teorias físicas, não eram do conhecimento dos professores. Tal fato evidencia que tais professores, antes de terem participado das discussões propostas nas disciplinas do curso, não eram alinhados com os resultados apresentados nas mais recentes pesquisas que avaliam o uso de AE no ensino de Física. Além disso, a ampla maioria dos professores disse possuir a crença de que as AE possibilitam a verificação de leis e teorias, mesmo com as reflexões propostas durante o curso destacando o equívoco epistemológico relacionado a tal ideia. Pode-se verificar ainda quatro

crenças que mais de 15% dos respondentes disseram possuir antes do curso e que não possuem mais. Três delas (crenças 4, 8 e 18) estão relacionadas a problemas enfrentados pelo uso inadequado das AE. Possivelmente elas foram superadas pelo fato de o curso ter apresentado estratégias com o potencial de amenizar tais obstáculos.

Com base nas crenças que os professores manifestaram possuir antes do curso (coluna 2 da Tabela 12) foram enunciadas seis proposições em relação ao uso de AE, sobre as quais os respondentes deveriam manifestar o seu nível de concordância. Ou seja, os respondentes receberam a seguinte instrução:

As afirmativas abaixo se referem a VANTAGENS ou LIMITAÇÕES comumente atribuídas ao uso de ATIVIDADES EXPERIMENTAIS no ensino de Física. Marque a alternativa que melhor expressa seu nível de concordância.

e manifestaram-se em uma escala de cinco níveis relacionados ao grau de sua concordância em relação às proposições apresentadas a seguir.

Atividades experimentais:

- auxiliam no processo de formação de conceitos, de desenvolvimento do raciocínio e de compreensão dos fenômenos físicos;
- possibilitam a visualização dos fenômenos físicos macroscópicos;
- promovem o trabalho colaborativo entre os alunos;
- estimulam a participação ativa dos alunos por meio da interação deles com os materiais concretos envolvidos nos fenômenos físicos;
- apesar das potencialidades, fazem com que os alunos dispersem demais sua atenção em sala de aula;
- influenciam a atitude dos alunos, promovendo o engajamento deles nas atividades propostas nas aulas de Física.

Seguindo as orientações metodológicas de Ajzen, para cada uma dessas proposições foi enunciada uma afirmativa que expressa a importância que tal proposição pode ter para o ensino de Física, sobre a qual o respondente deveria manifestar seu grau de concordância. Por exemplo, em complemento à proposição “Promovem o trabalho colaborativo entre os alunos”, foi solicitado aos respondentes que avaliassem o quanto consideram importante o trabalho colaborativo entre os alunos para o ensino de Física.

Os respondentes receberam a seguinte instrução:

As afirmativas abaixo apresentam alguns aspectos relacionados ao ensino de Física. Marque a alternativa que melhor expressa sua opinião sobre o nível de importância de cada um desses aspectos para o processo de ensino-aprendizagem de Física.

O itens relacionados para eles se manifestarem foram:

- o processo de formação dos conceitos, de desenvolvimento do raciocínio e de compreensão dos fenômenos físicos;
- a visualização dos fenômenos físicos macroscópicos;
- o trabalho colaborativo entre os alunos;
- a participação ativa dos alunos por meio da interação deles com os materiais concretos;
- o engajamento dos alunos nas atividades;
- a atenção dos alunos durante as atividades.

Assim como para a aferição das atitudes dos respondentes frente ao uso de AE, as questões desenvolvidas com o intuito de medir a atitude deles frente ao uso de AC no ensino de Física também foram baseadas nas crenças comportamentais que eles manifestaram possuir antes de ingressarem no curso de especialização. Os momentos em que tais crenças foram desenvolvidas são sintetizados na Tabela 13.

Tabela 13 – Para cada uma das crenças comportamentais salientes sobre o uso de AC identificadas no Estudo 2 (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para o momento em que foram formadas (ou não) tais crenças pelos integrantes da pesquisa.

| CRENÇA COMPORTAMENTAL | RESULTADOS | | | | |
|--|------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---|------------------------|
| | Possuía antes do curso | Desenvolvi durante o curso | Não possuo ou não atribuo importância | Possuía antes do curso, mas não possuo mais | Não consigo determinar |
| 1) Podem proporcionar a interação do aluno com “experimentos virtuais”, substitutos de experimentos reais potencialmente perigosos, caros, ou que, por algum motivo, não são passíveis de reprodução em laboratório. | 9 | 35 | 0 | 0 | 0 |
| | 20,5% | 79,5% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 2) Podem munir o aluno de múltiplas representações simultâneas de um fenômeno físico. | 2 | 39 | 2 | 0 | 1 |
| | 4,5% | 88,6% | 4,5% | 0,0% | 2,3% |
| 3) Podem levar o aluno a confundir o mundo virtual com o real caso não fiquem claras as idealizações e aproximações consideradas na simulação computacional. | 2 | 26 | 4 | 8 | 4 |
| | 4,5% | 59,1% | 9,1% | 18,2% | 9,1% |
| 4) Possibilitam a simplificação dos fenômenos físicos a serem investigados permitindo aos estudantes se concentrarem nos conceitos fundamentais. | 2 | 41 | 0 | 0 | 1 |
| | 4,5% | 93,2% | 0,0% | 0,0% | 2,3% |

| | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5) Auxiliam no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos. | 25 | 19 | 0 | 0 | 0 |
| | 56,8% | 43,2% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 6) Permitem tornar mais "concretos" conceitos físicos abstratos. | 12 | 31 | 0 | 0 | 1 |
| | 27,3% | 70,5% | 0,0% | 0,0% | 2,3% |
| 7) Promovem o trabalho colaborativo. | 15 | 22 | 2 | 2 | 3 |
| | 34,1% | 50,0% | 4,5% | 4,5% | 6,8% |
| 8) Possibilitam a execução e repetição de um experimento de forma rápida. | 13 | 29 | 2 | 0 | 0 |
| | 29,5% | 65,9% | 4,5% | 0,0% | 0,0% |
| 9) O entusiasmo demasiado com o recurso pode desfocar os alunos do verdadeiro objetivo da atividade. | 2 | 20 | 9 | 9 | 4 |
| | 4,5% | 45,5% | 20,5% | 20,5% | 9,1% |
| 10) É uma atividade diferente das aulas tradicionais, tornando as aulas mais dinâmicas, atraentes e agradáveis. | 20 | 21 | 1 | 1 | 1 |
| | 45,5% | 47,7% | 2,3% | 2,3% | 2,3% |
| 11) Possibilitam a visualização dos fenômenos físicos. | 14 | 27 | 0 | 2 | 1 |
| | 31,8% | 61,4% | 0,0% | 4,5% | 2,3% |
| 12) Influencia a atitude dos discentes, motivando-os durante as atividades propostas. | 11 | 31 | 0 | 0 | 2 |
| | 25,0% | 70,5% | 0,0% | 0,0% | 4,5% |
| 13) Possibilitam que o aluno elabore e teste hipóteses em tempo real. | 3 | 36 | 1 | 1 | 3 |
| | 6,8% | 81,8% | 2,3% | 2,3% | 6,8% |
| 14) Desenvolvem habilidades para a resolução de problemas. | 6 | 32 | 0 | 0 | 6 |
| | 13,6% | 72,7% | 0,0% | 0,0% | 13,6% |
| 15) Possibilitam que o aluno relacione teoria e prática. | 15 | 27 | 0 | 1 | 1 |
| | 34,1% | 61,4% | 0,0% | 2,3% | 2,3% |
| 16) Possibilitam a interação do aluno com uma representação dos fenômenos físicos. | 11 | 32 | 1 | 0 | 0 |
| | 25,0% | 72,7% | 2,3% | 0,0% | 0,0% |
| 17) Os alunos dispersam sua atenção facilmente durante as atividades desse tipo. | 4 | 4 | 15 | 10 | 11 |
| | 9,1% | 9,1% | 34,1% | 22,7% | 25,0% |
| 18) Estimulam e desenvolvem o raciocínio crítico. | 13 | 27 | 0 | 1 | 3 |
| | 29,5% | 61,4% | 0,0% | 2,3% | 6,8% |

Os resultados apresentados evidenciam que os professores antes do curso eram ainda menos alinhados aos resultados apresentados na literatura sobre o uso de AC do que sobre o

uso de AE. Em 15 das 18 crenças comportamentais propostas, metade ou mais dos respondentes apontaram ter desenvolvido tal conhecimento durante o curso. Entre essas, destacam-se, por terem sido apontadas por aproximadamente 90% dos respondentes, a possibilidade das simulações computacionais munirem o aluno de múltiplas representações simultâneas de um fenômeno físico e a capacidade de simplificar os fenômenos físicos a serem investigados permitindo aos estudantes se concentrarem nos conceitos fundamentais. Pode-se verificar ainda três crenças em que mais de 15% dos respondentes disseram que possuíam antes do curso e que não possuem mais. Tais crenças (3, 9 e 17) estão relacionadas a problemas enfrentados pelo uso inadequado das AC e, assim como ocorreram com algumas crenças comportamentais relacionadas ao uso de AE, possivelmente foram superadas pelo fato de o curso ter apresentado estratégias com o potencial de amenizar tais obstáculos.

Com base nas crenças sobre as AC que os professores manifestaram possuir antes do curso (coluna 2 da Tabela 13) foram enunciadas as seis proposições apresentadas a seguir, sobre o uso de AC em relação às quais os respondentes deveriam apontar o seu nível de concordância.

Atividades computacionais:

- auxiliam no processo de formação de conceitos, de desenvolvimento do raciocínio e de compreensão dos fenômenos físicos;
- favorecem o trabalho colaborativo entre os alunos;
- permitem que o aluno teste hipóteses;
- influenciam a atitude dos alunos, promovendo o engajamento deles nas atividades propostas nas aulas de Física;
- possibilitam a visualização de uma representação dos fenômenos físicos;
- promovem a interação do aluno com representações dos fenômenos físicos.

Novamente, de acordo com o modelo de Ajzen, para cada uma dessas proposições, foi enunciada uma afirmativa que expressa a importância das consequências de tal proposição sobre o ensino de Física, sobre a qual o respondente deveria manifestar seu grau de concordância. Os itens considerados nessas afirmativas foram:

- o processo de formação dos conceitos, de desenvolvimento do raciocínio e de compreensão dos fenômenos físicos;
- o trabalho colaborativo entre os alunos;
- o engajamento dos alunos nas atividades;
- o teste de hipóteses;
- a interação dos alunos com representações dos fenômenos físicos;
- a visualização de representações de fenômenos físicos.

Além das questões derivadas das crenças comportamentais salientes, foram apresentadas 12 questões em que o respondente deveria manifestar seu nível de concordância com um adjetivo atribuído ao recurso considerado, AE ou AC. Os adjetivos atribuídos para ambas as atividades foram: fundamental, agradável, cansativa, interessante, instigante e árdua.

Questões desenvolvidas para a aferição do controle comportamental percebido sobre o uso de AE e AC

Para efetuar as medidas de controle comportamental percebido foram propostas 24 afirmativas sobre as quais os respondentes indicaram seu nível de concordância com cada uma delas: 12 sobre AE e 12 sobre AC. Elas foram dispostas em pares: uma referente a uma característica da principal instituição onde eles ministram suas aulas e outra referente ao quanto essa característica influencia as suas decisões de usar ou não AE ou AC em suas aulas, ou seja, em consonância com a teoria de Ajzen, uma relacionada à intensidade de uma crença de controle e outra relacionada à sua potência para facilitar ou inibir o uso de atividades experimentais em suas aulas. As crenças de controle nas quais nos baseamos para a produção das questões foram identificadas por meio das desvantagens apontadas pelos respondentes do Estudo 2 ao uso de AE e AC (Quadros 13 e 15).

Para a aferição do controle comportamental percebido dos respondentes frente ao uso de AE, apresentamos as seguintes proposições:

- Necessito de muito tempo para preparar uma boa atividade experimental.
- Deixo de realizar atividades experimentais em função do pouco tempo que disponho para realizá-las.
- Atividades experimentais exigem muito tempo das minhas aulas.
- Deixo de realizar atividades experimentais em função da pequena carga horária destinada para as aulas de Física na principal escola onde leciono.
- Na principal escola onde ministro minhas aulas tenho à disposição boas condições de infraestrutura (bom laboratório de Física, bons equipamentos, etc.) para a realização de atividades experimentais.
- A infraestrutura do laboratório de Física da escola onde leciono é determinante da promoção ou não de atividades experimentais nas minhas aulas.
- Na principal escola onde ministro minhas aulas tenho à disposição materiais e equipamentos adequados para a realização de atividades experimentais.
- A disponibilidade de materiais e equipamentos adequados para a execução de atividades experimentais na escola onde leciono é determinante da promoção ou não de atividades experimentais nas minhas aulas.
- Sinto-me preparado para conduzir boas atividade experimentais.

- Deixo de realizar atividades experimentais por não me sentir preparado para utilizar tal recurso.
- As turmas da principal escola onde leciono minhas aulas são muito numerosas.
- A quantidade de alunos das turmas é determinante para minha decisão de promover ou não uma atividade experimental.

Para a aferição do controle comportamental percebido dos respondentes frente ao uso de AC, apresentamos as seguintes proposições:

- Na principal escola onde ministro minhas aulas tenho à disposição boas condições de infraestrutura (bom laboratório de informática, boa banda larga, bons computadores, etc.) para a realização de atividades baseadas em simulações computacionais.
- A infraestrutura do laboratório de informática da escola onde leciono é determinante da promoção ou não de atividades baseadas em simulações computacionais nas minhas aulas.
- As turmas da principal escola onde leciono minhas aulas são muito numerosas.
- O quantidade de alunos das turmas é determinante para minha decisão de promover ou não uma atividade baseada em simulações computacionais.
- Tenho dificuldade para encontrar simulações computacionais para utilizar em minhas aulas.
- A dificuldade em encontrar boas simulações computacionais dificulta a realização de atividades baseadas em simulações computacionais.
- Me sinto preparado para conduzir boas atividade baseadas em simulações computacionais.
- Deixo de realizar atividades com simulações computacionais por não me sentir preparado para utilizar tal recurso.
- Atividades baseadas em simulações computacionais exigem muito tempo das minhas aulas.
- Deixo de realizar atividades baseadas em simulações computacionais em função da pequena carga horária destinada para as aulas de Física na principal escola onde leciono.
- Necessito de muito tempo para preparar uma boa atividade utilizando simulações computacionais.
- Deixo de realizar atividades baseadas em simulações computacionais em função do pouco tempo que disponho para realizá-las.

Questões desenvolvidas para a aferição da norma subjetiva sobre o uso de AE e AC

Para as medidas de norma subjetiva sobre o uso de AE e AC foram propostos quatro referentes, sobre os quais os respondentes foram solicitados a indicar a postura adotada por esses sujeitos quanto ao uso de tais recursos nas aulas que os respondentes ministram. Os

referentes das crenças normativas sobre o uso de AE e AC propostos aos respondentes foram os seguintes:

- Diretor(a) da sua instituição de ensino
- Seus alunos
- Seus colegas professores
- Pais dos seus alunos

Complementando as medidas, seguindo às orientações propostas por Ajzen, foi solicitado que os respondentes apontassem o quanto a opinião desses indivíduos influencia as suas decisões sobre as suas próprias aulas.

4.3.3 Resultados sobre o uso de atividades experimentais

Passamos a apresentar os resultados obtidos com os dados coletados sobre o uso de AE para fins didáticos no ensino de Física. Detalhes sobre as equações utilizadas nesta seção serão deixados para o Apêndice B.

Aferição da atitude

As atitudes dos respondentes frente ao uso de AE no ensino de Física foram medidas de duas formas distintas: por meio das crenças comportamentais (seção 2.1 do questionário apresentado no Apêndice A) e das consequências atribuídas a elas (seção 4.1 do questionário do Apêndice A) e por meio de medida direta do sentimento favorável ou desfavorável dos respondentes frente ao uso de tal recurso (seção 2.4 do questionário do Apêndice A).

Primeiramente apresentaremos os resultados obtidos a partir das medidas das intensidades e das avaliações das consequências das crenças comportamentais, cujos valores são apresentados nas tabelas 14 e 15.

As atitudes dos respondentes frente ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física foram computadas por meio da Eq. B.1 (vide Apêndice B). Para facilitar a interpretação dos dados obtidos, os valores de atitude foram normalizados para valores entre 0 e 5. A média das atitudes dos respondentes foi de 3,63 com desvio padrão de 0,69. Pode-se dizer que, de modo geral, os valores obtidos foram altos. No entanto, pode-se perceber que, com exceção das crenças 2.1.1 e 2.1.2, para as quais foram atribuídas intensidades muito altas, a posição dos respondentes não foi extremada, ou seja, eles não se mostraram completamente convencidos de que tais características podem ser atribuídas ao uso de AE no ensino de Física, principalmente em relação à crenças que atribuem às AE as potencialidades de promover o trabalho colaborativo e a participação ativa dos alunos.

Tabela 14 – Para cada crença comportamental relacionada ao uso de AE no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF).

| CRENÇAS COMPORTAMENTAIS | RESPOSTAS | | | | |
|---|-----------|-------|------|-------|-------|
| | CF | C | I | D | DF |
| 2.1.1) Auxiliam no processo de formação de conceitos, de desenvolvimento do raciocínio e de compreensão dos fenômenos físicos. | 31 | 20 | 0 | 2 | 0 |
| | 58,5% | 37,7% | 0% | 3,8% | 0% |
| 2.1.2) Possibilitam a visualização dos fenômenos físicos macroscópicos. | 33 | 19 | 1 | 0 | 0 |
| | 62,3% | 35,8% | 1,9% | 0% | 0% |
| 2.1.3) Promovem o trabalho colaborativo entre os alunos. | 22 | 26 | 2 | 3 | 0 |
| | 41,5% | 49,1% | 3,8% | 5,7% | 0% |
| 2.1.4) Estimulam a participação ativa dos alunos por meio da interação deles com os materiais concretos envolvidos nos fenômenos físicos. | 23 | 24 | 3 | 3 | 0 |
| | 43,3% | 45,3% | 5,7% | 5,7% | 0% |
| 2.1.5) Apesar das potencialidades, fazem com que os alunos dispersem demais sua atenção em sala de aula. | 3 | 7 | 4 | 33 | 6 |
| | 5,7% | 13,2% | 7,5% | 62,3% | 11,3% |
| 2.1.6) Influenciam a atitude dos alunos, promovendo o engajamento deles nas atividades propostas nas aulas de Física. | 21 | 24 | 5 | 3 | 0 |
| | 39,6% | 45,3% | 9,4% | 5,7% | 0% |

Tabela 15 – Para cada consequência das crenças comportamentais relacionadas ao uso de AE no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de importância (fundamental, muito importante, importante, pouco importante, e desnecessário cujas abreviaturas são, respectivamente F, MI, I, PI e D).

| ASPECTO | RESPOSTAS | | | | |
|---|-----------|-------|-------|------|----|
| | F | MI | I | PI | D |
| 4.1.1) O processo de formação dos conceitos, de desenvolvimento do raciocínio e de compreensão dos fenômenos físicos. | 41 | 10 | 2 | 0 | 0 |
| | 77,4% | 18,9% | 3,8% | 0% | 0% |
| 4.1.2) A visualização dos fenômenos físicos macroscópicos. | 23 | 25 | 5 | 0 | 0 |
| | 43,4% | 47,2% | 9,4% | 0% | 0% |
| 4.1.3) O trabalho colaborativo entre os alunos. | 15 | 29 | 5 | 4 | 0 |
| | 28,3% | 54,7% | 9,4% | 7,5% | 0% |
| 4.1.4) A participação ativa dos alunos por meio da interação deles com os materiais concretos. | 16 | 29 | 7 | 1 | 0 |
| | 30,2% | 54,7% | 13,2% | 1,9% | 0% |
| 4.1.5) O engajamento dos alunos nas atividades. | 35 | 14 | 4 | 0 | 0 |
| | 66,0% | 26,4% | 7,5% | 0% | 0% |
| 4.1.6) A atenção dos alunos durante as atividades. | 32 | 15 | 6 | 1 | 0 |
| | 58,5% | 28,3% | 11,3% | 1,9% | 0% |

A Tabela 16 mostra os resultados obtidos por meio da medida direta do sentimento favorável ou desfavorável dos respondentes (seção 2.4 do questionário do Apêndice A) dos respondentes frente ao uso de AE no ensino de Física.

Tabela 16 – Para cada característica atribuída ao uso de AE no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF).

| CARACTERÍSTICAS | RESPOSTAS | | | | |
|--------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| | CF | C | I | D | DF |
| 2.4.1) São fundamentais | 27 | 20 | 3 | 3 | 0 |
| | 50,9% | 37,7% | 5,7% | 5,7% | 0% |
| 2.4.2) São agradáveis | 18 | 30 | 2 | 2 | 0 |
| | 34,6% | 57,7% | 3,8% | 3,8% | 0% |
| 2.4.3) São cansativas | 0 | 8 | 4 | 28 | 12 |
| | 0% | 15,4% | 7,7% | 53,8% | 23,1% |
| 2.4.4) São interessantes | 22 | 28 | 1 | 1 | 0 |
| | 42,3% | 53,8% | 1,9% | 1,9% | 0% |
| 2.4.5) São instigantes | 27 | 21 | 1 | 2 | 1 |
| | 51,9% | 40,4% | 1,9% | 3,8% | 1,9% |
| 2.4.6) São árduas | 0 | 7 | 10 | 26 | 9 |
| | 0% | 13,5% | 19,2% | 50,0% | 17,3% |

O coeficiente alfa de Cronbach calculado para este grupo de questões foi de 0,66. As atitudes dos respondentes frente ao uso de AE no ensino de Física foram computadas por meio da equação B.3 (Apêndice B) e das intensidades dos sentimentos favoráveis ou desfavoráveis ao uso de AE apresentados na seção 2.4 do questionário (Apêndice A). Detalhes sobre esses cálculos podem ser vistos no Apêndice B. Após normalizadas para valores entre 0 e 5, a média obtida para as atitudes dos respondentes não derivadas das crenças comportamentais foi de 3,93 com desvio padrão de 0,63. Houve uma correlação de 0,604 (significante ao nível de 1%) entre tais medidas de atitude em relação ao uso de atividades experimentais e as medidas obtidas por meio das crenças comportamentais.

Aferição da norma subjetiva

As Tabelas 17 e 18 apresentam os dados referentes às intensidades das crenças normativas (seção 2.3 do questionário do Apêndice A) e as respectivas motivações dos respondentes para considerá-las (seção 4.2. do questionário do Apêndice A).

As normas subjetivas relacionadas ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física dos respondentes foram computadas por meio da equação B.5 (Apêndice B) e dos dados obtidos para as intensidades das crenças normativas (Tabela 17) e as motivações dos respondentes para considerá-las (Tabela 18). Detalhes sobre esses cálculos podem ser vistos no Apêndice B. Normalizadas para valores entre 0 e 5, a média das normas subjetivas foi de 2,59 com desvio padrão de 0,72. Os resultados mostraram que, dos referentes considerados, os alunos são os indivíduos que mais influenciam as aulas dos respondentes e que, de modo

geral, eles aprovam esse tipo de atividade. Os dados também ressaltaram que os pais dos alunos pouco influenciam nas decisões dos professores.

Tabela 17 – Para cada referente (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada possível posição que tais indivíduos assumem frente ao uso de AE (aprovam completamente, aprovam, neutra, desaprovam, e desaprovam completamente, cujas abreviaturas são, respectivamente AC, A, N, D e DC).

| REFERENTES | RESPOSTAS | | | | |
|--|-----------|-------|-------|------|------|
| | AC | A | N | D | DC |
| 2.3.1) Diretor(a) da sua instituição de ensino | 28 | 18 | 5 | 2 | 0 |
| | 52,8% | 34,0% | 9,4% | 3,8% | 0% |
| 2.3.2) Seus alunos | 23 | 27 | 3 | 0 | 0 |
| | 43,4% | 50,9% | 5,7% | 0% | 0% |
| 2.3.3) Seus colegas professores | 18 | 19 | 12 | 3 | 1 |
| | 34,0% | 35,8% | 22,6% | 5,7% | 1,9% |
| 2.3.4) Pais dos seus alunos | 14 | 17 | 21 | 1 | 0 |
| | 26,4% | 32,1% | 39,6% | 1,9% | 0% |

Tabela 18 – Para cada referente (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada nível de influencia sobre as decisões dos respondentes em suas aulas (influenciam muito, influenciam razoavelmente, influenciam pouco, e não influenciam, cujas abreviaturas são, respectivamente IM, IR, IP e NI).

| REFERENTES | RESPOSTAS | | | |
|--|-----------|-------|-------|-------|
| | IM | IR | IP | NI |
| 4.2.1) Diretor(a) da sua instituição de ensino | 8 | 16 | 15 | 14 |
| | 15,1% | 30,2% | 28,3% | 26,4% |
| 4.2.2) Seus alunos | 35 | 14 | 4 | 0 |
| | 66,0% | 26,4% | 7,5% | 0% |
| 4.2.3) Seus colegas professores | 7 | 15 | 15 | 16 |
| | 13,2% | 28,3% | 28,3% | 30,2% |
| 4.2.4) Pais dos seus alunos | 1 | 7 | 17 | 28 |
| | 1,9% | 13,2% | 32,1% | 52,8% |

Aferição do controle comportamental percebido

A Tabela 19 apresenta os resultados obtidos para as intensidades das crenças de controle e das respectivas avaliações da potência de cada uma delas (seção 2.2 do questionário do Apêndice A).

Tabela 19 – Para cada crença de controle relacionada ao uso de AE no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF).

| CRENÇA DE CONTROLE | RESPOSTAS | | | | |
|---|-----------|-------|------|-------|-------|
| | CF | C | I | D | DF |
| 2.2.1) Necessito de muito tempo para preparar uma boa atividade experimental. | 7 | 27 | 2 | 17 | 0 |
| | 13,2% | 50,9% | 3,8% | 32,1% | 0% |
| 2.2.2) Deixo de realizar atividades experimentais em função do pouco tempo que disponho para realizá-las. | 5 | 12 | 4 | 26 | 6 |
| | 9,4% | 22,6% | 7,5% | 49,1% | 11,3% |
| 2.2.3) Atividades experimentais exigem muito tempo das minhas aulas. | 3 | 18 | 4 | 24 | 4 |
| | 5,7% | 34,0% | 7,5% | 45,3% | 7,5% |
| 2.2.4) Deixo de realizar atividades experimentais em função da pequena carga horária destinada para as aulas de Física na principal escola onde leciono. | 9 | 10 | 2 | 24 | 8 |
| | 17,0% | 18,9% | 3,8% | 45,3% | 15,1% |
| 2.2.5) Na principal escola onde ministro minhas aulas tenho à disposição boas condições de infraestrutura (bom laboratório de Física, bons equipamentos, etc.) para a realização de atividades experimentais. | 10 | 16 | 2 | 15 | 10 |
| | 18,9% | 30,2% | 3,8% | 28,3% | 18,9% |
| 2.2.6) A infraestrutura do laboratório de Física da escola onde leciono é determinante da promoção ou não de atividades experimentais nas minhas aulas. | 9 | 13 | 4 | 17 | 10 |
| | 17,0% | 24,5% | 7,5% | 32,1% | 18,9% |
| 2.2.7) Na principal escola onde ministro minhas aulas tenho à disposição materiais e equipamentos adequados para a realização de atividades experimentais. | 9 | 17 | 2 | 16 | 9 |
| | 17,0% | 30,2% | 3,8% | 32,1% | 17,0% |
| 2.2.8) A disponibilidade de materiais e equipamentos adequados para a execução de atividades experimentais na escola onde leciono é determinante da promoção ou não de atividades experimentais nas minhas aulas. | 7 | 14 | 5 | 19 | 8 |
| | 13,2% | 26,4% | 9,4% | 35,8% | 15,1% |
| 2.2.9) Sinto-me preparado para conduzir boas atividades experimentais. | 13 | 31 | 4 | 5 | 0 |
| | 24,5% | 58,5% | 7,5% | 9,4% | 0% |
| 2.2.10) Deixo de realizar atividades experimentais por não me sentir preparado para utilizar tal recurso. | 0 | 3 | 3 | 26 | 21 |
| | 0% | 5,7% | 5,7% | 49,1% | 39,6% |
| 2.2.11) As turmas da principal escola onde leciono minhas aulas são muito numerosas. | 7 | 20 | 3 | 17 | 6 |
| | 13,2% | 37,7% | 5,7% | 32,1% | 11,3% |
| 2.2.12) A quantidade de alunos das turmas é determinante para minha decisão de promover ou não uma atividade experimental. | 8 | 18 | 5 | 14 | 8 |
| | 15,1% | 34,0% | 9,4% | 26,4% | 15,1% |

O controle comportamental percebido foi computado a partir da Eq. B.7 (vide Apêndice B) e dos dados obtidos para as intensidades das crenças de controle e para as potências percebidas pelos respondentes para inibir ou facilitar o uso de AE em suas aulas (Tabela 19). Detalhes sobre esses cálculos podem ser vistos no Apêndice B. Após

normalizados, a média dos valores obtidos para o controle comportamental percebido foi de 2,37 com desvio padrão de 0,74. Tais valores revelam que os professores não percebem ter controle sobre suas decisões de realizar ou não AE em suas aulas. No entanto, ressaltamos que a maioria dos respondentes apontou nas questões 2.2.6 e 2.2.8 que a falta de infraestrutura, de materiais e de equipamentos não é determinante para que eles realizem AE em suas aulas. O principal empecilho detectado para que os professores realizem atividades desse tipo em suas aulas foi o número de alunos nas turmas. Além de terem atribuído altas intensidades para tal crença comportamental, os respondentes apontaram que tal fato é determinante para a decisão deles de realizar AE.

Aferição das intenções comportamentais

As intenções comportamentais foram medidas por meio das respostas à seguinte questão:

“Você utilizará atividades experimentais em suas próximas aulas?”.

Foi atribuído o índice 5 para os que responderam que utilizarão muito provavelmente e 1 para os que afirmaram que pouco provavelmente utilizarão tal recurso. A média das medidas obtidas nesta questão foi de 4,08 com desvio padrão de 0,98. A Tabela 20 apresenta os resultados obtidos para as intenções dos respondentes em utilizar AE em suas próximas aulas.

Tabela 20 – Para os 5 níveis de intenções comportamentais relacionadas ao uso de AE no ensino de Física, o número de respondentes e seu respectivo percentual.

| Você utilizará atividades experimentais em suas próximas aulas? | | | | | | |
|---|------|------|-------|-------|-------|---------------------|
| Pouco provavelmente | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Muito provavelmente |
| | 0 | 4 | 11 | 15 | 23 | |
| | 0,0% | 7,5% | 20,8% | 28,3% | 43,4% | |

Pode-se constatar que poucos respondentes afirmaram não ter a intenção de utilizar AE em suas aulas.

Análise dos resultados sobre as atividades experimentais

A análise dos resultados mostrou que a atitude e o controle comportamental percebido são preditores das intenções comportamentais dos professores quanto ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física. A intenção comportamental de realizar AE em suas próximas aulas teve correlação significativa ao nível de 1% no valor de 0,483 com a atitude dos respondentes frente ao uso de tal recurso e no valor de 0,434 com o controle comportamental percebido pelos respondentes para realizar AE. Já a correlação entre a intenção comportamental de conduzir AE nas próximas aulas e a norma subjetiva sentida

pelos professores não foi significativa. A Figura 2 ilustra as relações entre os construtos preditores e as intenções comportamentais sobre o uso de AE. Nela, as correlações sucedidas por ** são significativas ao nível de 1%.

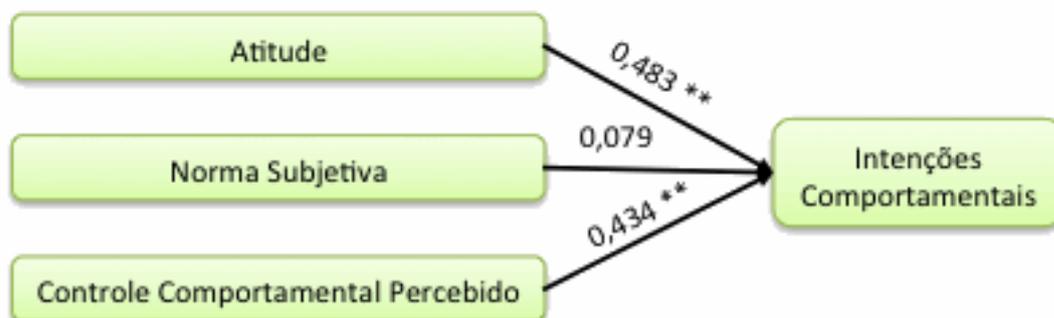


Figura 2 – Preditores das intenções comportamentais sobre o uso de atividades experimentais para fins didáticos no ensino de Física.

Não foram encontradas correlações significativas entre a intenção comportamental dos respondentes e o grau de instrução concluído, a idade, o nível em que ministram suas aulas, o tempo em que lecionam ou o tipo de instituição em que trabalham. Também não foi encontrada correlação significativa entre o controle comportamental percebido e a atitude dos respondentes sobre o uso de AE no ensino de Física. Isso evidencia que o sentimento favorável ou desfavorável dos professores em relação ao uso de AE no ensino de Física e a sua percepção sobre o controle que tem para decidir conduzir ou não AE em suas aulas são aspectos distintos e independentes da visão dos respondentes sobre tal recurso. Uma correlação significativa ao nível de 1% no valor de 0,448 foi encontrada entre o sexo dos respondentes e a atitude deles frente ao uso de AE no ensino de Física indicando que, de modo geral, as mulheres participantes do estudo apresentaram um sentimento mais favorável do que os homens em relação ao uso de AE no ensino de Física. A Tabela 21 apresenta a matriz de correlação entre o sexo dos respondentes, a idade deles, o maior grau de instrução já concluído por eles, o tempo em que eles lecionam, a atitude medida por meio das crenças salientes, a norma subjetiva, o controle comportamental percebido e a intenção comportamental deles em relação ao uso de AE no ensino de Física.

Cabe ressaltar que, selecionando-se apenas os respondentes que relataram dispor de bom laboratório de Física e de materiais para a realização de AE (veja questões 2.2.5 e 2.2.7 da Tabela 17), pode-se constatar que sete respondentes, dos 23 selecionados, não disseram que muito provavelmente realizarão AE em suas próximas aulas. Desses, cinco apresentaram atitude frente ao uso de tal recurso inferior à média dos respondentes. Dois apresentaram valores de controle comportamental percebido abaixo da média dos professores participantes

do estudo. Tal resultado sugere que a baixa atitude pode ser um dos motivos que levam os professores a não utilizar AE mesmo quando dispõem de bons laboratórios de Física.

Tabela 21 – Coeficiente de correlação de Person e significância da correlação (bicaudal) entre o sexo dos respondentes, a idade deles, o maior grau de instrução já concluído por eles, o tempo em que eles lecionam, a atitude medida por meio das crenças salientes, a norma subjetiva, o controle comportamental percebido e a intenção comportamental deles em relação ao uso de AE no ensino de Física. As abreviaturas utilizadas são S, I, GI, TL, A, CCP, NS e IC, respectivamente.

| | | S | I | GI | TL | A | CCP | NS | IC |
|------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| S | Correlação | 1,000 | 0,050 | 0,206 | 0,026 | 0,222 | 0,059 | 0,006 | 0,232 |
| | Sig. | | 0,722 | 0,138 | 0,852 | 0,110 | 0,674 | 0,964 | 0,094 |
| I | Correlação | 0,050 | 1,000 | 0,430 | 0,881 | 0,128 | 0,093 | 0,075 | 0,244 |
| | Sig. | 0,722 | | 0,001 | 0,000 | 0,362 | 0,510 | 0,596 | 0,078 |
| GI | Correlação | 0,206 | 0,430 | 1,000 | 0,380 | 0,082 | 0,105 | 0,135 | 0,265 |
| | Sig. | 0,138 | 0,001 | | 0,005 | 0,560 | 0,455 | 0,335 | 0,055 |
| TL | Correlação | 0,026 | 0,881 | 0,380 | 1,000 | 0,138 | 0,059 | 0,019 | 0,206 |
| | Sig. | 0,852 | 0,000 | 0,005 | | 0,324 | 0,677 | 0,895 | 0,139 |
| A | Correlação | 0,222 | 0,128 | 0,082 | 0,138 | 1,000 | 0,174 | 0,182 | 0,483 |
| | Sig. | 0,110 | 0,362 | 0,560 | 0,324 | | 0,212 | 0,193 | 0,000 |
| CCP | Correlação | 0,059 | 0,093 | 0,105 | 0,059 | 0,174 | 1,000 | 0,317 | 0,434 |
| | Sig. | 0,674 | 0,510 | 0,455 | 0,677 | 0,212 | | 0,021 | 0,001 |
| NS | Correlação | 0,006 | 0,075 | 0,135 | 0,019 | 0,174 | 0,317 | 1,000 | 0,079 |
| | Sig. | 0,964 | 0,596 | 0,335 | 0,895 | 0,212 | 0,021 | | 0,574 |
| IC | Correlação | 0,232 | 0,244 | 0,265 | 0,206 | 0,483 | 0,434 | 0,079 | 1,000 |
| | Sig. | 0,094 | 0,078 | 0,055 | 0,139 | 0,000 | 0,001 | 0,574 | |

Por meio de um modelo de regressão linear das intenções comportamentais dos respondentes frente ao uso de atividades experimentais em função da atitude medida (a partir das crenças salientes) e do controle comportamental percebido, foi possível explicar 36% da variância das intenções comportamentais. Os valores apresentados para os coeficientes padronizados da regressão (0,36 para o controle comportamental percebido e 0,42 para a atitude) indicam que variações na atitude dos respondentes acarretam em maiores mudanças nas suas intenções comportamentais do que variações no controle comportamental percebido. Utilizando as medidas de atitude realizadas diretamente (Tabela 16) o poder de predição do modelo aumenta significativamente, chegando a explicar 44% da variância das intenções comportamentais. Os coeficientes padronizados resultantes de tal modelo (0,34 para o controle comportamental percebido e 0,50 para a atitude) corroboram os resultados obtidos com o modelo anterior, ou seja, variações na atitude em relação ao uso de atividades experimentais dos respondentes influem mais nas suas intenções de usarem tal ferramenta do

que variações nos seus controles comportamentais percebidos. A Tabela 22 apresenta resumidamente os resultados obtidos pelos modelos de regressão linear. Mais detalhes podem ser vistos no Apêndice C.

Tabela 22 – Dados referentes aos modelos de regressão linear produzidos para a previsão das intenções comportamentais do participantes do Estudo 3 sobre o uso de atividades experimentais no ensino de Física.

| MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR | | | | |
|--|----------|-------|---|-------|
| Intenção comportamental em função do controle comportamental percebido e da atitude medida por meio das crenças comportamentais. | | | Intenção comportamental em função do controle comportamental percebido e da atitude medida diretamente. | |
| R ² | 0,359 | | 0,437 | |
| Coeficientes Padronizados | Atitude: | 0,420 | Atitude: | 0,499 |
| | CCP: | 0,361 | CCP: | 0,344 |

4.3.4 Resultados sobre o uso de simulações computacionais

Passamos a apresentar os resultados obtidos com os dados coletados sobre o uso de AC para fins didáticos no ensino de Física. Detalhes sobre os equações utilizadas nesta seção serão deixados para o Apêndice B deste trabalho.

Aferição da atitude

As atitudes dos respondentes frente ao uso de AC no ensino de Física foram medidas de duas formas distintas: por meio das intensidades das crenças comportamentais (seção 3.1 do questionário do Apêndice A) e das consequências atribuídas a elas (seção 4.1 do questionário do Apêndice A) e por meio de medida direta do sentimento favorável ou desfavorável dos respondentes frente ao uso de tal recurso (seção 3.4 do questionário do Apêndice A). Primeiramente apresentaremos os resultados obtidos com as medidas derivadas das intensidades e das avaliações das consequências das crenças comportamentais. As Tabelas 23 e 24 apresentam os dados obtidos para essas medidas.

As atitudes dos respondentes frente ao uso de AC para fins didáticos no ensino de Física foram computadas por meio da Eq. B.2 (Apêndice B). Após isso, os dados foram normalizados para valores entre 0 e 5. As médias dos valores obtidos para as atitudes medidas por meio das crenças comportamentais foi de 3,65 com desvio padrão de 0,88. Diferente do obtido para as AE, para nenhuma das crenças comportamentais as respostas foram extremadas, ou seja, em nenhuma das proposições os respondentes em sua maioria concordaram fortemente. Houve grande diferença também em relação aos dados obtidos para as AE nas intensidades apontadas para as crenças que tratavam da possibilidade da estratégia didática em promover o trabalho colaborativo entre os alunos e da capacidade dela para

influenciar a atitude dos alunos. A posição dos respondentes, quando questionados sobre tais potencialidades das AE e das AC, foi mais favorável às AE.

Tabela 23 – Para cada crença comportamental relacionada ao uso de AC no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF).

| CRENÇAS COMPORTAMENTAIS | RESPOSTAS | | | | |
|--|-----------|-------|-------|------|------|
| | CF | C | I | D | DF |
| 3.1.1) Auxiliam no processo de formação de conceitos, de desenvolvimento do raciocínio e de compreensão dos fenômenos físicos. | 24 | 22 | 6 | 1 | 0 |
| | 45,3% | 41,5% | 11,3% | 1,9% | 0% |
| 3.1.2) Favorecem o trabalho colaborativo entre os alunos. | 13 | 26 | 8 | 5 | 1 |
| | 24,5% | 49,1% | 15,1% | 9,4% | 1,9% |
| 3.1.3) Permitem que o aluno teste hipóteses. | 23 | 27 | 3 | 0 | 0 |
| | 43,4% | 50,9% | 5,7% | 0% | 0% |
| 3.1.4) Influenciam a atitude dos alunos, promovendo o engajamento deles nas atividades propostas nas aulas de Física. | 17 | 25 | 8 | 3 | 0 |
| | 32,1% | 47,2% | 15,1% | 5,7% | 0% |
| 3.1.5) Possibilitam a visualização de uma representação dos fenômenos físicos. | 22 | 29 | 1 | 1 | 0 |
| | 41,5% | 54,7% | 1,9% | 1,9% | 0% |
| 3.1.6) Promovem a interação do aluno com representações dos fenômenos físicos. | 17 | 32 | 3 | 1 | 0 |
| | 32,1% | 60,4% | 5,7% | 1,9% | 0% |

Tabela 24 – Para cada consequência das crenças comportamentais relacionadas ao uso de AC no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de importância (fundamental, muito importante, importante, pouco importante, e desnecessário cujas abreviaturas são, respectivamente F, MI, I, PI e D).

| ASPECTO | RESPOSTAS | | | | |
|---|-----------|-------|-------|------|----|
| | F | MI | I | PI | D |
| 4.1.1) O processo de formação dos conceitos, de desenvolvimento do raciocínio e de compreensão dos fenômenos físicos. | 41 | 10 | 2 | 0 | 0 |
| | 77,4% | 18,9% | 3,8% | 0% | 0% |
| 4.1.3) O trabalho colaborativo entre os alunos. | 15 | 29 | 5 | 4 | 0 |
| | 28,3% | 54,7% | 9,4% | 7,5% | 0% |
| 4.1.7) O teste de hipóteses. | 23 | 21 | 6 | 3 | 0 |
| | 43,4% | 39,6% | 11,3% | 5,7% | 0% |
| 4.1.5) O engajamento dos alunos nas atividades. | 32 | 15 | 6 | 1 | 0 |
| | 58,5% | 28,3% | 11,3% | 1,9% | 0% |
| 4.1.9) A visualização de representações de fenômenos físicos. | 25 | 22 | 6 | 0 | 0 |
| | 47,2% | 41,5% | 11,3% | 0% | 0% |
| 4.1.8) A interação dos alunos com representações dos fenômenos físicos. | 26 | 23 | 4 | 0 | 0 |
| | 49,1% | 43,4% | 7,5% | 0% | 0% |

A Tabela 25 mostra os resultados obtidos para as medidas realizadas com o intuito de aferir a atitude dos respondentes frente ao uso de AC no ensino de Física.

Tabela 25 – Para cada característica atribuída ao uso de AC no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF).

| AFIRMATIVAS | RESPOSTAS | | | | |
|--------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| | CF | C | I | D | DF |
| 3.4.1) São fundamentais | 17 | 21 | 6 | 9 | 0 |
| | 32,1% | 39,6% | 11,3% | 17,0% | 0% |
| 3.4.2) São agradáveis | 19 | 28 | 3 | 1 | 1 |
| | 35,8% | 52,8% | 5,7% | 1,9% | 1,9% |
| 3.4.3) São cansativas | 0 | 5 | 9 | 24 | 14 |
| | 0% | 9,4% | 17,0% | 45,3% | 26,4% |
| 3.4.4) São interessantes | 19 | 28 | 1 | 3 | 0 |
| | 35,8% | 52,8% | 1,9% | 5,7% | 0% |
| 3.4.5) São instigantes | 18 | 25 | 6 | 3 | 0 |
| | 34,0% | 47,2% | 11,3% | 5,7% | 0% |
| 3.4.6) São árduas | 1 | 4 | 11 | 24 | 12 |
| | 1,9% | 7,5% | 20,8% | 45,3% | 22,6% |

O coeficiente alfa de Cronbach calculado para esse grupo de questões foi de 0,78. As atitudes dos respondentes frente ao uso de AE no ensino de Física foram computadas por meio da equação B.4 (Apêndice B) e das intensidades dos sentimentos favoráveis ou desfavoráveis ao uso de AE apresentados na seção 3.4 do questionário (Apêndice A). Após normalizadas para valores entre 0 e 5, a média dos valores obtidos para a atitude dos respondentes frente ao uso de AC não derivadas das crenças comportamentais foi de 3,79 com desvio padrão de 0,81. Foi encontrada uma correlação de 0,589 (significante ao nível de 1%) entre tais medidas de atitude e as medidas derivadas das crenças comportamentais.

Aferição da norma subjetiva

A Tabela 26 apresenta os resultados obtidos para as intensidades das crenças normativas relacionadas ao uso de AC no ensino de Física (seção 3.1 do questionário do Apêndice A). As respectivas motivações dos respondentes para considerá-las já foram apresentadas na Tabela 18.

As normas subjetivas relacionadas ao uso de AE para fins didáticos no ensino de Física dos respondentes foram computadas por meio da equação B.6 (Apêndice B) e dos dados obtidos para as intensidades das crenças normativas (Tabela 26) e as motivações dos respondentes para considerá-las (Tabela 18). Normalizadas para valores entre 0 e 5, a média dos valores obtidos para a norma subjetiva sentida pelos respondentes em relação ao uso de AC no ensino de Física foi de 2,54 com desvio padrão de 0,62. Os resultados foram muito semelhantes aos obtidos para as normas subjetivas relacionadas ao uso de AE no ensino de

Física. Os alunos e o diretor(a) da instituição são os indivíduos que, segundo os respondentes, apresentam posição mais favorável ao uso de AC nas aulas em que eles ministram.

Tabela 26 – Para cada referente (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada possível posição que tais indivíduos assumem frente ao uso de AC (aprovam completamente, aprovam, neutra, desaprovam, e desaprovam completamente, cujas abreviaturas são, respectivamente AC, A, N, D e DC).

| REFERENTES | RESPOSTAS | | | | |
|--|-----------|-------|-------|------|------|
| | AC | A | N | D | DC |
| 3.3.1) Diretor(a) da sua instituição de ensino | 24 | 19 | 8 | 0 | 0 |
| | 45,3% | 35,8% | 15,1% | 0% | 0% |
| 3.3.2) Seus alunos | 21 | 24 | 5 | 0 | 0 |
| | 39,6% | 45,3% | 9,4% | 0% | 0% |
| 3.3.3) Seus colegas professores | 11 | 20 | 16 | 2 | 1 |
| | 20,8% | 37,7% | 30,2% | 3,8% | 1,9% |
| 3.3.4) Pais dos seus alunos | 13 | 15 | 22 | 0 | 0 |
| | 24,5% | 28,3% | 41,5% | 0% | 0% |

Aferição do controle comportamental percebido

A Tabela 27 apresenta os resultados obtidos para as intensidades das crenças de controle e das respectivas avaliações da potência de cada uma delas (seção 3.2 do questionário do Apêndice A).

O controle comportamental percebido foi computado a partir da Eq. B.8 (Apêndice B) e dos dados obtidos para as intensidades das crenças de controle e para as potências percebidas pelos respondentes para inibir ou facilitar o uso de AE em suas aulas (Tabela 27). Após normalizados, a média dos valores obtidos para o controle comportamental percebido foi de 2,86 com desvio padrão de 0,60.

Os valores obtidos para o controle comportamental percebido dos participantes sobre o uso de AC no ensino de Física revelam que os professores, assim como ocorreu para as AE, não percebem ter controle sobre suas decisões de realizar ou não AC em suas aulas. No entanto, diferentemente do que foi apontado em relação ao uso de AE, a infraestrutura foi destacada pelos respondentes como determinante da intenção de conduzir AC em suas aulas. O número de alunos nas turmas manteve-se, assim como para as AE, como um aspecto apontado pelos professores participantes do estudo como crucial para a realização de AC. A dificuldade em encontrar simulações adequadas também foi um aspecto que contribuiu para os baixos valores de controle comportamental percebido obtidos neste estudo.

Tabela 27 – Para cada crença de controle relativa ao uso de AC no ensino de Física (primeira coluna), número de respondentes e respectivos percentuais para cada um dos níveis de concordância (concordo fortemente, concordo, indeciso ou sem opinião, discordo, e discordo fortemente, cujas abreviaturas são, respectivamente CF, C, I, D e DF).

| CRENÇAS DE CONTROLE | RESPOSTAS | | | | |
|---|-----------|-------|-------|-------|-------|
| | CF | C | I | D | DF |
| 3.2.1) Na principal escola onde ministro minhas aulas tenho à disposição boas condições de infraestrutura (bom laboratório de informática, boa banda larga, bons computadores, etc.) para a realização de atividades baseadas em simulações computacionais. | 13 | 21 | 3 | 10 | 6 |
| | 24,5% | 39,6% | 5,7% | 18,9% | 11,3% |
| 3.2.2) A infraestrutura do laboratório de informática da escola onde leciono é determinante da promoção ou não de atividades baseadas em simulações computacionais nas minhas aulas. | 12 | 28 | 3 | 6 | 4 |
| | 22,6% | 52,8% | 5,7% | 11,3% | 7,5% |
| 3.2.3) As turmas da principal escola onde leciono minhas aulas são muito numerosas. | 8 | 26 | 3 | 15 | 1 |
| | 15,1% | 49,1% | 5,7% | 28,3% | 1,9% |
| 3.2.4) A quantidade de alunos das turmas é determinante para minha decisão de promover ou não uma atividade baseada em simulações computacionais. | 8 | 23 | 3 | 14 | 5 |
| | 15,1% | 43,4% | 5,7% | 26,4% | 9,4% |
| 3.2.5) Tenho dificuldade para encontrar simulações computacionais para utilizar em minhas aulas. | 8 | 18 | 3 | 12 | 12 |
| | 15,1% | 34,0% | 5,7% | 22,6% | 22,6% |
| 3.2.6) A dificuldade em encontrar boas simulações computacionais dificulta a realização de atividades baseadas em simulações computacionais. | 8 | 21 | 3 | 13 | 8 |
| | 15,1% | 39,6% | 5,7% | 24,5% | 15,1% |
| 3.2.7) Me sinto preparado para conduzir boas atividade baseadas em simulações computacionais. | 15 | 26 | 6 | 5 | 1 |
| | 28,3% | 49,1% | 11,3% | 9,4% | 1,9% |
| 3.2.8) Deixo de realizar atividades com simulações computacionais por não me sentir preparado para utilizar tal recurso. | 1 | 9 | 5 | 19 | 19 |
| | 1,9% | 17,0% | 9,4% | 35,8% | 35,8% |
| 3.2.9) Atividades baseadas em simulações computacionais exigem muito tempo das minhas aulas. | 2 | 9 | 6 | 28 | 8 |
| | 3,8% | 17,0% | 11,3% | 52,8% | 15,1% |
| 3.2.10) Deixo de realizar atividades baseadas em simulações computacionais em função da pequena carga horária destinada para as aulas de Física na principal escola onde leciono. | 2 | 11 | 7 | 24 | 9 |
| | 3,8% | 20,8% | 13,2% | 45,3% | 17,0% |
| 3.2.11) Necessito de muito tempo para preparar uma boa atividade utilizando simulações computacionais. | 2 | 16 | 12 | 15 | 8 |
| | 3,8% | 30,2% | 22,6% | 28,3% | 15,1% |
| 3.2.12) Deixo de realizar atividades baseadas em simulações computacionais em função do pouco tempo que disponho para realizá-las. | 2 | 9 | 7 | 25 | 10 |
| | 3,8% | 17,0% | 13,2% | 47,2% | 18,9% |

Aferição das intenções comportamentais

De forma semelhante ao que foi feito para as AE neste questionário, para a aferição das intenções comportamentais, foi solicitado aos respondentes que indicassem em uma escala entre 1 e 5 se eles utilizarão AC em suas próximas aulas (seção 3.5 do questionário do Apêndice A). O índice 5 indicaria que usariam muito provavelmente tal recurso, enquanto que o índice 1 indicaria que usariam pouco provavelmente. A média das medidas obtidas nesta questão foi de 3,49 com desvio padrão de 1,49. A Tabela 28 apresenta os resultados obtidos para as intenções dos respondentes em utilizar AE em suas próximas aulas.

Tabela 28 – Para os 5 níveis de intenções comportamentais relativas ao uso de AC, o número de respondentes e seu respectivo percentual.

| Você utilizará atividades computacionais em suas próximas aulas? | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| Pouco provavelmente | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Muito provavelmente |
| | 8 | 7 | 9 | 9 | 20 | |
| | 15,1% | 13,2% | 17,0% | 17,0% | 37,7% | |

Pode-se constatar que, assim como para as AE, poucos respondentes afirmaram não ter a intenção de utilizar AC em suas aulas.

Análise dos dados sobre simulações computacionais

De forma semelhante ao que ocorreu com as intenções comportamentais relacionadas ao uso de AE no ensino de Física, as intenções comportamentais sobre o uso de AC no ensino de Física dos respondentes também apresentaram correlações significativas com o controle comportamental percebido e com a atitude deles frente ao uso desse recurso. A intenção comportamental de realizar AC em suas próximas aulas teve correlação significativa ao nível de 1% no valor de 0,360 com a atitude dos respondentes frente ao uso de tal recurso e no valor de 0,479 com o controle comportamental percebido pelos respondentes para realizar AC. No entanto, assim como aconteceu para as AE, a correlação entre a intenção comportamental e a norma subjetiva sentida pelos professores não foi significativa. A Figura 3 ilustra as relações entre os construtos preditores e as intenções comportamentais sobre o uso de AC. Nela, as correlações sucedidas por ** são significativas ao nível de 1%.

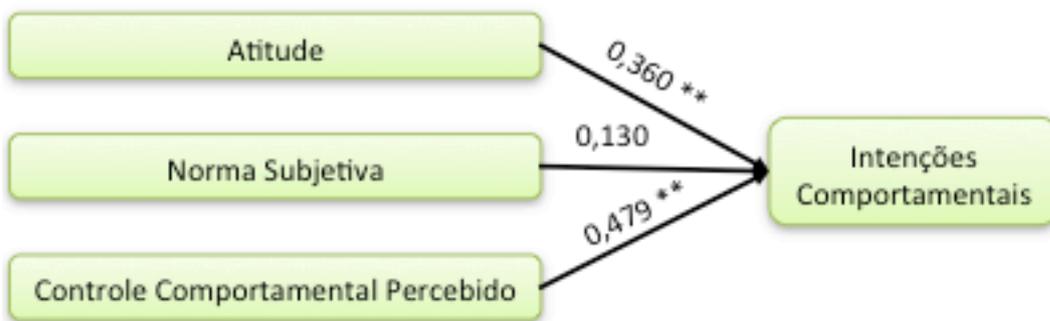


Figura 3 – Preditores das intenções comportamentais sobre o uso de atividades computacionais para fins didáticos no ensino de Física.

Os dados mostraram uma correlação significativa ao nível de 5% entre a idade dos respondentes e as intenções comportamentais relacionadas ao uso de simulações computacionais. O valor de 0,327 indica que, quanto maior a idade do respondente, menor sua intenção de utilizar tal recurso em suas aulas. Não foi encontrada correlação entre a atitude dos respondentes e suas idades. Também não foram encontradas correlações significativas entre a intenção comportamental dos respondentes com sexo, grau de instrução concluído, nível em que ministram suas aulas, tempo em que lecionam ou tipo de instituição em que trabalham. Uma correlação significativa ao nível de 1% no valor de 0,580 foi encontrada entre o controle comportamental percebido e a atitude dos respondentes em relação ao uso de AC no ensino de Física. Com isso, pode-se concluir que o sentimento favorável ou desfavorável dos respondentes em relação ao uso de AC no ensino de Física está relacionado com sua percepção sobre o controle que tem para decidir conduzir ou não AE em suas aulas. A Tabela 21 apresenta a matriz de correlação entre o sexo dos respondentes, a idade deles, o maior grau de instrução já concluído por eles, o tempo em que eles lecionam, a atitude medida por meio das crenças salientes, a norma subjetiva, o controle comportamental percebido e a intenção comportamental deles em relação ao uso de AE no ensino de Física.

Foram contabilizados 19 respondentes que disseram dispor de boa infraestrutura para o desenvolvimento de AC, mas não disseram que pretendem utilizar tal estratégia didática muito provavelmente em suas próximas aulas. Desses, 13 apresentaram valores de atitude frente ao uso de tal recurso abaixo da média dos participantes do estudo. Apenas cinco apresentaram valores de controle comportamental percebido abaixo da média dos respondentes. Repetindo o que ocorreu para as AE, isso sugere que apenas a disposição de uma infraestrutura adequada para o desenvolvimento de AC não garante que os professores conduzam atividades desse tipo em suas aulas. Possivelmente, o motivo para isso está relacionado à uma baixa atitude frente ao uso de AC no ensino de Física.

Tabela 29 – Coeficiente de correlação de Person e significância da correlação (bicaudal) entre o sexo dos respondentes, a idade deles, o maior grau de instrução já concluído por eles, o tempo em que eles lecionam, a atitude, a norma subjetiva, o controle comportamental percebido e a intenção comportamental deles em relação ao uso de AC no ensino de Física. As abreviaturas utilizadas são S, I, GI, TL, A, CCP, NS e IC, respectivamente.

| | | S | I | GI | TL | A | CCP | NS | IC |
|------------|------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|------------|-----------|-----------|
| S | Correlação | 1,000 | 0,050 | 0,206 | 0,026 | 0,049 | 0,055 | 0,188 | 0,103 |
| | Sig. | | 0,722 | 0,138 | 0,852 | 0,728 | 0,693 | 0,186 | 0,461 |
| I | Correlação | 0,050 | 1,000 | 0,430 | 0,881 | 0,001 | 0,342 | 0,084 | 0,327 |
| | Sig. | 0,722 | | 0,001 | 0,000 | 0,994 | 0,012 | 0,559 | 0,017 |
| GI | Correlação | 0,206 | 0,430 | 1,000 | 0,380 | 0,166 | 0,102 | 0,130 | 0,169 |
| | Sig. | 0,138 | 0,001 | | 0,005 | 0,234 | 0,469 | 0,363 | 0,277 |
| TL | Correlação | 0,026 | 0,881 | 0,380 | 1,000 | 0,021 | 0,317 | 0,031 | 0,365 |
| | Sig. | 0,852 | 0,000 | 0,005 | | 0,879 | 0,021 | 0,830 | 0,007 |
| A | Correlação | 0,049 | 0,001 | 0,166 | 0,021 | 1,000 | 0,288 | 0,184 | 0,360 |
| | Sig. | 0,728 | 0,994 | 0,234 | 0,879 | | 0,037 | 0,196 | 0,008 |
| CCP | Correlação | 0,055 | 0,342 | 0,102 | 0,317 | 0,288 | 1,000 | 0,110 | 0,479 |
| | Sig. | 0,693 | 0,012 | 0,469 | 0,021 | 0,037 | | 0,443 | 0,000 |
| NS | Correlação | 0,188 | 0,084 | 0,130 | 0,031 | 0,184 | 0,110 | 1,000 | 0,130 |
| | Sig. | 0,186 | 0,559 | 0,363 | 0,830 | 0,196 | 0,443 | | 0,365 |
| IC | Correlação | 0,103 | 0,327 | 0,169 | 0,362 | 0,360 | 0,479 | 0,130 | 1,000 |
| | Sig. | 0,461 | 0,017 | 0,277 | 0,007 | 0,008 | 0,000 | 0,365 | |

O modelo de regressão linear das intenções comportamentais dos respondentes frente ao uso de simulações computacionais em função da atitude medida (a partir das crenças salientes) e do controle comportamental percebido explica 32% da variância das intenções comportamentais. Os valores apresentados para os coeficientes padronizados da regressão (0,45 para o controle comportamental percebido e 0,23 para a atitude) indicam que, diferentemente do que ocorreu para as intenções comportamentais relacionadas ao uso de atividades experimentais, variações no controle comportamental percebido dos respondentes acarretam em maiores mudanças nas suas intenções comportamentais do que variações na atitude. O poder de predição do modelo aumenta para 36% da variância das intenções comportamentais caso sejam usadas as atitude medidas diretamente (Tabela 23). Os coeficientes padronizados resultantes de tal modelo (0,30 para o controle comportamental percebido e 0,37 para a atitude) contradizem os resultados obtidos com o modelo anterior, ou seja, nesse caso, variações na atitude em relação ao uso de atividades experimentais dos respondentes influem mais nas suas intenções de usarem tal ferramenta do que variações nos seus controles comportamentais percebidos. A Tabela 30 apresenta resumidamente os

resultados obtidos pelos modelos de regressão linear. Mais detalhes podem ser vistos no Apêndice C.

Tabela 30 – Dados referentes aos modelos de regressão linear produzidos para a previsão das intenções comportamentais do participantes do Estudo 3 sobre o uso de atividades computacionais no ensino de Física.

| MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR | | | | |
|-----------------------------|--|-------|---|-------|
| | Intenção comportamental em função do controle comportamental percebido e da atitude medida por meio das crenças comportamentais. | | Intenção comportamental em função do controle comportamental percebido e da atitude medida diretamente. | |
| R ² | 0,316 | | 0,360 | |
| Coeficientes Padronizados | Atitude: | 0,231 | Atitude: | 0,372 |
| | CCP: | 0,451 | CCP: | 0,302 |

5. Considerações Finais

Costuma-se atribuir grande importância à infraestrutura das instituições de ensino e à habilidade dos professores no manuseio de instrumentos quando se discutem ações no intuito de promover atividades experimentais e computacionais no ensino de Física. De fato, tais aspectos são relevantes para que os docentes sintam-se capacitados e tenham condições reais para desenvolverem tais atividades. No entanto, outro aspecto fundamental costuma ser negligenciado: as crenças e atitudes dos professores sobre o uso desses recursos. Os resultados do nosso trabalho mostram que a atitude dos professores, moldada pelos seus conhecimentos sobre AE e AC, é um preditor tão importante de suas intenções de desenvolver atividades que explorem tais recursos, quanto questões estruturais ou questões relacionadas às suas habilidades em lidar com computadores e/ou aparatos experimentais.

Em relação ao uso de AE, pode-se perceber que em nenhum dos estudos foi encontrada correlação entre a qualidade percebida pelos respondentes quanto aos laboratórios de Física das instituições onde eles ministram suas aulas e o quanto eles declaram utilizar tais recursos. Além disso, os professores participantes do Estudo 3 disseram, em sua maioria, que a infraestrutura do laboratório e a disponibilidade de materiais não são determinantes em suas intenções de conduzir atividades desse tipo em suas aulas. Contudo, os respondentes dos estudos 1 e 2 ressaltaram a falta de infraestrutura, de materiais e de equipamentos como um fator que dificulta a realização de AE.

Aspectos estruturais mostraram-se mais importantes para as intenções dos professores em usar AC do que suas intenções de utilizar AE. Nos estudos 1 e 2 os respondentes destacaram a falta de infraestrutura como um empecilho para a realização de AC. Além disso, no Estudo 3 eles disseram, em sua maioria, que a infraestrutura do laboratório de informática é determinante de suas intenções de realizar AC. Por outro lado, os estudos 1 e 2 mostraram que os professores têm se mostrado satisfeitos com a qualidade de seus laboratórios de informática. Portanto, não pode ser atribuído a esse aspecto a pouca frequência com que os professores de Física têm realizado AC em suas aulas.

Um aspecto que ficou evidente nos resultados dos três estudos desenvolvidos foi a atribuição de maior importância dos respondentes ao uso de AE no ensino de Física em relação ao uso de AC. Possivelmente isso decorre de suas visões epistemológicas, pois, apesar de o empirismo-indutivismo ser tratado como algo ultrapassado por pesquisadores da área de ensino de Física, é provável que, mesmo quando evidenciam não compartilhar dessa concepção de Ciência, certos professores têm tais ideias enraizadas em sua estrutura

cognitiva. Corroborando essa hipótese, pode ser percebido no discurso dos respondentes uma grande valorização da visualização dos fenômenos físicos. Estudos mais aprofundados devem ser realizados para elucidar a relação entre a visão epistemológica dos professores e as crenças deles em relação ao uso de AE e AC no ensino de Física.

A definição dada pelos professores às expressões “atividades experimentais” e “atividades computacionais” foi uma dificuldade enfrentada para o desenvolvimento dos estudos deste trabalho. Aproximadamente metade dos professores participantes do Estudo 2 evidenciaram em suas respostas abarcar em tais expressões as demonstrações realizadas por eles sem que o aluno tenha contato com os materiais. Além disso, houve casos em que os respondentes apresentavam exemplos de AE com atividades bastante “banais”, como a observação de uma bola de papel amassada e uma folha lisa para observar a influência do formato dos corpos na força resistiva do ar, ou com pouca relação com o conteúdo de Física, como a confecção de um caleidoscópio. Ainda no Estudo 2, foram poucos os professores que exemplificaram AE realizadas por eles com roteiros em que os alunos façam medidas e discutam os erros e incertezas relacionados a elas. Quanto às demonstrações, tanto experimentais quanto computacionais, a necessidade de uma estratégia metodológica que provoque a reflexão do estudante sobre o fenômeno estudado, promovendo sua participação ativa, não foi ressaltada pelos professores. Já para as AC, foram vários os professores que exemplificaram atividades desse tipo mencionando pesquisas em motores de busca ou visualizações de vídeos pela *internet*. Nenhum respondente relacionou a expressão AC com atividades em que se usa o computador para a aquisição automática de dados, evidenciando que esse tipo de uso do computador no ensino de Física ainda está bastante distante dos professores. Analisando-se os aspectos apontados acima, pode-se perceber uma “trivialização” das expressões AE e AC por parte dos docentes de Física participantes da nossa pesquisa. De modo geral, para eles esses termos podem ser usados para qualquer atividade em que se apresente algum material concreto ou que se faça qualquer uso de computadores em suas aulas.

Uma primeira avaliação das crenças salientes identificadas nos estudos 1 e 2 pode passar a impressão de que os professores de Física da educação básica apresentam crenças sobre o uso de AE e AC coerentes com os resultados mais frequentemente destacados na literatura. No entanto, o questionário utilizado para a confecção do instrumento de coleta de dados do Estudo 3 (tabelas 12 e 13) mostram que os respondentes do Estudo 2 foram fortemente influenciados pelo curso de especialização que estavam participando. Em sua grande maioria, as crenças apontadas por eles eram decorrentes de reflexões propostas nas

disciplinas de tal curso. Pode-se concluir, então, que, antes do curso, esses professores não tinham conhecimento dos mais recentes resultados apresentados nas investigações que buscam avaliar as potencialidades das AE e das AC, e provavelmente essa deve ser a situação da maioria dos professores de Física.

Ainda que tenham apresentado notável melhora em suas crenças em relação ao uso de AE e AC no ensino de Física em decorrência dos cursos que tinham participado, alguns aspectos importantes do uso desses recursos foram pouco destacados pelos respondentes, principalmente no que se refere às limitações relacionadas a essas atividades. Aspectos relacionados à metodologia empregada nas AE e AC, que são muito destacados na literatura, foram desprezados por diversos respondentes. Além disso, para o caso das AC, pode-se perceber poucos professores destacando os problemas que podem ser causados em decorrência do uso de uma simulação computacional com complexidade inadequada para os alunos que realizarão a atividade. As principais limitações apontadas pelos respondentes ficam restritas à aspectos estruturais, como a falta de tempo, de materiais, de infraestrutura e o número de alunos das turmas.

A principal diferença encontrada entre as crenças dos professores participantes do Estudo 1 e os participantes do Estudo 2 refere-se às suas visões sobre usos integrados de AE e AC. No Estudo 1 os professores apresentaram crenças mais coerentes com os resultados descritos na literatura, possivelmente, por já terem cursado uma disciplina de pós-graduação que tratava da integração de AE e AC. Já os respondentes do Estudo 2, que ainda não haviam cursado a disciplina do curso de especialização que tratou da combinação desses recursos, apresentaram crenças pouco relacionadas com os resultados apresentados pelas mais recentes investigações sobre o assunto. Isso evidencia que provavelmente a maioria dos professores de Física não tem conhecimento das vantagens de atividades que explorem experimentos reais e virtuais de forma combinada.

A TCP, por buscar explicar algo complexo, como o comportamento humano, apresentou limitações, como era de se esperar. Certamente ela nunca conseguirá explicar em sua totalidade as intenções comportamentais, pois, assim como os modelos teóricos utilizados na Física, a TCP é um modelo que versa sobre uma realidade idealizada e aproximada. Além disso, como em qualquer pesquisa em que se realizam medidas quantitativas, diferentes interpretações podem ser atribuídas às questões propostas nos questionários, o que acarreta em imprecisões nos dados obtidos. Apesar disso, os modelos construídos com o intuito de explicar as intenções dos professores respondentes do Estudo 3 em utilizar AE e AC em suas próximas aulas chegaram a explicar 44% da variância de tal construto relacionado às AE e

37% de tal construto relacionado ao uso de AC. Ainda que os resultados obtidos sejam satisfatórios, resta uma questão: que fatores explicam a variância das intenções comportamentais que não é explicada por tais modelos? Isso evidencia a necessidade de mais estudos que, assim como o presente, busquem aprofundar o entendimento dos motivos que levam os professores a utilizar ou não AE e AC em suas aulas.

Segundo os modelos construídos no Estudo 3, os principais preditores das intenções comportamentais dos respondentes sobre o uso de AE e AC são as atitudes e os controles comportamentais percebidos. Tal resultado nos mostram que, para se promover o uso de AE e AC no ensino de Física, o conhecimento sobre os recursos, a infraestrutura necessária para seu desenvolvimento e a habilidade dos docentes para manusear as ferramentas devem ser tratados em posição de igualdade. Nossa hipótese é que programas de intervenção, que tenham como meta fazer chegar à sala de aula inovações didáticas, só serão bem sucedidos se levarem em consideração as crenças e atitudes de professores em relação a elas. Mais especificamente, dependendo da situação, é preciso que eles construam novas crenças, ou ainda que modifiquem a intensidade de algumas outras. Junto a isso, é necessário que os professores tenham habilidade para conduzir tais atividades, fomentando um alto controle comportamental percebido. Para isso, as intervenções devem promover situações em que os docentes se habituem ao uso dos instrumentos e materiais e em que eles tomem conhecimento de alternativas para os casos em que não contam com tais objetos.

O Estudo 3 também identificou uma correlação moderada significativa entre a atitude dos respondentes em relação ao uso de AE no ensino de Física e o sexo dos respondentes, indicando que as mulheres participantes do estudo tiveram um sentimento mais favorável ao uso desse recurso do que os homens. Além disso, foi encontrada uma correlação moderada, também significativa, entre a idade dos respondentes e a intenção deles de usar AC em suas aulas. Uma possível explicação para isso pode estar associada ao fato de indivíduos mais jovens estarem mais habituados ao uso de computadores. Estudos mais aprofundados devem ser realizados para elucidar tais correlações.

Para finalizar, salientamos que no presente trabalho nos restringimos à realização de estudos exploratórios e à elaboração de um questionário que pudesse servir como um instrumento útil para iniciativas que envolvam a adoção de AE e AC por parte dos professores de Física. Um possível próximo passo seria a realização de estudos de caso do tipo explanatório em que professores fossem observados em sua ação docente e, posteriormente, entrevistados com o intuito de avaliar as hipóteses aqui levantadas. Muito mais do que um estudo acabado, esperamos que esse trabalho sirva como um ponto de partida para que, num

futuro não muito distante, metodologias diferenciadas cheguem de fato à sala de aula substituindo enfim o ensino tradicional, criticado por todos na teoria, mas ainda onipresente na prática.

6. Referências

- AJZEN, I. From intentions to actions: a theory of planned behavior. In: KUHL, J.; BECKMAN, J. (Eds.). *Action control: from cognition to behavior*. Berlin: Springer, 1985. p. 11-39.
- AJZEN, I. *Attitudes, personality and behavior*. Bristol: Open University Press, 1991a.
- AJZEN, I. The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, Amsterdam, v. 50, n. 2, p. 179–211, Dec. 1991b.
- AJZEN, I. Behavioral interventions based on the theory of planned behavior. Disponível em: <<http://people.umass.edu/aizen/pdf/tpb.intervention.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2011. 2006a.
- AJZEN, I. Constructing a TpB questionnaire: conceptual and methodological considerations. Disponível em: <<http://people.umass.edu/aizen/pdf/tpb.measurement.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2011. 2006b.
- AJZEN, I.; FISHBEIN, M. *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Englewood-Cliffs: Prentice Hall, 1980.
- ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, p. 5-18, set. 2004.
- ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Physics students' performance using computational modelling activities to improve kinematics graphs interpretation. *Computers & Education*, Amsterdam, v.50, n.4, p. 1128-1140, May 2008.
- ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.
- BAIN, J. D.; MCNAUGHT, C. How academics use technology in teaching and learning: understanding the relationship between beliefs and practice. *Journal of Computer Assisted Learning*, New York, v. 22, n. 2, p. 99–113, Apr. 2006.

BELL, R. L.; TRUNDLE, K. C. The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 45, n. 3, p. 346-372, Mar. 2008

BLAKE, C.; SCANLON, E. Reconsidering simulations in science education at a distance: features of effective use. *Journal of Computer Assisted Learning*, New York, v. 23, n. 6, p. 491-502, Dec. 2007.

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

BRANDÃO, R. V. *Investigando a aprendizagem do campo conceitual associado à modelagem científica por parte de professores de física do ensino médio*. 2008. 203 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BROWN, S. L.; MELEAR, C. T. Investigation of secondary science teachers' beliefs and practices after authentic inquiry-based experiences. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 43, n. 9, p. 938-962, Nov. 2006.

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

CENTRO de Referência para o Ensino de Física. Porto Alegre: Instituto de Física - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref>>. Acesso em: 13 abr. 2011.

CRAWLEY, F.; BLACK, C. Attitude and secondary school science students' intention to enroll in physics: an application of the theory of planned behavior. Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Disponível em: <http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?_nfpb=true&_ERICExtSearch_SearchValue_0=ED319631&ERICExtSearch_SearchType_0=no&accno=ED319631>. Acesso em: 13 abr. 2011.

CRONBACH, L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, Toronto, v. 16, n. 3, p. 297-334, Sept. 1951.

CROUCH, C. H.; FAGEN, A. P.; CALLAN, J. P.; MAZUR, E. Classroom demonstrations: learning tools or entertainment? *American Journal of Physics*, Melville, v.72, n. 6, p. 835-838, June 2004.

DORNELES, P. F. T.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Atividades experimentais e computacionais como recursos instrucionais que se complementam: um estudo exploratório no ensino de eletromagnetismo em física geral. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 8., 2009, Barcelona, Espanha. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, p. 1806-1810, 2009. n. extra ampl. corr.

FINKELSTEIN, N.; ADAMS, W.; KELLER, C.; KOHL, P.; PERKINS, K.; PODOLEFSKY, N.; REID, S. When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, College Park, v. 1, n. 1, 010103 8p., July 2005.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 253-272, set. 2003.

FISHBEIN, M.; AJZEN, I. *Belief, attitude, intention and behavior: an introduction to theory and research*. Reading: Addison-Wesley, 1975.

FRANCIS, J. J.; ECCLES, M. P.; JOHNSTON, M.; WALKER, A.; GRIMSHAW, J.; FOY, R.; KANER, E.; SMITH, L.; BONETTIET, D. *Constructing questionnaires based on the theory of planned behavior: a manual for health services researchers*. Disponível em: <<http://www.rebeqi.org/ViewFile.aspx?itemID=212>>. Acesso em: 13 abr. 2011. 2004

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

GIL PÉREZ, D.; FURIÓ MÁS, C.; VALDÉS, P.; SALINAS, J.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; GUIASOLA, J.; GONZÁLEZ, E.; DUMAS-CARRÉ, A; GOFFARD, M; PESSOA DE CARVALHO, A. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v.17, n. 2, p. 311 - 320, jun. 1999.

GRANDO, A.; KONRATH, M. L. P.; TAROUÇO, L. Alfabetização visual para a produção de objetos educacionais. *Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v.1, n. 2, p. 1-9, set. 2003.

HABER-SCHAIM, U.; DODGE, J. H.; GARDNER, R.; SHORE, E. A.; WALTER, F. *Física PSSC*. 3. ed. Barcelona: Editorial Reverté, 1971. 2v.

HENNESSY, S.; DEANEY, R.; RUTHVEN, K. Situated expertise in integrating use of multimedia simulation into secondary science teaching. *International Journal of Science Education*, London, v.28, n.7, p. 701-732, June 2006.

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

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

HOLTON, D. L. How people learn with computer simulations. In: SONG, H.; KIDD, T. T. (Eds.). *Handbook of research on human performance and instructional technology*. Hershey: Texas Southern University, 2010. p. 485-504.

JAANKOLA, T.; NURMI, S. Fostering elementary school students understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, New York, v. 24, n. 4, p. 271-283, Aug. 2008.

KIEBLER, E. W.; WOODY, C. The individual laboratory versus the demonstration method of teaching physics. *The Journal of Educational Research*, Philadelphia, v.7, n.1, p. 50-58, Jan. 1923.

KIRSCHNER, P.; SWELLER, J.; CLARK, R. Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, Mahwah, v. 41, n. 2, p. 75-86, June 2006.

KLAHR, D.; TRIONA, L. M.; WILLIAMS, C. Hands on what? The relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middle school children. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 44, n.1, p. 183-203, Jan. 2007.

KRIEK, J.; STOLS, G. Teachers' beliefs and their intention to use interactive simulations in their classrooms. *South African Journal of Education*, Silver Lakes, v. 30, n. 3, p. 439-456, Sept. 2010.

MARINELI, F.; PACCA, J. L. de A. Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 497-505, out./dez. 2006.

MARSHALL, J. A.; YOUNG, E. S. Preservice teachers' theory development in physical and simulated environments. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 43, n. 9, p. 907-937, Nov. 2006.

MAZZITELLI, C. A.; APARICIO, M. T. Las actitudes de los alumnos hacia las ciencias naturales, en el marco de las representaciones sociales, y su influencia en el aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vigo, v. 8, n.1, p. 193-215, marzo 2009.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. D. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77 - 86, jun. 2002.

MOREIRA, M. A. ¿Cuál es el perfil del profesor de una universidad que forma profesores? Investigación básica en educación en ciencias: una visión personal. *Revista Chilena de Educación Científica*, Santiago, v. 3, n.1, p. 10-17, marzo 2004.

PALAIGEORGIOU, G.; SIOZOS, P.; KONSTANTAKIS, N.; TSOUKALAS, I. A computer attitude scale for computer science freshmen and its educational implications. *Journal of Computer Assisted Learning*, New York, v. 21, n. 5, p. 330-342, Oct. 2005.

RONEN, M.; ELIAHU, M. Simulation: a bridge between theory and reality: the case of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, New York, v.16, n.1, p. 14-26, Mar. 2000.

RUSSELL, D. W.; LUCAS, K. B.; MCROBBIE, C. J. Role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new understandings in thermal physics. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 41, n. 2, p. 165-185, Feb. 2004.

SPSS. Statistical Package for the Social Sciences, 19. [S. l.]: International Business Machines, 2011. 1 CD-ROM.

STAKE, R. E. *Investigación con estudio de casos*. 2. ed. Madrid: Morata, 1999.

STEINBERG, R. N. Computers in teaching science: to simulate or not to simulate? *American Journal of Physics*, Melville, v.68, S1, S37-S41, Feb. 2000.

TRIONA, L. M.; KLAHR, D. Point and click or grab and heft: comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition and Instruction*, Mahwah, v. 21, n. 2, p. 149 - 173, Apr. 2003.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem em física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v.24, n.2, p. 87-96, jun. 2002.

VIANNA, H. M. *Testes em educação*. 4. ed. São Paulo: IBRASA, 1982.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZACHARIA, Z. The impact of interactive computer simulations on the nature and quality of postgraduate science teachers' explanations in physics. *International Journal of Science Education*, London, v. 27, n.14, p. 1741-1767, Nov. 2005.

ZACHARIA, Z. Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, New York, v. 23, n. 2, p. 120-132, Apr. 2007.

ZACHARIA, Z.; ANDERSON, O. R. The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, Melville, v.71, n. 6, p. 618-629, June 2003.

ZACHARIA, Z.; OLYMPIOU, G.; PAPAERVIPIDOU, M. Effects of experimenting with physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 45, n. 9, p. 1021-1035, Nov. 2008.

ZINT, M. Comparing three attitude-behavior theories for predicting science teachers' intentions. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 39, n. 9, p. 819-844, nov. 2002.

APÊNDICE A

Questionário para pesquisa sobre o uso de simulações computacionais e de atividades experimentais para fins didáticos em Física

O objetivo deste questionário é obter um real panorama das opiniões dos professores da Educação Básica sobre o uso de simulações computacionais e experimentos didáticos no ensino de Física. Para isso, contamos com sua colaboração.

O termo “atividade experimental” será empregado para atividades em que os alunos manuseiam diretamente um experimento real em pequenos grupos. Não estamos abarcando nesta expressão demonstrações experimentais feitas pelo professor. Do mesmo modo, o termo “uso de simulações computacionais” é empregado para atividades em que os alunos interagem com uma simulação computacional individualmente ou em pequenos grupos, não para demonstrações feitas pelo professor com um projetor multimídia, por exemplo.

1) Sobre você

1.1) Qual o seu sexo?

Masculino

Feminino

1.2) Qual a sua idade?

1.3) Qual o seu mais alto grau de escolaridade concluído visto que só se pode optar por uma alternativa?

Ensino médio

Ensino superior

Ensino técnico-profissionalizante

Especialização

Mestrado

Doutorado

1.4) Em quais níveis você ministra suas aulas?

Ensino médio

Ensino superior

- () Ensino técnico-profissionalizante
- () Especialização
- () Mestrado
- () Doutorado

1.5) Em que tipo de instituição você trabalha atualmente?

- () Privada
- () Pública Municipal
- () Pública Estadual
- () Pública Federal

1.6) Você leciona há quantos anos?

2) Sobre o uso de atividades experimentais para fins didáticos em Física

2.1) As afirmativas abaixo se referem a VANTAGENS ou LIMITAÇÕES comumente atribuídas ao uso de ATIVIDADES EXPERIMENTAIS no ensino de Física. Marque a alternativa que melhor expressa seu nível de concordância.

| | Concordo Fortemente | Concordo | Indeciso ou sem opinião | Discordo | Discordo Fortemente |
|---|------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------|
| 2.1.1) Auxiliam no processo de formação de conceitos, de desenvolvimento do raciocínio e de compreensão dos fenômenos físicos. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.1.2) Possibilitam a visualização dos fenômenos físicos macroscópicos. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.1.3) Promovem o trabalho colaborativo entre os alunos. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.1.4) Estimulam a participação ativa dos alunos por meio da interação deles com os materiais concretos envolvidos nos fenômenos físicos. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.1.5) Apesar das potencialidades, fazem com que os alunos dispersem demais sua atenção em sala de aula. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.1.6) Influenciam a atitude dos alunos, promovendo o engajamento deles nas atividades propostas nas aulas de Física. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

2.2) As perguntas abaixo estão relacionadas com as condições de que você dispõe para o uso de ATIVIDADE EXPERIMENTAIS nas suas aulas. Elas estão dispostas em pares: uma referente a uma característica da principal instituição onde você ministra suas aulas e outra referente ao quanto essa característica influencia nas suas decisões de usar ou não atividades experimentais em suas aulas. Marque a alternativa que melhor se adequa as suas condições.

| | Concordo Fortemente | Concordo | Indeciso ou sem opinião | Discordo | Discordo Fortemente |
|---|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2.2.1) Necessito de muito tempo para preparar uma boa atividade experimental. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.2.2) Deixo de realizar atividades experimentais em função do pouco tempo que disponho para realizá-las. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.2.3) Atividades experimentais exigem muito tempo das minhas aulas. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.2.4) Deixo de realizar atividades experimentais em função da pequena carga horária destinada para as aulas de Física na principal escola onde leciono. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.2.5) Na principal escola onde ministro minhas aulas tenho à disposição boas condições de infraestrutura (bom laboratório de Física, bons equipamentos, etc.) para a realização de atividades experimentais. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.2.6) A infraestrutura do laboratório de Física da escola onde leciono é determinante da promoção ou não de atividades experimentais nas minhas aulas. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.2.7) Na principal escola onde ministro minhas aulas tenho à disposição materiais e equipamentos adequados para a realização de atividades experimentais. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.2.8) A disponibilidade de materiais e equipamentos adequados para a execução de atividades experimentais na escola onde leciono é determinante da promoção ou não de atividades experimentais nas minhas aulas. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

- 2.2.9) Sinto-me preparado para conduzir boas atividades experimentais.
- 2.2.10) Deixo de realizar atividades experimentais por não me sentir preparado para utilizar tal recurso.
- 2.2.11) As turmas da principal escola onde leciono minhas aulas são muito numerosas.
- 2.2.12) A quantidade de alunos das turmas é determinante para minha decisão de promover ou não uma atividade experimental.

2.3) Nos itens abaixo, marque a postura adotada pelos sujeitos indicados quanto ao uso de ATIVIDADES EXPERIMENTAIS nas aulas que você ministra. Caso você não use simulações computacionais em suas aulas, deixe esta questão em branco.

- | | Aprovam completamente | Aprovam | Neutra | Desaprovam | Desaprovam completamente |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| 2.3.1) Diretor(a) da sua instituição de ensino | <input type="radio"/> |
| 2.3.2) Seus alunos | <input type="radio"/> |
| 2.3.3) Seus colegas professores | <input type="radio"/> |
| 2.3.4) Pais dos seus alunos | <input type="radio"/> |

2.4) As palavras abaixo atribuem características às ATIVIDADES EXPERIMENTAIS. Indique a alternativa que melhor se adequa a suas opiniões sobre o uso de tal recurso para o ensino de Física.

- | | Concordo Fortemente | Concordo | Indeciso ou sem opinião | Discordo | Discordo Fortemente |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2.4.1) São fundamentais | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.4.2) São agradáveis | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.4.3) São cansativas | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.4.4) São interessantes | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.4.5) São instigantes | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.4.6) São árduas | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

2.5) Você utilizará ATIVIDADES EXPERIMENTAIS em suas próximas aulas?

1
2
3
4
5

Pouco provavelmente Muito provavelmente

3) Sobre o uso de simulações computacionais para fins didáticos em Física

3.1) As afirmativas abaixo se referem a VANTAGENS ou LIMITAÇÕES comumente atribuídas ao uso de SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS no ensino de Física. Marque a alternativa que melhor expressa o seu nível de concordância.

| | Concordo Fortemente | Concordo | Indeciso ou sem opinião | Discordo | Discordo Fortemente |
|--|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 3.1.1) Auxiliam no processo de formação de conceitos, de desenvolvimento do raciocínio e de compreensão dos fenômenos físicos. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3.1.2) Favorecem o trabalho colaborativo entre os alunos. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3.1.3) Permitem que o aluno teste hipóteses. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3.1.4) Influenciam a atitude dos alunos, promovendo o engajamento deles nas atividades propostas nas aulas de Física. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3.1.5) Possibilitam a visualização de uma representação dos fenômenos físicos. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3.1.6) Promovem a interação do aluno com representações dos fenômenos físicos. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

3.2) As perguntas abaixo estão relacionadas com as condições de que você dispõe para o uso de SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS nas suas aulas. De forma semelhante às afirmativas da questão anterior, elas estão dispostas em pares. Marque a alternativa que melhor se adequa as suas condições.

| | Concordo Fortemente | Concordo | Indeciso ou sem opinião | Discordo | Discordo Fortemente |
|--|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 3.2.1) Na principal escola onde ministro minhas aulas tenho à disposição boas condições de infraestrutura (bom laboratório de informática, boa banda larga, bons computadores, etc.) para a realização de atividades baseadas em | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

- simulações computacionais.
- 3.2.2) A infraestrutura do laboratório de informática da escola onde leciono é determinante da promoção ou não de atividades baseadas em simulações computacionais nas minhas aulas.
- 3.2.3) As turmas da principal escola onde leciono minhas aulas são muito numerosas.
- 3.2.4) O quantidade de alunos das turmas é determinante para minha decisão de promover ou não uma atividade baseada em simulações computacionais.
- 3.2.5) Tenho dificuldade para encontrar simulações computacionais para utilizar em minhas aulas.
- 3.2.6) A dificuldade em encontrar boas simulações computacionais dificulta a realização de atividades baseadas em simulações computacionais.
- 3.2.7) Me sinto preparado para conduzir boas atividade baseadas em simulações computacionais.
- 3.2.8) Deixo de realizar atividades com simulações computacionais por não me sentir preparado para utilizar tal recurso.
- 3.2.9) Atividades baseadas em simulações computacionais exigem muito tempo das minhas aulas.
- 3.2.10) Deixo de realizar atividades baseadas em simulações computacionais em função da pequena carga horária destinada para as aulas de Física na principal escola onde leciono ser insuficiente para isso.
- 3.2.11) Necessito de muito tempo para preparar um boa atividade utilizando simulações computacionais.
- 3.2.12) Deixo de realizar atividades baseadas em simulações computacionais em função do pouco tempo que disponho para realizá-las.

3.3) Nos itens abaixo, marque a postura adotada pelos sujeitos indicados quanto ao uso de SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS nas aulas que você ministra. Caso você não use simulações computacionais em suas aulas, deixe esta questão em branco.

| | Aprovam completamente | Aprovam | Neutra | Desaprovam | Desaprovam completamente |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| 3.3.1) Diretor(a) da sua instituição de ensino | <input type="radio"/> |
| 3.3.2) Seus alunos | <input type="radio"/> |
| 3.3.3) Seus colegas professores | <input type="radio"/> |
| 3.3.4) Pais dos seus alunos | <input type="radio"/> |

3.4) As palavras abaixo atribuem características às SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS. Indique a alternativa que melhor se adequa a suas opiniões sobre o uso de tal recurso para o ensino de Física.

| | Concordo Fortemente | Concordo | Indeciso ou sem opinião | Discordo | Discordo Fortemente |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 3.4.1) São fundamentais | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3.4.2) São agradáveis | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3.4.3) São cansativas | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3.4.4) São interessantes | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3.4.5) São instigantes | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3.4.6) São árduas | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

3.5) Você utilizará SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS em suas próximas aulas?

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| Pouco provavelmente | <input type="radio"/> | Muito provavelmente |

4) Sobre o ensino de Física

4.1) As afirmativas abaixo apresentam alguns aspectos relacionados ao ensino de Física. Marque a alternativa que melhor expressa sua opinião sobre o nível de importância de cada um desses aspectos para o processo de ensino-aprendizagem de Física.

| | Fundamental | Muito importante | Importante | Pouco importante | Desnecessário |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 4.1.1) O processo de formação dos conceitos, | <input type="radio"/> |

de desenvolvimento do raciocínio e de compreensão dos fenômenos físicos.

| | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 4.1.2) A visualização dos fenômenos físicos macroscópicos. | <input type="radio"/> |
| 4.1.3) O trabalho colaborativo entre os alunos. | <input type="radio"/> |
| 4.1.4) A participação ativa dos alunos por meio da interação deles com os materiais concretos. | <input type="radio"/> |
| 4.1.5) O engajamento dos alunos nas atividades. | <input type="radio"/> |
| 4.1.6) A atenção dos alunos durante as atividades. | <input type="radio"/> |
| 4.1.7) O teste de hipóteses. | <input type="radio"/> |
| 4.1.8) A interação dos alunos com representações dos fenômenos físicos. | <input type="radio"/> |
| 4.1.9) A visualização de representações de fenômenos físicos. | <input type="radio"/> |

4.2) Nos itens abaixo, indique o quanto a opinião dos sujeitos apresentados influencia nas suas decisões nas aulas que você ministra.

| | Influenciam muito | Influenciam razoavelmente | Influenciam pouco | Não influenciam |
|--|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 4.2.1) Diretor(a) da sua instituição de ensino | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 4.2.2) Seus alunos | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 4.2.3) Seus colegas professores | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 4.2.4) Pais dos seus alunos | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

APÊNDICE B

Aferindo as intenções comportamentais usando a TCP

Nesse Apêndice detalhamos a aplicação da TCP aos dados coletados com o questionário que consta no Apêndice A. Conforme apresentado na seção 3.3, de acordo com a TCP o comportamento depende das intenções comportamentais e do controle comportamental real. Já as intenções comportamentais são funções da atitude, da norma subjetiva e do controle comportamental percebido, sendo cada uma dessas medidas função das crenças do indivíduo e da importância que ele atribui às consequências dessas crenças sobre o objeto de estudo ou a motivação que ele tem para considerá-las.

No que segue, vamos detalhar como são aferidas a atitude, a norma subjetiva e o controle comportamental percebido sobre o uso de AE e AC no ensino de Física com os dados coletados com o questionário do Apêndice A.

Aferição da atitude

Com o questionário apresentado no Apêndice A, é possível se realizar medidas de atitude sobre o uso de AE e AC no ensino de Física de duas formas distintas, ambas baseadas na TCP. Na primeira delas, a atitude é aferida pelo somatório sobre todas as N crenças comportamentais do produto da intensidade da crença (b_i) pela avaliação das consequências decorrentes dela (e_i), ou seja, por meio da Eq. III.1 (seção 3.3), abaixo reproduzida para facilitar a leitura:

$$A \propto \sum_{i=1}^N b_i \cdot e_i \quad .$$

No questionário que confeccionamos, informações sobre as intensidades das crenças comportamentais a respeito do uso de AE (AC) no ensino de Física são coletadas com as questões propostas na seção 2.1 (seção 3.1), enquanto a avaliação das consequências dessas crenças constam na seção 4.1.

Dessa forma, para as AE, a Eq. III.1 pode ser reescrita como:

$$A_{AE} = (2.1.1) \cdot (4.1.1) + (2.1.2) \cdot (4.1.2) + (2.1.3) \cdot (4.1.3) \\ + (2.1.4) \cdot (4.1.4) - (2.1.5) \cdot (4.1.6) + (2.1.6) \cdot (4.1.5) \quad . \quad (B.1)$$

Os índices entre parênteses designam as questões cujas respostas deverão ser consideradas. No cômputo do resultado final, esses índices devem ser substituídos pelos valores relativos às respostas indicadas pelos respondentes às questões, ou seja, deve-se substituir as respostas “discordo fortemente”, “discordo”, “indeciso ou sem opinião”,

“concordo”, e “concordo fortemente” pelos valores 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente. O sinal negativo antes da intensidade da crença comportamental 2.1.5 se deve ao fato que essa crença está relacionada a um sentimento desfavorável ao uso de AE no ensino de Física.

Para as AC, a Eq. III.1 pode ser reescrita como:

$$A_{AC} = (3.1.1).(4.1.1) + (3.1.2).(4.1.3) + (3.1.3).(4.1.7) + (3.1.4).(4.1.5) + (3.1.5).(4.1.9) + (3.1.6).(4.1.8) \quad . \quad (B.2)$$

Igualmente aqui, como nas demais equações deste apêndice, os índices entre parênteses designam as questões cujas respostas deverão ser consideradas e, no cômputo do resultado final, esses índices devem ser substituídos pelos valores relativos às respostas indicadas pelos respondentes às questões.

Na segunda forma como medimos as atitudes dos respondentes frente ao uso de AE (AC), buscamos realizar medidas do sentimento dos indivíduos frente ao uso de tais recursos de forma direta, sem derivá-los das crenças comportamentais deles. Para isso, utilizamos os dados obtidos com as questões 2.4 (3.4). A atitude frente ao uso de AE pode ser computada então pelo somatório da intensidade de cada sentimento proposto no questionário, ou seja, pela equação:

$$A_{AE} = (2.4.1) + (2.4.2) - (2.4.3) + (2.4.4) + (2.4.5) - (2.4.6) \quad . \quad (B.3)$$

Já para a atitudes frente ao uso de AC no ensino de Física, temos:

$$A_{AC} = (3.4.1) + (3.4.2) - (3.4.3) + (3.4.4) + (3.4.5) - (3.4.6) \quad . \quad (B.4)$$

Os sinais negativos antes dos índices 2.4.3 (3.4.3) e 2.4.6 (3.4.6) foram inseridos, pois a concordância dos respondentes com tais questões evidenciam um sentimento desfavorável frente ao uso de AE (AC) no ensino de Física.

Aferição da norma subjetiva

A norma subjetiva, segundo a TCP, deve ser mensurada pelo somatório sobre as N crenças normativas do produto da intensidade da crença normativa (b_i) pela motivação da pessoa para considerá-la (m_i), ou seja, por meio da Eq. III.2 (seção 3.3), abaixo reproduzida para facilitar a leitura:

$$NS \propto \sum_{i=1}^N b_i \cdot m_i \quad .$$

No questionário que confeccionamos, informações sobre as intensidades das crenças normativas a respeito do uso de AE (AC) no ensino de Física são coletadas com as questões propostas na seção 2.3 (seção 3.3), enquanto as motivações dos indivíduos para considerá-las constam na seção 4.2.

Dessa forma, para as AE, a Eq. III.2 pode ser reduzida a:

$$NS_{AE} = (2.3.1) \cdot (4.2.1) + (2.3.2) \cdot (4.2.2) + (2.3.3) \cdot (4.2.3) + (2.3.4) \cdot (4.2.4) \quad . \quad (B.5)$$

Para as AC, a Eq. III.2 é reescrita como:

$$NS_{AC} = (3.3.1) \cdot (4.2.1) + (3.3.2) \cdot (4.2.2) + (3.3.3) \cdot (4.2.3) + (3.3.4) \cdot (4.2.4) \quad . \quad (B.6)$$

No presente caso os índices se referem às intensidades das crenças normativas, cujos níveis "desaprovam completamente", "desaprovam", "neutra", "aprovam", e "aprovam completamente" devem ser substituídos pelos valores 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente, e para as motivações para considerá-las, os níveis "não influenciam", "influenciam pouco", "influenciam razoavelmente", e "influenciam muito" devem ser substituídos pelos valores 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Aferição do controle comportamental percebido

A mensuração do controle comportamental percebido dos respondentes tanto em relação ao desenvolvimento de AE como de AC, foi realizada por meio do somatório sobre as N crenças de controle do produto da intensidade da crença de controle (b_i) pela potência percebida para facilitar ou inibir o uso de AE ou AC no ensino de Física (p_i), ou seja, pela Eq. III.3 (seção 3.3), abaixo reescrita para facilitar a leitura:

$$CCP \propto \sum_{i=1}^N b_i \cdot p_i \quad .$$

No questionário que confeccionamos, as questões desenvolvidas com o intuito de medir o CCP sobre o uso de AE (AC) são apresentadas em pares na seção 2.2 (3.2), sendo as primeiras relacionadas à intensidade das crenças de controle e as segundas relacionadas à potência delas para inibir ou não o uso de AE (AC) nas aulas dos respondentes. Portanto, as questões que foram desenvolvidas com o intuito de coletar as intensidades das crenças de controle frente ao uso de AE (AC) no ensino de Física são 2.2.1, 2.2.3, 2.2.5, 2.2.7, 2.2.9 e 2.2.11 (3.2.1, 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.9 e 3.2.11), enquanto que as potências percebidas pelos indivíduos são medidas por meio das questões 2.2.2, 2.2.4, 2.2.6, 2.2.8, 2.2.10 e 2.2.12 (3.2.2, 3.2.4, 3.2.6, 3.2.8, 3.2.10 e 3.2.12).

Dessa forma, para as AE, a Eq. III.3 pode ser reduzida a:

$$CCP_{AE} = -(2.2.1) \cdot (2.2.2) - (2.2.3) \cdot (2.2.4) + (2.2.5) \cdot (2.2.6) + (2.2.7) \cdot (2.2.8) + (2.2.9) \cdot (2.2.10) - (2.2.11) \cdot (2.2.12) \quad . \quad (B.7)$$

Para as AC, a Eq. III.3 é reescrita como:

$$\begin{aligned} CCP_{AC} = & +(3.2.1) \cdot (3.2.2) - (3.2.3) \cdot (3.2.4) - (3.2.5) \cdot (3.2.6) \\ & + (3.2.7) \cdot (3.2.8) - (3.2.9) \cdot (3.2.10) - (3.2.11) \cdot (3.2.12) \end{aligned} \quad (B.8)$$

Os sinais negativos inseridos nas equações indicam crenças de controle que inibem o uso de AE ou AC no ensino de Física.

APÊNDICE C

Neste apêndice são apresentados detalhes dos modelos de regressão linear que foram produzidos para as análises apresentadas nas seções 4.3.3 e 4.3.4 com o *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, 2011). As seguintes abreviações foram utilizadas:

- *atitude_AE_normalizada* – atitude dos respondentes em relação ao uso de AE no ensino de Física medida por meio das crenças comportamentais.
- *atitude_AC_normalizada* – atitude dos respondentes em relação ao uso de AC no ensino de Física medida por meio das crenças comportamentais.
- *atitude_AE_direta* – atitude dos respondentes em relação ao uso de AE no ensino de Física mensurada diretamente.
- *atitude_AC_direta* – atitude dos respondentes em relação ao uso de AC no ensino de Física mensurada diretamente.
- *CCP_AE_normalizado* – controle comportamental percebido dos respondentes em relação ao uso de AE no ensino de Física.
- *CCP_AC_normalizado* – controle comportamental percebido dos respondentes em relação ao uso de AC no ensino de Física.
- *IC_AE* – intenção comportamental dos respondentes de utilizar AE nas suas próximas aulas
- *IC_AC* – intenção comportamental dos respondentes de utilizar AC nas suas próximas aulas

Os quadros e as tabelas que seguem apresentam as saídas apresentadas pelo SPSS quando foram produzidos os referidos modelos de regressão linear.

Variables Entered/Removed^b

| Model | Variables Entered | Variables Removed | Method |
|-------|---|-------------------|--------|
| 1 | CCP_AE_normalizado, atitude_AE_normalizada ^a | . | Enter |

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: IC_AE

Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | ,599 ^a | ,359 | ,334 | ,798 |

a. Predictors: (Constant), CCP_AE_normalizado, atitude_AE_normalizada

ANOVA^b

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|--------|-------------------|
| 1 | Regression | 17,859 | 2 | 8,929 | 14,023 | ,000 ^a |
| | Residual | 31,839 | 50 | ,637 | | |
| | Total | 49,698 | 52 | | | |

a. Predictors: (Constant), CCP_AE_normalizado, atitude_AE_normalizada

b. Dependent Variable: IC_AE

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | ,628 | ,677 | | ,929 | ,358 |
| | atitude_AE_normalizada | ,622 | ,170 | ,420 | 3,654 | ,001 |
| | CCP_AE_normalizado | ,495 | ,158 | ,361 | 3,138 | ,003 |

a. Dependent Variable: IC_AE

Variables Entered/Removed^b

| Model | Variables Entered | Variables Removed | Method |
|-------|--|-------------------|---------|
| 1 | atitude_AE_direta, CCP_AE_normalizado ^a | | . Enter |

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: IC_AE

Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | ,661 ^a | ,437 | ,414 | ,749 |

a. Predictors: (Constant), atitude_AE_direta, CCP_AE_normalizado

ANOVA^b

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|--------|-------------------|
| 1 | Regression | 21,321 | 2 | 10,661 | 18,992 | ,000 ^a |
| | Residual | 27,506 | 49 | ,561 | | |
| | Total | 48,827 | 51 | | | |

a. Predictors: (Constant), atitude_AE_direta, CCP_AE_normalizado

b. Dependent Variable: IC_AE

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|--------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | -,112 | ,700 | | -,160 | ,874 |
| | CCP_AE_normalizado | ,468 | ,149 | ,344 | 3,141 | ,003 |
| | atitude_AE_direta | ,584 | ,128 | ,499 | 4,560 | ,000 |

a. Dependent Variable: IC_AE

Variables Entered/Removed^b

| Model | Variables Entered | Variables Removed | Method |
|-------|---|-------------------|---------|
| 1 | atitude_SC_normalizada, CCP_SC_normalizado ^a | | . Enter |

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: IC_AC

Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | ,562 ^a | ,316 | ,289 | 1,256 |

a. Predictors: (Constant), atitude_SC_normalizada, CCP_SC_normalizado

ANOVA^b

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|--------|-------------------|
| 1 | Regression | 36,416 | 2 | 18,208 | 11,549 | ,000 ^a |
| | Residual | 78,829 | 50 | 1,577 | | |
| | Total | 115,245 | 52 | | | |

a. Predictors: (Constant), atitude_SC_normalizada, CCP_SC_normalizado

b. Dependent Variable: IC_AC

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | -1,203 | 1,009 | | -1,193 | ,239 |
| | CCP_SC_normalizado | 1,033 | ,280 | ,451 | 3,689 | ,001 |
| | atitude_SC_normalizada | ,409 | ,216 | ,231 | 1,889 | ,065 |

a. Dependent Variable: IC_AC

Variables Entered/Removed^b

| Model | Variables Entered | Variables Removed | Method |
|-------|--|-------------------|---------|
| 1 | atitude_AC_direta, CCP_SC_normalizado ^a | | . Enter |

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: IC_AC

Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | ,600 ^a | ,360 | ,333 | 1,226 |

a. Predictors: (Constant), atitude_AC_direta, CCP_SC_normalizado

ANOVA^b

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|--------|-------------------|
| 1 | Regression | 40,560 | 2 | 20,280 | 13,493 | ,000 ^a |
| | Residual | 72,146 | 48 | 1,503 | | |
| | Total | 112,706 | 50 | | | |

a. Predictors: (Constant), atitude_AC_direta, CCP_SC_normalizado

b. Dependent Variable: IC_AC

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|--------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | -1,240 | ,924 | | -1,342 | ,186 |
| | CCP_SC_normalizado | ,686 | ,322 | ,302 | 2,134 | ,038 |
| | atitude_AC_direta | ,515 | ,196 | ,372 | 2,623 | ,012 |

a. Dependent Variable: IC_AC