



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA



**Gabriel Siqueira Sombrio**

**A AVALIAÇÃO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA  
PROMOÇÃO DE CONFLITO CONCEITUAL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Educação Científica e Tecnológica

Orientador: Prof. Dr. Frederico F. de S. Cruz.

Coorientador: Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos.

**Florianópolis – SC  
2014**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Sombrio, Gabriel Siqueira

A AVALIAÇÃO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA PROMOÇÃO DE CONFLITO CONCEITUAL / Gabriel Siqueira Sombrio ; orientador, Frederico Firmo de Souza Cruz ; coorientador, Paulo José Sena dos Santos. - Florianópolis, SC, 2014. 163 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Concepção prévia. 3. Informação anômala. 4. Simulação. 5. Geração de conflito conceitual. I. de Souza Cruz, Frederico Firmo . II. Santos, Paulo José Sena dos . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. IV. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

**“A avaliação de simulação computacional para promoção  
de conflito conceitual”**

Dissertação submetida ao  
Colegiado do Curso de Mestrado  
em Educação Científica e  
Tecnológica em cumprimento  
parcial para a obtenção do título  
de Mestre em Educação Científica  
e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 06 de junho de 2014

Frederico Firmo de Souza Cruz (Orientador - PPGECT/UFSC)

Paulo José Sena dos Santos (Co-orientador - CFM/UFSC)

Fábio da Purificação de Bastos (Examinador - UFSM)

José André Peres Angotti (Examinador - CFM/UFSC)

Tatiana da Silva (Suplente - CFM/UFSC)

Carlos Alberto Marques  
Coordenador do PPGECT

**Gabriel Siqueira Sombrio**  
Florianópolis, Santa Catarina, 2014.



## Agradecimentos

Agradeço a toda a minha família pelo apoio que tive em todo o período de realização do mestrado, bem como o apoio dado durante toda a minha vida. Agradeço, de forma especial, minha mãe, Marisa Siqueira, meu pai, Renato Arlindo Sombrio, minha irmã, Mariana Siqueira Sombrio, meus tios e avós. Amo todos vocês.

Agradeço minha namorada, Lindsey de Medeiros, que amo muito, pela paciência em aturar a falta de tempo, os ritmos de trabalho e estudo. Sempre esteve ao meu lado, dando o apoio necessário para que tudo desse certo. Obrigado pela compreensão. Meu agradecimento aos amigos que “aguentaram” meu humor nos dias mais estressantes de trabalho e estudo. Agradeço, também, aos meus irmãos de vida Elizabeth e Bruno, os quais sempre estiveram comigo em todos os momentos, permitindo-me fazer parte de suas vidas, e espero estar sempre presente para o que precisarem. Muito obrigado.

Muito obrigado a todos os colegas de trabalho que me apoiaram moralmente e me ajudavam a melhorar meu ânimo. Agradeço ao Colégio São José pela compreensão dada às necessárias ausências para realizar viagens a Florianópolis.

Agradeço a UNIBAVE, aos alunos do curso de Engenharia Civil, que se tornaram meus grandes amigos, e ao coordenador do curso de Eng. Civil, Professor Carlos Francisco Oliveira Souza, pelo ótimo ambiente de trabalho e apoio dado ao meu projeto de dissertação. Muito obrigado.

Muito obrigado a todos os funcionários da UFSC, em especial ao grupo de gestores e professores de nosso programa de mestrado, PPGECT, que sempre possibilitaram um bom ambiente de estudo e trabalho.

Agradeço a meus orientadores Fred, Sonia e Paulo, que, ajudando em todos os caminhos trilhados, permitiram que eu finalizasse o meu trabalho. Um agradecimento especial ao professor Paulo Sena, que foi meu mestre e amigo, não apenas no mestrado, mas na graduação. Sem ele, esse trabalho não estaria pronto. Muito obrigado.

Agradeço a Deus por permitir que eu esteja aqui cumprindo mais esse objetivo.

Muito obrigado a todos que fizeram parte dessa caminhada, não consigo mencionar todos, mas sintam-se agradecidos por tudo, pois todos a minha volta fazem parte dessa vitória.

Dedico meu trabalho à minha família, amigos, professores e alunos.

## Resumo

A otimização do aprendizado é um processo a ser melhorado continuamente em todas as disciplinas e níveis de ensino, mas deve-se dar atenção especial à disciplina de Física, por representar um desafio estudantil devido ao fato de envolver matemática, interpretação textual e noções abstratas de certos fenômenos. O processo de aprendizagem pode ser intensificado com a promoção de conflito conceitual através do uso de ferramentas de auxílio didático. Para tanto, em nosso trabalho, será utilizada uma simulação virtual computacional. Temos por objetivo apresentar um estudo de viabilidade do uso de simulações a fim de promover conflitos conceituais, sendo estes consequência da apresentação de dados anômalos ao processo de aprendizagem dos alunos. Nossa pesquisa apresenta um levantamento teórico que permite compreender melhor as ideias de concepção prévia, quesito já mapeado e que seria uma condição preliminar para a inserção e possível reconhecimento de um dado anômalo e, conseqüentemente, promoção de conflito. Além disso, há capítulos dedicados à compreensão teórica de dados anômalos referentes a informações, científicas ou não, não condizentes com o conhecimento prévio presente no aluno; e conflito conceitual, que seria a reflexão, discussão e possível mudança teórica do conhecimento, após o aluno reconhecer uma anomalia entre o seu conhecimento prévio e a nova informação exposta. A escolha da simulação levou em consideração o tema escolhido, as leis de Newton, como também as possibilidades e limitações de manuseio para criação de uma atividade que seria usada para possível geração de conflito, com grupos de alunos do ensino superior. As atividades foram construídas em duas etapas. A primeira seguiu uma sequência de questionamentos cujas respostas seriam sem o uso da simulação ou materiais de apoio, e a na segunda, trabalharam-se as questões com o uso da simulação escolhida, juntamente com um roteiro guia, permitindo ao aluno avaliar a situação simulada com as respostas fornecidas na primeira etapa. Os resultados foram obtidos e avaliados através da confecção de transcrições das falas das filmagens dos alunos realizando essas atividades, concluídas na própria instituição de ensino superior e de forma voluntária, sendo os alunos maiores de idade. A realização da atividade, dessa maneira, oportunizou aos alunos uma reavaliação dos acontecimentos simulados e possível identificação de anomalia com geração de conflito conceitual durante as prováveis divergências de respostas que apareceram. O grupo participante foi uma turma do ensino

superior, organizada em duplas, do curso de Engenharia Civil da UNIBAVE, universidade residente da cidade de Orleans, no estado de Santa Catarina. Essa turma estava iniciando a disciplina de Física 1, permitindo identificar, com mais clareza, as possibilidades de geração de conflito conceitual no tema físico sobre as leis de Newton, pois o período de estadia no ensino médio foi o último contato dos estudantes com os assuntos dessa disciplina. As possíveis respostas fornecidas pelos estudantes, no momento do contato com a informação anômala, seguiram um roteiro de reações construído pelos autores Chinn e Brewer (1998), permitindo pontuar as situações que não gerariam conflito devido a não descoberta dessa informação. O reconhecimento do conflito e uso da simulação seguiu um processo preestabelecido por Lee & Kwon (2001) que serviu de roteiro e base para construção da atividade e interpretação dos resultados. Buscou-se utilizar os trabalhos dos autores citados como um parâmetro para identificação, em nossas atividades, de pontos que destacavam situações de conflito conceitual, observando e avaliando as discussões criadas a partir de um questionamento que inserisse uma situação anômala aos conhecimentos prévios dos alunos acerca do fenômeno simulado. Os objetivos foram atingidos, permitindo avaliar a viabilidade do uso de simulações para promoção de conflitos conceituais e, ainda, identificar os momentos de reconhecimento de informações anômalas. Esse reconhecimento foi tratado como uma condição prévia para o aparecimento do conflito, sendo que as transcrições permitiram um detalhamento nas discussões dos alunos, visando à maior clareza no destaque dos momentos de geração de conflito.

**Palavras-chave:** Concepção prévia, Informação anômala, Simulação, Geração de conflito conceitual.



## Abstract

The optimization is a process of learning to be continuously improved in all disciplines and levels of education, but should pay particular attention to the discipline of physics, by having a large student dislike of math involved, textual interpretation and abstract notions of certain phenomena. The learning process can be enhanced through the promotion of conceptual conflict through the use of educational assistance tools that our work to a computational virtual simulation will be used. We aim to present a feasibility study of the use of simulations to promote conceptual conflicts, with these, a consequence of the anomalous presentation of students' learning process data. Our research presents a theoretical approach that allows to better understand the ideas of preconception, Question already mapped and would be a sine qua non for the insertion and possible recognition of a given anomalous and the consequent promotion of conflict, as well as chapters devoted to the theoretical understanding anomalous data that would be information, scientific or otherwise, inconsistent with prior knowledge in this student, and conceptual conflict, which would be the reflection, discussion and possible change of theoretical knowledge, after the student recognize an anomaly between their prior knowledge and new information exposed. The choice of the simulation took into account the chosen theme, which were Newton's laws, as well as the possibilities and limitations of thumb for creating an activity that would be used for generation of possible conflict with groups of students in higher education. The activities were built in two stages, where the first followed a sequence of questions that should be answered without the use of simulation or support materials, and the second, where the issues were worked with the use of simulation chosen, along with a quick script, allowing the student to evaluate the simulated situation with the answers provided in the first stage. The results were obtained and evaluated through the production of transcripts of speeches filming of students performing these activities, which were completed in the very institution of higher education and voluntarily, and those over age students. The completion of the activity, thus, provided an opportunity for pupils, a reassessment of the simulated events and possible identification of anomalies generating conceptual conflict during the likely differences in responses that appeared. The research group was a class of higher education, organized in pairs, of course UNIBAVE of Civil Engineering, University resident of the city of Orleans in the state of Santa Catarina. This class was starting the

discipline of Physics 1, allowing identify more clearly the possibilities for generation of conceptual conflict in physical issue about Newton's laws , for the period of stay in high school was the last contact of students with subjects of this discipline . The possible answers provided by students at the time of contact with the anomalous information, reactions followed a script prepared by the authors Chinn and Brewer (1998), which allowed scoring situations that would not generate conflict due to non-recognition of such information. The recognition of conflict and use of simulation process followed a pre - established by Lee & Kwon (2001) which served as the basis for writing and construction activity and interpretation of results. We attempted to use the works of these authors as a parameter to identify in our activities, which highlighted points of conceptual conflict situations, observing and evaluating the discussions created from a question that increases an anomalous situation to previous knowledge of the students about the simulated phenomenon. The objectives were achieved, allowing to evaluate the feasibility of using simulations to promote conceptual conflict and also to identify the moments of recognition of anomalous information. This recognition was treated as a precondition for the emergence of conflict, and the transcripts allowed a breakdown in discussions of students seeking clarity on the highlighted moments from generation conflict.

**Keywords:** Preconception, Anomalous information, Simulation, Generation of conceptual conflict.

## Índice de Figuras

Figura 1 - Modelo do processo de conflito conceitual .....	43
Figura 2 - Layout inicial da aba atrito e suas opções de manuseio ..	58
Figura 3 - Layout da aba atrito com a presença do aplicador de força e os vetores da força aplicada e atrito.....	59



## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Concepções alternativas e científicas de força e movimento.....	31
Tabela 2 - Taxonomia de sete respostas possíveis dos dados anômalos.....	37
Tabela 3 - Variáveis que podem contribuir para induzir conflito cognitivo significativo.....	45



## Sumário

Introdução.....	19
Capítulo 1 – Algumas considerações sobre concepções alternativas	25
1.1 – Concepções alternativas – Noções gerais.....	26
1.2 – Concepções alternativas no ensino de física .....	27
Capítulo 2 – Dados anômalos e a geração de conflito conceitual ....	35
2.1 – Conhecimento anômalo.....	36
2.2 – Conflito conceitual .....	38
2.3 – Modelo do processo de conflito conceitual .....	41
Capítulo 3 – Simulação e PHET.....	47
3.1 – Tecnologia e ensino.....	47
3.2 – Simulação – Noções gerais.....	49
3.3 – Simulação no Ensino de Física.....	51
3.4 – PhET – Conhecendo o grupo e pesquisa .....	53
3.5 – PhET – A simulação escolhida e suas características.....	56
3.5.1 – Atrito .....	57
3.5.2 – Layout.....	58
3.5.3 – Possibilidades e limitações.....	59
Capítulo 4 – Construção e Validação da atividade.....	61
4.1 – Perfis dos entrevistados .....	61
4.1.1 – Primeiro aluno .....	62
4.1.2 – Segundo aluno .....	62
4.1.3 – Terceiro aluno.....	63
4.2 – Questionário .....	63
4.3 – Primeira etapa – Sem o uso da simulação .....	64
4.3.1 – Primeira questão .....	64
4.3.2 – Segunda questão .....	66
4.3.3 – Terceira questão .....	68

4.3.4 – Quarta questão .....	70
4.3.5 – Quinta questão .....	72
4.4 – Segunda etapa – Com o uso da simulação.....	75
4.4.1 – Primeiro aluno .....	75
4.4.2 – Segundo aluno .....	81
4.4.3 – Terceiro aluno.....	87
Capítulo 5 – Análise dos resultados da atividade .....	95
5.1 – Perfis dos entrevistados .....	95
5.1.1 – Primeira dupla.....	96
5.1.2 – Segunda dupla.....	96
5.1.3 – Terceira dupla .....	97
5.2 – Questionário.....	97
5.3 – Primeira etapa – Sem o uso da simulação .....	98
5.3.1 - Primeira questão.....	98
5.3.2 – Segunda questão .....	101
5.3.3 – Terceira questão.....	105
5.3.4 – Quarta questão .....	109
5.3.5 – Quinta questão .....	112
5.4 – Segunda etapa – Com o uso da simulação.....	117
5.4.1 – Primeira dupla.....	117
5.4.2 – Segunda dupla.....	123
5.4.3 – Terceira dupla.....	131
Considerações Finais .....	139
Referências .....	143
ANEXO A – Carta de informação sobre a pesquisa e termo de consentimento esclarecido.....	155
ANEXO B – Roteiro das atividades .....	158



## **Caminhos percorridos**

O meu interesse pelas disciplinas de ciências naturais começou no ensino médio, quando eu tive contato com a química e a física. Durante esse período de aprendizado, a minha turma de colegas possuía algumas dificuldades, entre elas a visualização, ocasionando mau entendimento do conteúdo e resoluções erradas de exercícios e, conseqüentemente, desgosto pela matéria. O problema, que conheci entre os meus colegas, era mais frequente do que eu imaginava, já que grande parte dos estudantes de minha escola questionava alternativas de resolução acerca dessas dificuldades.

A problemática não era identificada em mim, pois não sofria com as dificuldades de imaginar fenômenos físicos sem a necessidade de algo animado (movimento visível, através de vídeos, animações, simulações, etc). Já na graduação de Engenharia Química, entretanto, observei que muitos colegas traziam essas dificuldades de seus períodos de ensino médio, cada qual em sua determinada escola e perfil. Nessa fase, eu tive contato, pela primeira vez (pelo menos que eu havia notado), com a possibilidade de concepção alternativa trazida pelos estudantes, quando esses defendiam aspectos particulares de suas vivências para justificar acontecimentos físicos da natureza. Dessa forma, observei um desafio do professor em “convencê-los” da nova ideia científica que era colocada diante deles mediante a disciplina.

As questões observadas por mim e a iniciativa de meu professor de física, no curso, em iniciar um projeto científico, no qual a elaboração de simulações virtuais para fenômenos físicos era o foco, permitiu-me adentrar no mundo virtual das simulações e conhecer as possibilidades de seu uso no ensino de ciências naturais, mais especificamente em física. O projeto consistia em construir simulações, em ambientes virtuais Java, que permitissem ao aluno manipular simulações de fenômenos físicos baseados em modelos. O programa, em ambiente Java, era o Easy Java Simulation (EJS), acessível em <http://www.um.es/fem/Ejs>, que permitia ao usuário construir simulações de fenômenos físicos sem a necessidade de conhecer a linguagem de programação.

Com o término da graduação, realizei o processo seletivo para entrada no programa de mestrado, colocando a simulação e seu uso no ensino como carro chefe de minha proposta de projeto. Inicialmente, meu projeto visava a programar simulações para o ensino de física, porém o início da pós-graduação permitiu que eu ampliasse meus

objetivos e identificasse temas mais relevantes ao uso de simulações na área docente, entrando no “terreno” das concepções alternativas e conflitos conceituais. Nesse momento, o tema sofria uma reviravolta, pois agora meu estudo focava-se em usar simulações na possibilidade de criar conflito conceitual e identificar esse acontecimento. A mudança não foi amena, o tema foi alterado após um ano e dois meses do início do mestrado, e constituiu um grande desafio, uma vez que exigiu o aprofundamento em assuntos, até então, ainda não conhecidos por mim.

O caminho acadêmico, que permitiu conhecer as dificuldades em aprender física, foi fundamental para minha escolha do programa e aceitação dos temas. Descobrir essas dificuldades e vontade de tentar estudá-las e, talvez, contribuir para o desenvolvimento de novas metodologias que proporcionem um melhor aprendizado, fez com que, apesar de engenheiro, escolhesse a área da educação como norte de minha carreira profissional.

## Introdução

Os professores, com suas metodologias de ensino, enfrentam uma grande dificuldade trazida pelos alunos para as salas de aula, as concepções alternativas. Elas são colocadas como um desafio aos professores, que devem ter a condição de usá-las em prol do aprender do educando. Mas o que são concepções alternativas? Segundo Pozo (1998), concepções alternativas são construções pessoais dos alunos, elaboradas de forma espontânea, com a interação desses alunos com o meio ambiente em que vivem e com as outras pessoas, visando a organizar e dar sentido às diversas situações de ensino e conteúdos a serem ministrados.

As concepções alternativas não se restringem a apenas uma área da ciência, ou seja, mesmo sem um estudo prévio, que tenha permitido ter contato com o conhecimento científico, tudo que o educando observar sobre o tema biologia, física, química, dentre outros, pode ser passível de construções de entendimentos pessoais que tentem justificar aquilo que ele observa. Essa diversidade de possibilidades de concepções alternativas exigiu que houvesse um mapeamento das principais concepções presentes em cada área, não sendo diferente na física, tema de nosso trabalho. O mapeamento das concepções alternativas teve início na década de 70, época em que essas pesquisas surgiram como um desdobramento crítico àquelas realizadas por Piaget e colaboradores, origem de uma preocupação específica com o ensino dessas noções, presentes nesses trabalhos e ausentes nos de Piaget. Alguns dos principais autores desse período foram Viennot, Driver e Easley, pesquisadores do MCA (*movimento de concepções alternativas*), nome dado às várias pesquisas desenvolvidas por todo o mundo, visando ao estudo das concepções alternativas dos mais variados grupos de alunos. A década de 80 foi destaque nessa pesquisa cujo movimento teve seu desenvolvimento pleno, sendo Halloun, Hestenes, Peduzzi, Zylbersztajn, Gilbert, Osborne, Villa e Swift alguns dos principais autores desse período.

O progresso da pesquisa sobre concepções alternativas (CA), na última década, é apresentado em todas as áreas da ciência, como as disciplinas de Biologia, Química, Matemática e Física, todavia, deve-se atenção aos autores que se destacaram na área de ensino geral e Física

na década recente. A apresentação desses autores contemporâneos é importante, pois as principais referências ficam limitadas a pesquisadores da década de 80 e 90, não que possuam definições teóricas precipitadas, mas transmitem a sensação de que a pesquisa não perdurou até os dias atuais. Alguns dos principais autores são Peduzzi (2005), Bastos (2002), Schroeder (2005), Chrobak (2006) e outros que trabalham não só com estratégias de uso das concepções alternativas no ensino, mas também com mapeamento dessas concepções.

Falar sobre as estratégias envolvidas na utilização das concepções alternativas dos alunos, para promover um melhor desenvolvimento da aprendizagem em sala de aula, vem, conseqüentemente, com a geração de conflitos conceituais, sendo este atingido a partir da apresentação de informações anômalas (ideias diferentes, até conflitantes, às presentes na concepção prévia do indivíduo), que podem ser reconhecidos, ou não, pelos estudantes. Situações de conflito ou tomada de consciência das contradições têm sido objeto de grande interesse nas pesquisas em educação em ciências. Em trabalhos que adotaram esse enfoque, passou-se a considerar o reconhecimento de contradições, pelo sujeito do conhecimento, como momento crucial no processo de mudança conceitual (POSNER et al, 1982; CHI, 1991) e a conceber o conflito como referente a um sujeito ou sistema de conhecimento. A pesquisa de Chinn e Brewer (1998) forneceu um grande avanço no entendimento de dados anômalos e suas possíveis opções de resposta, visto que permitiu identificar a incerteza nas respostas dadas por alunos confrontados com informações anômalas que, segundo os autores, é um importante tipo de resposta, pois o indivíduo que responde com a incerteza sobre a crença é cético e de mente aberta para mudanças.

Entretanto, como os dados anômalos e suas possíveis respostas afetam a geração de conflito conceitual? O uso do conflito, no ensino, é destaque desde a década de 80, com Stavy (1980) e Posner e seus colaboradores (1982). Na psicologia cognitiva, as situações de conflito buscam compreender a origem da construção do entendimento conceitual de um conhecimento já estruturado. Para uma visão individual dos processos cognitivos em mudança conceitual, segundo Mortimer e Machado (2000), os conflitos foram tomados como condição prévia para mobilizar os estudantes na criação e desenvolvimento de ideias científicas.

Um número considerável de pesquisadores argumentou que o conflito cognitivo tem um papel importante na mudança conceitual (DRUYAN, 1997; HASHWEH, 1986; HEWSON; HEWSON, 1984;

KWON, 1989, 1997; NIAZ, 1995; LEE, 1998; POSNER *et al.*, 1982; STAVY; BERKOWITZ, 1980; THORLEY; TREAGUST, 1987; LEE; KWON, 2001; LIMÓN, 2001). Porém, a geração de conflito conceitual depende da reação e resposta dadas pelos alunos ao contato com informações anômalas, uma vez que nem todas as respostas produzem a condição favorável para o conflito conceitual ser produzido, como discutido no trabalho de Chinn e Brewer (1998). Esta consciência não significa adoção e ou aceitação e mudança conceitual, mas, claramente, evidenciou-se nestes trabalhos a importância da tomada de consciência por parte do aprendiz. Isso os levou a investigar dados e informações geradores dessa conscientização, os quais foram denominados dados anômalos. Toda essa pesquisa usufruiu dos estudos de mapeamento de concepções e dos diversos trabalhos que mobilizaram esse conflito no processo de ensino-aprendizagem. Um aspecto relevante dessas fontes teóricas é a necessidade de se colocar o estudante em contextos que possam desafiar suas concepções.

Entende-se que a situação de conflito cognitivo não aparece automaticamente com a inserção de uma situação anômala, sendo necessário promover uma condição favorável para isso. O nosso trabalho busca identificar situações de conflito com a utilização de simulações virtuais computacionais, usando as próprias simulações como meio de promover esses conflitos. Por que identificar situações de conflito? Estamos assumindo que colocar o aluno em uma atividade de ensino, na qual suas concepções não são suficientes para resolvê-la, pode acarretar uma reflexão de ideias que poderiam promover a compreensão e aceitação de uma nova informação científica.

Por que usar simulações? Um problema frequentemente encontrado no ensino de física diz respeito ao fato de que os conceitos científicos são normalmente abordados sem que sejam realizadas experimentações práticas, sem que sejam propostos problemas concretos para serem resolvidos (EDMUNDS, 2008). O emprego de simulações computacionais pode minimizar tal problema à medida que estas possibilitam aos estudantes reproduzir certos fenômenos, testar hipóteses, controlar variáveis e observar situações problema que, muitas vezes, seriam difíceis ou muito caras de replicar no mundo real (MAGEE, 2006).

A escolha da simulação não ocorreu de forma aleatória, nosso grupo buscou uma simulação que fosse desenvolvida por pesquisadores conceituados na área da educação, atendendo ao tema físico escolhido, as Leis de Newton. Pelo fato de o assunto já possuir suas concepções

amplamente mapeadas e devido à existência de um número considerável de simulações que abordam esse conteúdo, escolhemos uma simulação desenvolvida pelo PhET. Esse grupo, da Universidade do Colorado, segue condições rígidas para desenvolvimento de programas educacionais, corroborando com a certeza de escolha pelas simulações desenvolvidas por eles. Segundo PhET (2006), suas simulações incorporam: uma abordagem envolvente e interativa, feedback dinâmico, a abordagem construtivista, um espaço de trabalho para jogar, modelos visuais/acesso a modelos físicos conceituais, restrições produtivas para os alunos. Todas as características citadas servirão de base para a descrição das possibilidades e limitações e uso do programa, finalizando na compreensão do porquê de sua escolha.

Os critérios que as simulações devem atender estão relacionados às atividades contruídas pela equipe de pesquisa, que buscam identificar a presença de conflitos conceituais com o uso mediado das simulações. Essas atividades foram produzidas no formato de entrevistas com um roteiro-guia de utilização do programa, sendo elas gravadas e, na sequência, transcritas e analisadas, como será exposto em capítulo posterior. A análise dos resultados obtidos será feita utilizando o modelo do processo de conflito conceitual desenvolvido por Lee e Kwon em 2001, que procura considerar elementos relacionados ao domínio afetivo (motivação, ansiedade e interesse). Nesse modelo, o processo de conflito cognitivo ocorre quando um aluno:

- (a) reconhece uma situação anômala;
- (b) manifesta interesse ou ansiedade sobre como resolver o conflito cognitivo, e
- (c) se envolve na reavaliação cognitiva da situação.

Com a proposta de processo citada, a utilização de simulações se torna viável, lembrando que as etapas devem ser atingidas pelos estudantes durante a realização do roteiro da atividade. O uso do modelo não fica restrito ao vínculo com a simulação, pois o docente pode desenvolver atividades que não utilizem tecnologia para expor fenômenos físicos e as possíveis divergências que gerariam conflito conceitual. Esse modelo não foi estruturado especificamente para uma simulação, já que é dado ao professor a tarefa de construir uma atividade que proporcione alcançar as etapas descritas no modelo em questão.

Escolher uma simulação e, simplesmente, entregá-la ao aluno e esperar que o novo conhecimento seja atingido de forma espontânea

pode não ser a escolha correta, já que, dependendo do objetivo a ser atingido, a mediação do professor é a melhor escolha para uma identificação mais precisa dos conhecimentos já existentes no aluno e possível geração de conflito. O nosso trabalho apresenta o uso da simulação como uma alternativa à aprendizagem, mas não de maneira aleatória. Para tanto, busca-se mostrar uma proposta de atividade que permita ao professor, com sua mediação e objetivos, usar essa ferramenta digital de forma mais produtiva, focando na geração de conflitos conceituais e possível mudança conceitual. O uso da simulação não é a garantia de promoção de conflitos, principalmente usadas sem um roteiro bem elaborado, deixando claro que a atividade proposta em nosso trabalho construiu-se perante nossos objetivos de conteúdo, porém, com um propósito geral: a geração de conflitos conceituais.

A partir do que foi apresentado, o trabalho se propõe a atingir os seguintes objetivos: primeiro, relacionar a geração de conflitos conceituais com o uso de simulações virtuais computacionais; segundo, identificar critérios que justifiquem a escolha da simulação, usada para possível geração de conflito no tema Leis de Newton; terceiro, propor uma atividade a ser realizada em conjunto, entre simulação/aluno, que utilize as concepções alternativas dos discentes para geração de conflitos cognitivos, usando a informação anômala, exposta na realização da atividade, como desencadeador do conflito; quarto, validar e apresentar a atividade elaborada em um grupo teste; e, quinto, identificar e graduar os conflitos promovidos com o conjunto atividade/simulação em alunos do curso de Engenharia Civil, primeira fase, da Universidade Barriga Verde - UNIBAVE.

Apresentamos nosso trabalho em 6 capítulos. No capítulo 1, apresenta-se um referencial teórico sobre concepções alternativas em âmbito geral e no ensino de física, pontuando autores, trabalhos e períodos que marcaram o desenvolvimento dessa pesquisa. No capítulo 2, expõe-se um referencial teórico sobre dados anômalos e conflito conceitual, dando ênfase à relação entre dados anômalos e conflito conceitual. Além disso, mostra-se também o modelo de processo de conflito cognitivo que será utilizado para análise dos resultados obtidos pelas entrevistas. No capítulo 3, apresenta-se o grupo desenvolvedor da simulação escolhida, destacando autores que corroborem para a qualidade de desenvolvimento, bem como a descrição da mesma com suas possibilidades e imitações de uso, vinculando a escolha feita com os critérios estabelecidos. No capítulo 4, demonstra-se o trabalho de validação da atividade, buscando apresentar aspectos metodológicos da

coleta de dados e os pontos de mudança para versão final usada. Esse capítulo possui uma análise prévia realizada com um grupo de alunos da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, cursando o primeiro semestre da disciplina de Física 1 do curso de Licenciatura em Física. No capítulo 6, faz-se a análise, com a atividade validada, das entrevistas realizadas pelo grupo de trabalho, transcrevendo e identificando os pontos de conflito com comentários críticos associados ao modelo de processo de conflito cognitivo. No capítulo 7, expõem-se as conclusões das análises obtidas, demonstrando a viabilidade do uso de simulações virtuais computacionais para geração de conflitos conceituais.



## Capítulo 1 – Algumas considerações sobre concepções alternativas

Durante muito tempo, os professores consideraram seus alunos como receptáculos vazios à espera do conhecimento escolar ao qual professava. Isso foi caracterizado por Zylbersztajn (1983) como um meio do professor transmitir suas concepções para os alunos, não percebendo que podem estar tentando impor uma estrutura sobre outra já existente. Hoje, sabe-se que os alunos possuem pré-conceitos ou conceitos científicos alternativos em relação aos fenômenos. A maioria deles são conceitos equivocados, mas que devem ser considerados pelos professores como uma determinante muito importante no processo de ensino-aprendizagem (CAMPANÁRIO; OTERO, 2000). De acordo com esses autores, apesar das concepções alternativas serem construções pessoais e próprias de cada sujeito, guardam características que se mostram muito mais nas semelhanças do que nas diferenças, por isso é que encontramos conceitos alternativos iguais em diferentes culturas.

As variáveis mais significativas do ensino das Ciências são as concepções alternativas dos alunos. Conforme Santos (1991), o centro do problema da aprendizagem situa-se em ignorar tais concepções e essa é uma das principais causas da ineficácia da prática educativa.

Na disciplina de Física, não é diferente, visto que a presença de concepções alternativas é frequente, conflitando os conhecimentos prévios com a nova apresentação dos conhecimentos científicos em ciências, segundo Peduzzi (2005). A nossa pesquisa não tem por objetivo mapear essas concepções, já que foram mapeadas anteriormente na literatura, mas dar condição para uma compreensão teórica que permita usá-las a fim de identificar a presença de conflitos cognitivos em alunos que são expostos a dados anômalos, através do uso de uma simulação.

As concepções alternativas mapeadas, a serem utilizadas na nossa pesquisa, estão vinculadas ao conteúdo das Leis de Newton (força e movimento), trabalhado na disciplina de Física I, em nível de graduação, lembrando que o grupo pesquisado faz parte do curso de Engenharia Civil da UNIBAVE.

## 1.1 – Concepções alternativas – Noções gerais

As discussões a respeito da importância das ideias prévias dos estudantes não são novas, já na década de 1970 ocorria uma constante preocupação acerca das concepções trazidas pelos estudantes. Essas pesquisas surgiram como um desdobramento crítico àquelas realizadas por Piaget e colaboradores, origem de uma preocupação específica com o ensino dessas noções, presentes nesses trabalhos e ausentes nos de Piaget. Driver e Easley (1978), um artigo, considerado como um marco desse movimento, criticava a excessiva ênfase ao desenvolvimento de estruturas lógicas subjacentes, o que teria levado Piaget a não dar importância à rica variedade de ideias apresentadas pelas crianças. Isso levava os autores a sugerirem que *"poderia ser útil a realização de uma série de replicações dos estudos que focalizassem mais o conteúdo atual das ideias dos alunos e menos as estruturas lógicas subjacentes"* (DRIVER; EASLEY, 1978, p. 12).

As concepções alternativas podem ter sua origem na experiência do dia a dia e são reforçadas por conhecimentos adquiridos pelos meios de comunicação (rádio, televisão, internet, etc.), que acabam por abordar assuntos de teor científico, sem o devido rigor conceitual, transmitindo esse conhecimento de forma equivocada ou, até mesmo, errada para ouvintes e telespectadores. A presença dessas concepções nos alunos é o que nos permite entender quando eles fazem perguntas aparentemente absurdas, porém para eles são bastante coerentes (CAMPANÁRIO; OTERO, 2000).

Bastos e colaboradores (2004) salientam que as pesquisas realizadas no âmbito das concepções alternativas possibilitaram afirmar que os alunos constroem por si mesmos, por meio de suas vivências, uma variedade de explicações em relação aos fenômenos do cotidiano, que, muitas vezes, podem ser contrárias aos conhecimentos científicos, e, ainda, que a escola possui influência no surgimento dessas concepções. A escola é citada na formação desse conhecimento prévio, pois a mediação do professor, em explicar um novo assunto para o aluno, pode não ser eficaz para todo o grupo, ou seja, o aluno pode, simplesmente, não aceitar o novo conhecimento e permanecer com a ideia trazida de sua vivência anterior, fingir um entendimento ou, ainda, entender de forma equivocada, gerando uma compreensão errônea do conhecimento científico.

Santos (1991) ainda considera que quando as representações dos estudantes manifestam-se de maneiras evitáveis e irrelevantes para um ensino formal e bem estruturado, são designadas “concepções erradas”. Contudo, se são entendidas como construção interna de caráter provisório e necessário, os processos de construção do conhecimento são designados “concepções alternativas” que é o termo utilizado por nós neste trabalho. Entretanto, segundo Teodoro (2000) *apud* Langhi (2004), existem muitos termos para designar as ideias previamente concebidas pelos alunos e que influenciam seu aprendizado na sala de aula. São também denominadas “concepções prévias”, “pré-conceitos”, “conceitos intuitivos”, “ideias ingênuas” e “ideias de senso comum”. As concepções alternativas são dotadas de certa coerência, pois apresentam argumentos válidos os quais dão conta de explicar os modelos dos alunos.

Os estudos realizados sob essa perspectiva revelaram que as ideias alternativas de crianças e adolescentes são pessoais, fortemente influenciadas pelo contexto do problema e bastante estáveis e resistentes à mudança, de modo que é possível encontrá-las mesmo entre estudantes universitários (VIENNOT, 1979). Realizadas em diferentes partes do mundo, as pesquisas mostraram o mesmo padrão de ideias em relação a cada conceito investigado. Essa pesquisa, rotulada como ACM (Alternative Concepts Movement) (GILBERT; SWIFT, 1985), teve uma grande influência nos últimos anos. O grande número de estudos realizados resultou no aumento do conhecimento empírico sobre as concepções dos estudantes.

O mais importante das concepções alternativas são as inferências que se pode fazer sobre o funcionamento mental do sujeito (aluno), o que irá mobilizar certas noções ou esquemas cognitivos durante uma atividade.

## **1.2 – Concepções alternativas no ensino de física**

Conforme Tao (1996), os alunos desenvolvem essas concepções alternativas a partir de suas interações com o mundo natural e com as pessoas de uma idade precoce. Essas concepções foram investigadas em uma ampla gama de domínios da ciência. Entre estes domínios, mecânica, mais especificamente, a força e o movimento, têm recebido muita atenção. Com base em um estudo das concepções alternativas dos

estudantes universitários nessa área, Halloun e Hestenes (1985) desenvolveram uma taxonomia “de conceitos de senso comum sobre o movimento”. Os autores presenciaram concepções prévias em estudantes universitários que estão associados à ideia de ímpetus, conceito baseado nas ideias Aristotélicas. Para Aristóteles, o movimento se inicia a partir de uma força, e também continua porque existe uma força, e para, se ela não existir. Assim, podemos concluir que a força, para Aristóteles, tem o papel de geração e manutenção do movimento.

No século seis, Philoponus desenvolveu textos críticos as ideias de Aristóteles, citando, como uma das mais importantes, a ideia de força cinética (ideia de força gasta durante o movimento de um corpo para manter o fenômeno após o impulso), que mesmo precipitada (hoje desenvolvida e conhecida como energia cinética), era mais plausível que a teoria de Aristóteles, que afirmava necessária uma força de contato sempre presente. O princípio da elaboração da teoria clássica do ímpetus foi desenvolvido em Paris, por Jean Buridan (1300-1360). Buridan desenvolveu dois argumentos contra a concepção do “horror ao vácuo” de Aristóteles. Segundo ele: “... em primeiro lugar, um pião ao girar não muda de posição; com isso, não pode ser movido pelo ar deslocado. Em segundo lugar, um dardo de extremidade achatada não se desloca mais depressa do que outro pontudo em ambas as extremidades. Se o ar fosse a razão do impulso, o primeiro deveria ser mais rápido”. As concepções de Buridan foram usadas e aprimoradas por Nicole d'Oresme (1320-1382), que retoma a teoria sem considerar o Ímpetus eterno, Galileu (1564-1642), finalizando com Isaac Newton (1642-1727), que modificou a teoria do Ímpetus, com a apresentação do “Princípios”, sendo a teoria utilizada até hoje, na mecânica clássica, e conhecida como as Leis de Newton para o movimento.

O trabalho desenvolvido pelos pesquisadores utilizou um grupo total de 478 estudantes do curso inicial de física, realizando testes de múltipla escolha, no final do semestre, para delimitar as crenças dos alunos em Aristotélicas, Teoria do Ímpetus e Newtonianas. Os resultados mostraram uma prevalência da ideia sobre a teoria do Ímpetus, finalizando nos seguintes dados:

- 18% - Aristotélica
- 65% - Teoria do Ímpetus
- 17% - Newtoniana

A pesquisa de Halloun e Hestenes (1985) não permitiu, apenas, um levantamento de proporções, mas também possibilitou, através das

entrevistas, pontuar alguns dos conhecimentos alternativos acerca de movimento e força, mais presentes nos alunos, tais como:

- "A velocidade é igual à força de tração."
- "A velocidade inicial é maior do que a força aplicada".
- "A energia de impulso inicial tem que ser maior do que a força".
- "A força só inicia o movimento", ou
- "A força serve, apenas, para mudar a direção do movimento", ou
- "A força não tem nada a ver com [mudar] a velocidade, ela só tem que manter o corpo em movimento."
- "Essa força não pode ficar para sempre ... Nada permanece para sempre."
- "A força diminui ... devido à força da gravidade que possui direção oposta."

Os resultados dos testes evidenciam a pouca relação que os alunos fazem com as ideias Newtonianas (Leis de Newton), quando força e movimento são associados em uma mesma situação. O artigo ainda traz outras situações comuns, como a afirmação de que a velocidade de subida e queda de um objeto, no vácuo, depende da forma física que ele possui e não da gravidade. Os resultados obtidos foram utilizados para o desenvolvimento da taxonomia, sendo que, para organizar sua análise, fizeram-se uso de duas classificações: princípios do movimento, o que corresponde às leis do movimento de Newton, e as influências sobre o movimento, o que se refere às leis específicas de força na mecânica newtoniana. Cada classificação vinculou as principais ideias de senso comum que aparecem em meio aos estudantes. As informações dessas classificações são baseadas nos resultados obtidos pelas entrevistas realizadas pelos pesquisadores e demonstram a impossibilidade de vincular as concepções alternativas aos ensinamentos de Newton.

Hestenes, Wells e Swackhamer (1992), posteriormente revisando a taxonomia, desenvolveram um instrumento amplamente conhecido e utilizado para sondar as concepções alternativas dos alunos, o FCI (*Force Concept Inventory*). Especificamente, foi estabelecido que as crenças do senso comum sobre o movimento e força são incompatíveis com os conceitos de Newton. Na maioria dos aspectos, segundo Halloun e Hestenes (1985), o ensino de física convencional gera pouca mudança nessas crenças, e de acordo com Steinberg, Brown e Clement (1990),

esse resultado é independente do professor e do método de ensino. Isso ocorre porque os estudantes, evidentemente, persistem em suas concepções alternativas ou não aprenderam os conceitos newtonianos básicos, dificultando, assim, a compreensão da maioria do conteúdo do curso. Portanto, percebe-se que foram forçados a lidar com o assunto por memorização de fragmentos isolados e através da realização de tarefas sem sentido.

A construção do FCI requer uma escolha forçada entre os conceitos newtonianos e alternativas de senso comum, permitindo identificar os pontos de concepção alternativa dentro de um tema trabalhado em sala de aula. A forma como o FCI foi elaborado permite que o teste seja aplicado em todos os níveis de ensino que possuam a disciplina de física introdutória na grade curricular. Isso engloba o nível fundamental, médio e superior.

Estudos também descobriram que tais concepções são comuns, dependendo da idade e cultura de cada indivíduo. A Tabela 1, apresentada em Tao (1996) e baseada em revisões de outros autores, como McDermott (1984) e Gunstone, Watts, Guesne, Tiberghien e Keynes (1985), lista os conceitos prévios para que o FMM (Force and Motion Microworld, conjunto de quatro programas de simulação de computador projetado por Miky Ronen para confrontar concepções alternativas de alunos do ensino médio em mecânica) fosse concebido, juntamente com as concepções científicas correspondentes a fim de que a mudança conceitual seja dirigida. A lista está estruturada apenas com força e movimento e pode ser considerada como um subconjunto da taxonomia. A exposição desse conteúdo se torna importante devido ao tema abordado, força e movimento, sendo estes os assuntos escolhidos como objetos de estudo de nosso trabalho, através das leis de Newton. As informações da tabela nos permitem conhecer as principais concepções alternativas já mapeadas nesse tema físico, fornecendo um comparativo, com a mesma ideia, em uma linha de conhecimento científico.

**Tabela 1 - Concepções alternativas e científicas de força e movimento**

Concepção alternativa	Concepção científica
Um corpo em movimento tem uma força de movimento na mesma.	A força não é algo em um corpo, é um impulso que atua sobre um corpo.
Um corpo desacelera e para, como sua força é gradualmente esgotada.	Um corpo diminui quando a força líquida é num sentido oposto ao da velocidade.
Se um corpo não está em movimento, não há nenhuma força resultante atuando sobre ele.	Se um corpo está em repouso ou se move com uma velocidade constante em linha reta, a força resultante agindo sobre ele é zero.
Se um corpo está em movimento, há uma força resultante atuando sobre ele, no sentido do movimento.	Se um corpo acelera, a força resultante age sobre ele na direção do movimento. Se um corpo desacelera, uma força resultante atua sobre ele em direção oposta ao seu movimento.
Uma força constante atuando sobre um corpo produz uma velocidade constante, uma força crescente produz uma aceleração.	A força resultante constante atuando sobre um corpo produz uma aceleração uniforme.

A Tabela 1 foi construída com as informações recolhidas na literatura para uso no décimo grau de ensino de Hong Kong, equivalente à primeira série do ensino médio brasileiro. As informações contidas permitiram delimitar quais concepções seriam trabalhadas com grupo pesquisado no trabalho de Tao (1996). Apesar de nossa pesquisa ser realizada com alunos da primeira fase do ensino superior do curso de Engenharia Civil, essas concepções alternativas permanecem na disciplina inicial de Física do referido curso de graduação.

As duas primeiras instruções da Tabela I estão preocupadas com a noção de força em um corpo em movimento. McCloskey (1983) chama isso de teoria impulso ingênuo relacionando-a com a teoria medieval impulso de movimento. A terceira e quarta declarações são conhecidas como “força implica em movimento”, por Clement (1990),

movimento associado a uma força na direção do movimento. Estudos têm mostrado que muitos estudantes acreditam que a força sobre uma bola lançada verticalmente para cima é para cima, quando ele está no caminho para cima, e zero, quando está momentaneamente em repouso no topo do voo. A quinta afirmação preocupa-se com os efeitos da força em movimento. Muitos estudantes creem que um objeto se desloca com uma velocidade constante, quando atuado por uma força constante, e uma aceleração, quando a força está a aumentar. Essa concepção causa conflito com a visão newtoniana, mas concorda com as observações do cotidiano de objetos cuja fricção impede o movimento.

Em resumo, fenômenos que envolvem força e movimento são onipresentes na vida cotidiana e em constante impacto sobre os alunos por um longo tempo. As concepções alternativas que os alunos desenvolvem servem bem em fornecer interpretações satisfatórias e previsões dos movimentos do mundo ao seu redor. A instrução tradicional, para os alunos, é especialmente ineficaz na promoção da mudança conceitual e estratégias especiais de ensino têm sido utilizadas para lidar com suas “concepções alternativas”. Tal fato contribui para provocar conflitos conceituais nos alunos e, em seguida, discutir as novas concepções que podem contradizer suas antigas. Isso procura criar um conflito cognitivo que, se reconhecido, pode provocar uma mudança conceitual em estudantes que tentam resolver o conflito.

A importância de citar a presença de um conflito cognitivo vem em direção aos objetivos do projeto de dissertação, no qual utilizaremos simulações virtuais computacionais para tentar promover conflitos nos alunos. A presença de uma concepção prévia não é garantia do aparecimento de conflito cognitivo, sendo que o caminho possui um ponto intermediário importante para o processo, que é a apresentação, ao aluno, de uma informação anômala. É a discordância produzida entre a concepção prévia e a nova informação anômala que acarretará um possível conflito. O entendimento do significado de uma informação anômala e o seu vínculo com o conflito é exposto no capítulo seguinte.

Nossa pesquisa ainda considera uma nova alternativa de resposta, que não pode ser definida como uma forma clara de explicação sobre algum acontecimento natural observado pelo aluno, essa nova possibilidade, que cogitamos encontrar, é a opinião prévia. Os dois termos, opinião prévia e conhecimento alternativo, aparecem não como sinônimos, pois, quando fala-se em opinião, entra-se no campo do "achismo", de justificativas superficiais, onde o estudante não possui uma construção conceitual sobre o tema.



O conhecimento alternativo pode não ser uma ideia fiel à científica, no entanto é um conhecimento credo do aluno, diferente da opinião prévia, aquela em que o aluno somente expõe uma resposta, sem base em seu aprendizado, sem uma construção teórica acerca do tema, apenas como um “achismo” sobre as características de um fenômeno observado.



## Capítulo 2 – Dados anômalos e a geração de conflito conceitual

Segundo Mortimer e Machado (2000), para uma visão individual dos processos cognitivos em mudança conceitual, os conflitos foram tomados como condição prévia para mobilizar os estudantes na criação e desenvolvimento de ideias científicas. Em pesquisas que adotaram esse enfoque, passou-se a considerar o reconhecimento de contradições, pelo sujeito do conhecimento, como momento crucial no processo de mudança conceitual (POSNER et al, 1982; CHI, 1991) e a conceber o conflito como algo referente a um sujeito ou sistema de conhecimento. Um dos mais importantes resultados dessas pesquisas foi o reconhecimento de dois tipos de conflitos, cada qual identificando formas de superação e mobilizando diferentes estratégias de ensino: 1. Conflitos entre as concepções dos estudantes e os resultados experimentais disponíveis; 2. Conflitos entre diferentes estruturas conceituais utilizadas para interpretar um mesmo evento ou conjunto de eventos (STAVY; BERKOVITZ, 1980; HASHWEH, 1986; ROWELL; DAWSON, 1983; DREYFUS *et al.*, 1990; SCOTT; ASOKO; DRIVER, 1992; MORTIMER, 2000).

O embasamento teórico sobre conflito conceitual não é suficiente para compreensão total de nossa pesquisa de dissertação, pois existe mais um tópico fundamental para o acontecimento do conflito, que é o reconhecimento de uma informação anômala. O trabalho tem seu foco em identificar conflitos conceituais, contudo seria impossível o aparecimento desse fenômeno, caso não existisse o seu iniciador, ou seja, o conhecimento anômalo. Os filósofos, sociólogos e psicólogos têm documentado a importância dos dados anômalos em mudança de teoria (COLLINS; PINCH, 1993; DUNBAR, 1995; GIERE, 1988), pois, para estes autores, a mudança conceitual é consequência de um conflito bem gerado e identificado, mas não iremos nos ater a essa discussão.

## 2.1 – Conhecimento anômalo

A informação anômala, que pode ser identificada pelo aluno para promoção de conflito conceitual, tem sido proposta como um importante meio de promoção da mudança conceitual em estudantes de ciências. A utilização de dados anômalos, para promover mudanças de conhecimento, tem raízes nos estudos psicológicos de Jean Piaget. Esses conflitos são produtos de experiências cognitivas ou desequilíbrios, o que pode levar as crianças a modificar suas concepções ou substituir concepções antigas por novas (por exemplo, Piaget, 1985). T.S. Kuhn (1962) observou a importância de anomalias na ciência, argumentando que as anomalias persistentes desempenham um papel fundamental nas revoluções científicas.

Os dados anômalos são um componente chave de muitos métodos de ensino para promover a mudança do conhecimento na ciência. A maioria desses métodos assume, como defende Piaget, que os dados anômalos produzem conflito cognitivo ou dissonância cognitiva de alguma forma. Segundo, Posner *et al.* (1982), que desenvolveram uma teoria influente de mudança conceitual, os alunos não vão assimilar teorias alternativas, a não ser que se tornem insatisfeitos com suas teorias atuais. Conforme a estratégia proposta por Strike e Posner (1982), quando os estudantes encontram dados anômalos, descobrem que suas crenças prévias são insuficientes para explicar os novos dados, o que pode levá-los a considerar ou inventar concepções alternativas que, talvez, expliquem essas informações.

Outros estudos indicaram que a consideração, pelos alunos, de resultados experimentais anômalos ou perturbadores depende, fortemente, da existência de um esquema conceitual alternativo amplo e poderoso, introduzido pelo ensino (ROWELL; DAWSON, 1985, ROWEL, 1989).

Mesmo que a abordagem piagetiana tenha influenciado esses estudos, são poucos os trabalhos (ROWELL, 1989; LABURU, 1993; VILLANI; CARVALHO, 1995) que indicam fases de construção compensatória em que o sujeito, ao tomar consciência do conflito, elabora instrumentos conceituais para superá-lo (Piaget, 1976, 1978a). Chinn e Brewer (1998) tipificam reações possíveis de um estudante frente a dados inesperados, sendo, segundo os autores, sete possibilidades: (a) ignorar os dados, (b) rejeitar os dados, (c) incerteza, (d) excluir os dados, (e) manter os dados em espera, aguardando

complemento do docente, (f) reinterpretar os dados, (g) aceitar os dados e fazer alterações teóricas periféricas, ou (h) aceitar os dados e mudar teorias originais.

Conforme Chinn e Brewer (1998), a incerteza sobre a crença é um importante tipo de resposta aos dados anômalos. O ceticismo possibilita ao indivíduo evitar alterações das teorias prematuramente. A mente aberta permite que o indivíduo evite descartar dados prematuramente e encoraja os esforços para replicar e estender resultados surpreendentes.

As reações indicadas por Chinn e Brewer (1998) são possíveis respostas que os alunos podem fornecer para o encontro com situações que inserem dados anômalos à sua rotina de aprendizado (Tabela 2), mas deve-se destacar que nem todas as respostas citadas podem ou devem promover o aparecimento de conflito conceitual.

**Tabela 2 - Taxonomia de sete respostas possíveis dos dados anômalos**

Resposta	O indivíduo aceita a informação como válida?	O indivíduo oferece uma explicação para a informação?	O indivíduo muda a teoria atual?
Ignorando	Não	Não	Não
Rejeitando	Não	Sim	Não
Incerteza	Indeciso	Não	Não
Excluindo	Sim ou Não	Não	Não
Esperando	Sim	Indeciso	Não
Reinterpretando	Sim	Sim	Não
Mudança de teoria periférica	Sim	Sim	Sim, parcialmente
Mudança de teoria original	Sim	Sim	Sim, completamente

Por exemplo, o aluno recebe uma nova informação mediada por um professor, mas ignora ou, simplesmente, exclui esse novo conhecimento, como poderia o professor identificar a geração de conflito conceitual discente? Isso é impossível, ficando explícito que o

conflito não depende, somente, da apresentação de um novo conhecimento para o aluno, mas sim de outras ferramentas de apresentação e mediação, pelo professor, em trazer o interesse do aluno para o novo saber. As informações da tabela anterior irão permitir uma ligação entre a informação anômala, o conflito conceitual e a dependência dessa associação para que ocorra um conflito suficientemente intenso que possa finalizar em uma mudança conceitual. A mudança de teoria não é o foco de nosso trabalho, deve-se entender que se isso acontecer, é devido ao fenômeno de aceitação do dado anômalo e o possível aparecimento de conflito cognitivo. Uma última resposta considerada pela nossa pesquisa foi considerar a confiança do aluno em utilizar uma simulação a fim de observar e manipular um fenômeno físico. Essa questão da confiabilidade foi tema de trabalho de Linn (2007), que, em seu artigo, *Responses to anomalous data obtained from repeatable experiments in the laboratory*, procura pontuar a influência da confiabilidade como quesito de alteração da reação do aluno, quando confrontado com informações anômalas.

## **2.2 – Conflito conceitual**

Desde a década de 1980, usar conflito cognitivo, como estratégia de aprendizagem, tem sido popular no ensino de ciências. Um número considerável de pesquisadores argumentou que o conflito cognitivo tem um papel importante na mudança conceitual (DRUYAN, 1997; HASHWEH, 1986; HEWSON; HEWSON, 1984; KWON, 1989, 1997; NIAZ, 1995; LEE, 1998; POSNER *et al.*, 1982; STAVY; BERKOWITZ, 1980; THORLEY; TREAGUST, 1987; MORTIMER; MACHADO, 2000; LABURU, 1993). No entanto, ainda há dúvidas sobre o efeito do conflito cognitivo. Por exemplo, existem muitos tipos diferentes de conflito: conflitos visuais, conflitos cinestésicos, o conflito social entre pares, entre crianças e adultos (DRUYAN, 1997, 2001), os conflitos individuais e conflitos entre pares (CHAN; BURTIS; BEREITER, 1997). No entanto, não se avaliou se os alunos realmente experimentariam conflito cognitivo em suas pesquisas. Os pesquisadores apenas supuseram que os alunos poderiam experimentar conflito cognitivo, pois haviam projetado diferentes tipos de situações que poderiam parecer informações contraditórias aos estudantes. Outros pesquisadores (DEKKERS; THIJIS, 1998; DREYFUS; JUNGWIRTH;

ELIOVITCH, 1990; ELIZABETH; GALLOWAY, 1996; GUZZETTI; GLASS, 1993; STRIKE; POSNER, 1992) argumentaram que as estratégias de conflito cognitivo não, consistentemente, levariam a uma mudança conceitual. Eles apontaram que, apesar de as ideias dos alunos serem confrontadas com informações contraditórias através da instrução, os alunos, muitas vezes, não reconhecem o conflito e que, por vezes, as informações contraditórias podem ser uma ameaça para os alunos que não têm conhecimento suficiente para a resolução do conflito.

A exposição do estudante às ideias contraditórias pode acontecer de mais de uma maneira, como, por exemplo, quando a informação é apenas colocada diante deles, sem a mediação de um professor, esperando que a situação de conflito apareça de forma automática. Por outro lado, existe a possibilidade de colocar o aluno em contato com a informação anômala por meio da mediação do professor, como cita Mortimer (2000), ou, ainda, com o auxílio de ferramentas didáticas, como vídeos, animações, simulações, experimentos práticos, entre outros.

O trabalho de Mortimer e Machado (2000) insere-se nessa tendência discursiva e, diferentemente da maioria dos trabalhos que trataram do conflito cognitivo na educação em ciências, apresenta evidências de que as perturbações são construídas no plano social da sala de aula, com ajuda e suporte do professor, e não simplesmente reconhecidas pelo sistema cognitivo de indivíduos considerados isoladamente. Esses autores reinterpretem a teoria piagetiana mediante etapas de construção compensatória, de modo a constatar como essa construção ocorre primeiramente no plano social da sala de aula e procuram examinar quais são as estratégias discursivas que o professor utiliza para levá-las a termo. Os autores concluem que “o processo de tomada de consciência e superação do conflito parece depender não apenas da escolha adequada de estratégias de ensino, mas sim da interação discursiva estabelecida em sala de aula” (MORTIMER E MACHADO, 2000, p. 430).

A pesquisa de dissertação elaborou a proposta de o professor estar presente como um mediador, fica explícito, com a conclusão de Mortimer e Machado (2000), que a presença do professor e elaboração de ações, em sala de aula, que permitam o aluno tomar consciência dos conflitos presentes, entre as ideias trazidas de sua vida cotidiana e o conhecimento científico que está sendo exposto, é fundamental para o processo de identificação dessa anomalia. Usa-se o pressuposto de que a aceitação de um novo conhecimento deve ser precedida de um momento

de conflito, todavia a forma de expor esse conhecimento deve ser mediada por um docente capaz de usar uma linguagem que estimule o aluno a ter interesse e convencimento em aceitar a nova forma de justificar um fenômeno físico. Não estamos afirmando que a única maneira de criar uma situação de conflito conceitual satisfatória seja com a presença do professor, mas que conduzir o aluno a uma situação de aceitação das novas informações e possível geração de conflito seja favorecida com a presença docente.

A tabela elaborada pelos autores Chinn e Brewer (Tabela 2) exemplifica as possíveis reações dos alunos ao contato com as informações anômalas. Sendo o objetivo deste trabalho identificar a presença de conflitos conceituais, fica explícito que algumas reações discentes podem não levar ao aparecimento de conflitos. As três primeiras possibilidades de reação são as mais críticas quanto ao aparecimento do conflito, visto que se o aluno não aceita a nova informação e a ignora, rejeita ou exclui, como pode, o docente, pontuar o surgimento de conflito conceitual? A segunda coluna relata a intenção do aluno de fornecer uma explicação ou não para a nova informação, mas o fato de não acontecer uma mudança de teoria, como colocado na última coluna, indica que o conflito não foi gerado de forma significativa.

O processo de aprendizado através da geração de conflitos conceituais deve receber uma atenção especial, pois o desenvolvimento do conhecimento necessita dos conflitos para formação profissional/acadêmica do aluno, sugerindo, ainda, que essa geração seja utilizada desde o ensino básico. Primeiro, conforme Johnson e Johnson (1979) mencionaram, no processo de aprendizagem, a existência de conflitos é inevitável, ele aparece com discussões entre alunos, alunos e professores e entre os conhecimentos trazidos pelos docentes e os novos conhecimentos que estão sendo aprendidos. Porém, um conflito mal produzido e mal mediado pelo professor pode ser uma ferramenta que destrói o aprendizado, ao invés de construir. Há aqueles autores que afirmam que a produção de um conflito conceitual deve levar em consideração que a linguagem que o aluno possui para interpretar a ciência é diferente da linguagem desenvolvida pela comunidade científica para expor uma ideia (HYND, 1998; PINTRICH; MARX; BOYLE, 1993; STRIKE; POSNER, 1992; TYSON *et al.*, 1997). Conhecendo essa diferença, o docente tem a possibilidade de mediar à transmissão de um conhecimento, alterando a forma de linguagem e



possibilitando ao aluno criar seus conflitos conceituais e promover suas mudanças no conhecimento que possuía.

A presença ou o estímulo de um conflito conceitual pode possuir barreiras quanto à sua existência e desenvolvimento para um novo conhecimento por parte do educando, pois, segundo Chinn e Brewer (1998), o estudante pode, como uma forma de facilitar sua “compreensão”, acreditar que aquele novo conhecimento, que foi transmitido para ele por um docente, seja apenas um caso de exceção, isto é, o aluno passa a aceitar que aquela situação de conflito é exclusiva para aquele conhecimento repassado, não o estimulando a aceitar e compreender essa nova ideia sobre um fenômeno já conhecido por ele.

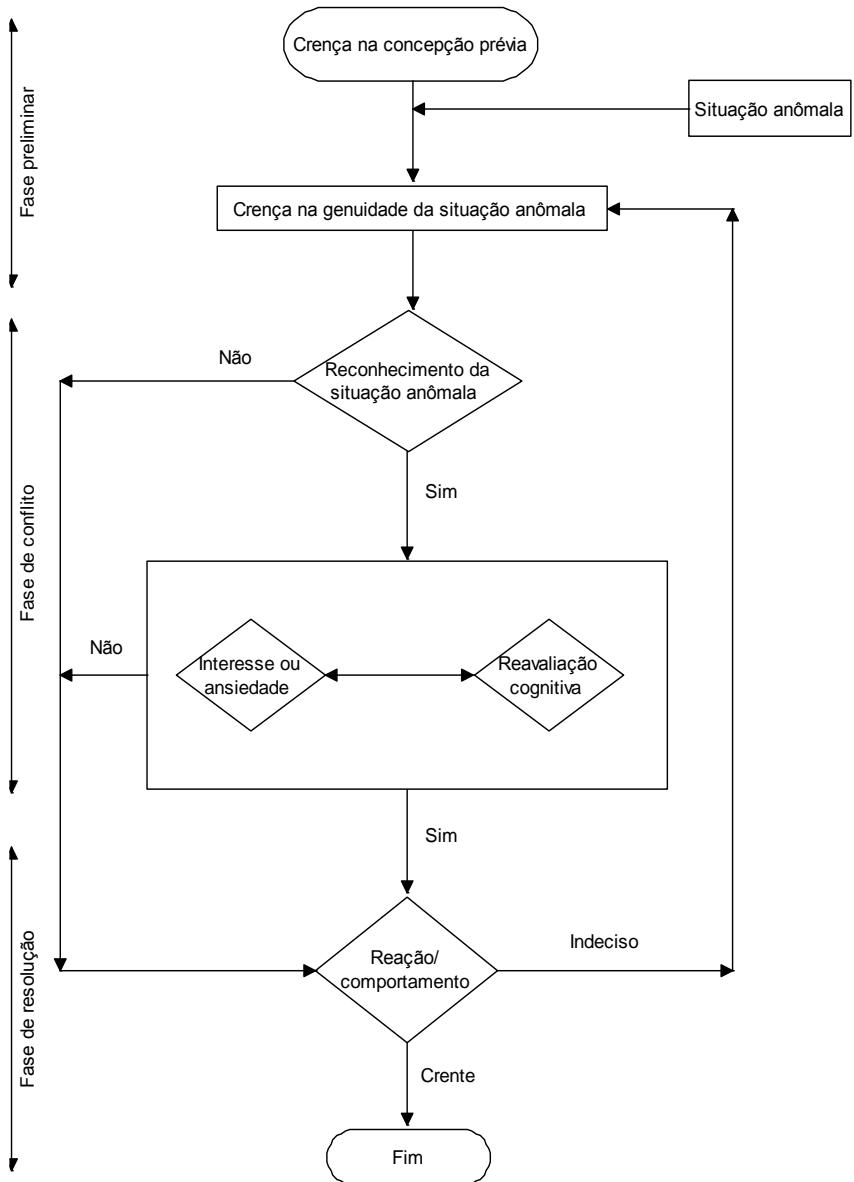
Keller (1987) argumentou que a atenção, um dos elementos de motivação, é despertada quando os estudantes experimentam conflito cognitivo. As manifestações desconcertantes são semelhantes aos dados anômalos que levam os alunos a experimentar conflito cognitivo. Biggs (1990) disse que, se o interesse dos alunos pode ser despertado, é provável que o aprendizado seja profundo.

Entender o significado de dados anômalos e de conflito conceitual não são suficientes para compreender o aparecimento e consequências dentro de um ambiente real. Os autores Lee e Kwon (2001), oferecem uma opção de modelo do processo de conflito conceitual, sendo a escolha para a nossa pesquisa, pois permite a tentativa de introduzir elementos que se referem às questões afetivas (como a tentativa de identificar a presença de interesse e ansiedade).

### **2.3 – Modelo do processo de conflito conceitual**

O modelo de processo do conflito cognitivo foi desenvolvido para identificar, permitindo a medida do conflito que ocorre quando um aluno é confrontado com uma situação anômala, incompatível com o seu conhecimento prévio em ciência (LEE; KWON, 2001). Conforme esse modelo, o conflito cognitivo apresenta três fases: preliminar, conflito e resolução (Figura 1). A fase preliminar representa um processo em que um aluno, que tem crença em uma concepção preexistente, aceita uma situação anômala, por exemplo, os resultados experimentais obtidos por um professor, como genuína. Se os alunos não têm uma forte confiança em um preconceito bem formulado ou se considerou a situação anômala como um engano, eles não experimentam conflito cognitivo. Assim, a fase preliminar é a fase anterior ao conflito cognitivo. Nesse modelo, o

processo de conflito cognitivo ocorre quando um aluno (a) reconhece uma situação anômala, (b) manifesta interesse ou ansiedade sobre como resolver o conflito cognitivo, e (c) se envolve na reavaliação cognitiva da situação. Assim, por exemplo, quando os alunos reconhecem que a situação é incoerente com as suas concepções, eles devem estar interessados ou preocupados com essa situação.



**Figura 1 - Modelo do processo de conflito conceitual**  
**Fonte: Lee e Kwon (2001)**

Segundo Lee e Kwon (2001), o modelo de processo conflito cognitivo supõe que quatro componentes do conflito compreendem as suas construções psicológicas: o reconhecimento de uma situação anômala, o interesse, ansiedade e reavaliação cognitiva. Por exemplo, se um aluno não reconhece a anomalia ou ignora-a, ou se ele fica desconfortável em um estado de conflito, o conflito cognitivo, nessa situação, pode ser insignificante. Se um aluno se sente frustrado, em vez de tornar-se interessado, seu conflito cognitivo pode ser destrutivo. O conflito cognitivo construtivo pode ser despertado quando um aluno reconhece claramente uma anomalia, experimentando forte interesse e/ou ansiedade apropriado e reavalia a situação de conflito cognitivo profundamente. No entanto, se um aluno não reconhece a anomalia ou experimenta um sentimento negativo (como frustração) em vez de interesse, ou se ele não gostaria de estar em um estado de conflito, o conflito cognitivo, nessa situação, pode ser uma experiência insignificante ou mesmo destrutiva. Na fase de resolução, um aluno vai tentar resolver o conflito cognitivo de qualquer maneira possível. O resultado da resolução será expresso como um comportamento de resposta externa. Comportamentos de resposta incluem os comportamentos sugeridos por Chinn e Brewer (1998): ignorando, de rejeição, de incerteza, de exclusão, suspenso, reinterpretação, mudança teoria periférica e mudança de teoria original.

Limón (2001) identificou que aplicações de sucesso da estratégia de conflito cognitivo estão intimamente relacionadas à complexidade das variáveis intervenientes no contexto da aprendizagem escolar e introduziu variáveis que poderiam contribuir para induzir um conflito cognitivo significativo (Tabela 3).

**Tabela 3 - Variáveis que podem contribuir para induzir conflito cognitivo significativo**

As variáveis relacionadas ao aluno	<p>O conhecimento prévio</p> <p>Motivação e interesses</p> <p>Crenças epistemológicas (sobre ensino e aprendizagem e sobre o assunto a ser aprendido)</p> <p>Valores e atitudes em relação à aprendizagem</p> <p>Estratégias de aprendizagem e envolvimento cognitivo nas tarefas de aprendizagem</p> <p>Capacidades de raciocínio</p>
As variáveis relacionadas com o contexto social em que a aprendizagem ocorre	<p>Papel dos pares</p> <p>Relações professor-aluno</p>
As variáveis relacionadas com o professor	<p>Conhecimento do assunto específico</p> <p>Motivação e interesses</p> <p>Crenças epistemológicas sobre ensino e aprendizagem e sobre o assunto ensinado</p> <p>Valores e atitudes em relação à aprendizagem e ensino</p> <p>As estratégias de ensino</p> <p>Nível de treinamento para ser um professor</p>

O modelo de processo do conflito cognitivo permite dar referencial à discussão que será mostrada com a análise das entrevistas realizadas em nosso trabalho. Os alunos que utilizarem a simulação escolhida podem apresentar situações de conflito cognitivo inseridas dentro do modelo proposto pelos autores, ou seja, permitirá associar os conflitos dos estudantes com o modelo construído. Como este propõe um roteiro de identificação do conflito cognitivo, poderemos seguir os encaminhamentos para tentar promover, mais efetivamente, as situações de divergências esperadas.

Um ponto positivo, na utilização desse modelo, é a consideração de questões afetivas durante o processo de reconhecimento do conflito, como ansiedade e motivação. O trabalho de Chinn e Brewer (1998) também fornece um embasamento muito importante para nosso

trabalho, fornecendo algumas possíveis respostas dos alunos ao contato com informações anômalas, pois o conflito cognitivo depende de como o aluno vai reagir a essas novas informações discordantes de suas concepções alternativas. O trabalho de Limón (2001) pode ser usado em conjunto, com os trabalhos citados, já que pontua características, de professores e alunos, que podem influenciar o processo de promoção de conflito.

O objetivo de promoção e reconhecimento dos conflitos é baseado nas informações expostas pelos três trabalhos, uma vez que, primeiramente, vamos fornecer uma informação anômala, através da realização de nossa atividade e uso da simulação, e, seguidamente, observar a reação dos alunos e identificar ou não a geração de conflito. Essa identificação ainda permite refletir sobre as condições que levaram o aluno a sofrer ou não a presença de um conflito conceitual.

## Capítulo 3 – Simulação e PHET

A tecnologia está se tornando cada vez mais importante na sala de aula atualmente e foi integrada em uma variedade de maneiras, e as animações de computador e simulações interativas estão entre as mais comuns. Esta popularidade é, em parte, devido ao fato de que as simulações são muito fáceis de introduzir em um currículo, sendo, na Física Básica, um instrumento muito utilizado na pesquisa e desenvolvimento de atividades educacionais. As simulações do PhET foram desenvolvidas em larga escala por um grupo de educadores trabalhando em conjunto (CHRISTIAN; BELLONI, 2001). O uso de simulações bem construídas e testadas pode ser uma forte ferramenta de auxílio na aprendizagem (FINKELSTEIN *et al.*, 2006; FINKELSTEIN *et al.*, 2005; FINKELSTEIN *et al.*, 2005).

Esse capítulo procura esclarecer o significado educacional de uma simulação e sua importância de uso, esclarecendo o seu papel em nosso trabalho. Como nosso objetivo é utilizar simulações virtuais computacionais para promover o aparecimento de conflitos conceituais, foi necessário utilizar programas desenvolvidos por um grupo de renome e qualidade reconhecida. O grupo escolhido foi o Phet, por permitir a obtenção de informações de construção da simulação e artigos de discussão de seus trabalhos.

### 3.1 – Tecnologia e ensino

As tecnologias de informação e comunicação (TIC) têm afetado todos os aspectos da nossa sociedade e cultura (SPROULL; KIESLER, 1991), o sistema educacional, em grande parte, manteve-se inalterado (ABRAMI, 2001; ALBION, 2003; MANN, 2000). As TIC não tem sido amplamente integradas na educação. Nos casos em que foi agregada, houve evidência de que isso pode afetar o ensino ou melhorar os modos de aprendizagem desejados (ALEXANDER, 1999). Além disso, os professores aceitam apenas superficialmente a tecnologia em seu trabalho, mesmo quando ela está disponível para seus alunos (CUBAN, et al, 2001;. LEACH; MOON, 2000). Normalmente, os professores

usam métodos lineares, autoritários, centrados no professor, que desconsideram os computadores e resistem aos esforços para mover o paradigma dominante, longe de ensino centrado no professor para uma sala de aula mais centrada no aluno (CUBAN, 2001; SEMPLE, 2000).

Dentro desse contexto, estudos têm demonstrado que as crenças e atitudes dos professores influenciam o uso de atividades experimentais e computadores no meio acadêmico (ERTMER; HRUSKOCY, 1999; MARCINKIEWICZ, 1994; TEARLE, 2004; HEIDEMANN, 2011). Veen (1993), por exemplo, descobriu que os professores são mais propensos a adotar a nova tecnologia, se eles puderem usá-las de acordo com suas crenças e práticas existentes. Além disso, a pesquisa sugere que os professores com crenças pedagógicas centradas no aluno são bem sucedidos em integrar a tecnologia, exceto nos casos em que a ansiedade sobre computadores os impede de se apropriar dela. Em contraste, os professores, com crenças tradicionais, são susceptíveis a enfrentar muito mais mudanças em suas práticas, a fim de integrá-las à tecnologia (HONEY; MOELLER, 1990; JUDSON, 2006; TOTTER *et al.*, 2006).

De acordo com Cornu (1995), duas razões explicam a deficiente utilização de computadores por professores nas escolas: generalização e integração. Generalização tem aqui o significado de familiarização e assimilação dessas tecnologias por todos os professores. Segundo ele, empreendem-se muitos esforços para desenvolver ferramentas educativas e são realizados muitos trabalhos que recorrem aos computadores no ensino. Contudo, só uma pequena minoria de docentes utiliza computadores quer no contexto da sala de aula quer como complemento de ensino fora das aulas. Por outro lado, Cornu é da opinião de que, no ensino, as novas tecnologias estão, ainda, a ser integradas nas velhas disciplinas.

A presença da tecnologia no ensino está vinculada ao desenvolvimento de programas que servem como ferramentas complementares de aprendizagem, como as simulações computacionais. As seções seguintes buscam apresentar a simulação e sua presença no ensino, permitindo, posteriormente, descrever a simulação escolhida para desenvolvimento do trabalho.



### 3.2 – Simulação – Noções gerais

Os estudos teóricos sobre o desenvolvimento de simulações e jogos, para usos educacionais, vêm da década de 70, épocas em que Shirts (1975) e Greenblat, (1975), são tidos como exemplos de pesquisadores, pois iniciaram a discussão sobre a utilidade e praticidade do uso de fenômenos simulados para auxílio no processo de ensino. A primeira evidência documentada para o uso explícito de simulações e jogos no mercado de ensino vem da área sociopolítica (CECCHINI, 1988, p.216). Essa forma de simulação usou a participação ativa e estratégia como um dispositivo para o desenvolvimento de habilidades de comunicação na arena política. Utilizou-se a simulação para explorar as opções disponíveis, bem como para examinar novas opções, antes de serem testadas na arena política.

Construir definições comuns sobre a natureza de um jogo ou simulação é um dos desafios iniciais em discutir o seu papel na educação. Nas discussões sobre a sua natureza e finalidade, a terminologia dentro da disciplina é, muitas vezes, usada como sinônimo, dependendo do contexto. Os termos jogos educativos e simulações parecem ser usados para descrever uma grande variedade de software que estão disponíveis no mercado. Um exemplo é a forma como é comum para um jogo ser associado a entretenimento, enquanto que uma simulação é considerada uma abordagem mais séria. Essa distinção tende a ser mais arbitrária do que definitiva e sem uma ontologia detalhada, torna-se difícil construir qualquer tipo de estrutura para avaliação. Essa confusão levou a um número de tentativas, na indústria de jogos, para desenvolver uma ontologia comum na esperança de desenvolver uma opinião aceita e compreendida sobre design e desenvolvimento (LINDLEY, 2003; ROLLINGS; ADAMS, 2003). A comunidade acadêmica envolvida na pesquisa ativa de simulação e jogos encontrou o mesmo problema (FEINSTEIN; CANNON, 2003; SAUVÉ; RENAUD; KAUFMAN, 2005). Embora existam muitas perspectivas, um elemento comum, para simulações e jogos baseados em computador, são regras. Regras e suas exceções são o que define e delimita todos os aspectos de interação com simulações e jogos.

Uma simulação pura representa um conjunto de regras que definem um modelo específico que reflete a realidade, sendo que o papel da experimentação por simulação certamente não é o de substituir a experimentação fenomenológica proposta originalmente. Numa

concepção idealista, a experimentação por simulação deve permitir ao sujeito cultivar seu imaginário em consonância com um conjunto de signos socialmente legitimados, transitando entre a crueza da realidade objetiva e as sombras da compreensão subjetivada (GIORDAN, 2003). A título de exemplo, seriam as leis da física que definem como os objetos se movem e interagem uns com os outros. Um jogo puro é um conjunto de regras que definem as condições que um jogador deve concordar em seguir, a fim de criar um estado desejado (GREENBLAT, 1975, p. 14).

As simulações podem permitir que um aluno modifique tanto o seu próprio comportamento como os parâmetros do modelo, com o intuito de observar como o sistema simulado muda. A maioria das simulações são projetadas com uma arquitetura flexível, permitindo que suas variáveis sejam alteradas. Ao modificar diretamente um modelo, com o comportamento destes, os alunos podem experimentar um número de diferentes cenários. Eles podem provar a forma como o seu próprio comportamento pode mudar, dadas as variáveis modificadas. A natureza centrada do aluno, para com a simulação, faz com que os resultados sejam completamente dependentes das ações do usuário (ALDRICH, 2005, p. 136).

O objetivo é permitir que esse nível de interatividade forneça uma compreensão mais profunda do modelo para o estudante. Isso é visto para proporcionar uma vantagem adicional à solução de problemas relacionados a esse modelo (JONES, 1988, p.13). Outro aspecto está em como modelos humanos de comportamento podem ser afetados pela manipulação de diferentes variáveis ambientais.

Em simulações de laboratório virtual, alunos parecem ser assistidos no desenvolvimento de habilidades de pensamento abstrato (RAMASUNDARAM *et al.*, 2004, p. 30). Isso incluiu a compreensão dos processos complexos que eles seriam incapazes de observar na vida real. Por ser capaz de ver um sistema inteiro e brincar com as variáveis, os alunos chegam a uma compreensão mais abrangente de como os elementos do sistema trabalham em conjunto (RAMASUNDARAM *et al.*, 2004, p. 31 HANSMANN , 2005, p. 370).

Embora o uso de simulações em educação tenha sido bem estabelecido, ainda há uma quantidade considerável de trabalho que deve ocorrer para ajudar professores a entender se os modelos de simulação, que lhes estão subjacentes, são válidos (RAMASUNDARAM *et al.*, 2004, p . 32). Eventualmente, o ciclo de vida de uma simulação terá de ser encurtado, pois há que se ter a

flexibilidade, a qual permitirá que o professor modifique-a para atender a uma série de contextos educativos (DEKANTER, 2005, p. 31).

Todos os pontos discutidos permitem que possamos entrar na área do ensino de física, pois o uso de simulações está crescendo e exigindo dos professores uma maior habilidade de manuseio da tecnologia. A presença de modelos, que expressam um recorte de um fenômeno real, é uso frequente no ensino de várias áreas de conhecimento, permitindo a inserção de simulações virtuais computacionais como uma grande ferramenta de apoio didático.

### 3.3 – Simulação no Ensino de Física

Um problema frequentemente encontrado no ensino de física diz respeito ao fato de que os conceitos científicos são normalmente abordados sem que sejam realizadas experimentações práticas, sem que sejam propostos problemas concretos para serem resolvidos (EDMUNDS, 2008). Para Fiolhais e Trindade (2003), uma característica da Física que a torna particularmente difícil para os alunos é o fato de lidar com conceitos abstratos e, em larga escala, contraintuitivos. A capacidade de abstração dos estudantes, em especial os mais novos, é reduzida. O emprego de simulações computacionais pode minimizar tal problema, na medida em que estas possibilitam aos estudantes reproduzir certos fenômenos, testar hipóteses, controlar variáveis e observar situações-problema que, muitas vezes, seriam difíceis ou muito caras de replicar no mundo real (Magee, 2006). Outros fatores que contribuem para a utilização das simulações nos processos de ensino-aprendizagem são sua adequação para trabalhar o questionamento científico (WHITE; FREDERIKSEN, 2000) e para desenvolver habilidades de resolução de problemas (WOODWARD *et al.*, 1988).

O trabalho desenvolvido por Carlos Fiolhais e Jorge Trindade (2003) é um estudo sobre as possibilidades de uso do computador e simulações no ensino de ciências, mais especificamente no ensino de Física. O estudo limita a utilização dessas ferramentas em 5 possibilidades, a saber: **Aquisição de dados por computador, Modelização e simulação, Multimídia, Realidade virtual e Internet**, sendo que, em nosso trabalho, podemos utilizar, com destaque, duas dessas possibilidades, que trabalharão em conjunto em nossas

atividades, que são: a Modelização e simulação e Multimídia. Sendo assim, é importante apresentar cada uma delas na visão dos autores.

Segundo Fiolhais e Trindade (2003), a modelização/simulação é talvez o ambiente mais popular de aprendizagem da Física, usando o computador, no qual, o termo modelização costuma ser utilizado quando a ênfase é dada à programação do modelo, ao passo que a simulação se refere à situação em que o modelo é inacessível. Ao usar simulações computacionais baseadas num modelo da realidade física, as ações básicas do aluno consistem em alterar valores de variáveis ou parâmetros de entrada e observar as alterações nos resultados. Os autores ainda citam Boyce (1997) que define multimídia como um programa que pode incluir uma variedade de elementos, como textos, sons, imagens (paradas ou animadas), simulações e vídeos.

Kim *et al.* (2001) propõem um simulador para trabalhar diferentes conceitos da física como propagação de ondas, velocidade relativa, ótica, dentre outros, empregando um ambiente de realidade virtual. Os resultados de pesquisas com o ambiente proposto demonstraram que os estudantes que empregaram o sistema tiveram melhor desempenho, mostraram mais satisfação e tiveram a percepção de que entenderam melhor os conteúdos trabalhados. Ainda relacionado aos simuladores desenvolvidos em ambientes de realidade virtual, Shin (2002) apresenta um estudo sobre um simulador para apoio ao ensino de Geociências (geofísica, meteorologia, geologia, astronomia). O autor mostra que o emprego da realidade virtual possibilitou o desenvolvimento de atividades práticas e substituição de laboratórios de alto custo.

O nosso trabalho estuda o aparecimento de conflitos conceituais com a utilização de simulações computacionais sobre o tema Leis de Newton. Os pontos força, movimento e repouso aparecem frequentemente e o estudo prático depende da presença de um laboratório bem equipado, que permita aos alunos manipularem e observarem fenômenos os quais justifiquem o que foi estudado em sala de aula. A presença desses laboratórios não é frequente, mesmo em universidades, existindo a necessidade de utilização de ferramentas de auxílio, a simulação. Embora nosso objetivo seja a identificação do aparecimento de conflitos conceituais com o uso das simulações, tivemos que utilizar um banco de dados de confiança, no qual as informações de pesquisa e desenvolvimento fossem obtidas com detalhes, sendo assim, a escolha foi o PhET – Universidade do Colorado. O grupo permitiu que simulações de alta qualidade,

construídas por desenvolvedores envolvidos com educação, fossem escolhidas com segurança.

### **3.4 – PhET – Conhecendo o grupo e pesquisa**

O projeto de Educação Tecnológica de Física da Universidade do Colorado tem desenvolvido um conjunto de simulações de física que tiram proveito das oportunidades da informática ao abordar algumas das limitações destas ferramentas . O conjunto inclui mais de 90 simulações baseadas em pesquisas que abrangem o currículo de física introdutória, exemplos de tópicos de física avançada e química. Todas as simulações são gratuitas, e podem ser executadas a partir da internet ou baixadas para uso off -line. As simulações são projetadas para serem altamente interativas, envolventes e com ambientes de aprendizagem aberta, que fornecem feedback animado para o usuário. As simulações são fisicamente precisas e fornecem representações altamente visuais e dinâmicas dos princípios da física. Simultaneamente, buscam construir pontes entre a compreensão cotidiana dos alunos e os princípios físicos subjacentes, utilizando modelos.

Segundo Phet (2006), o alvo primário para estas simulações foi, originalmente, estudantes universitários com uma ampla gama de origens e interesses em ciência, e essa é a população que tem sido estudada na pesquisa. No entanto, essas simulações parecem ser úteis para um vasto número de estudantes e são agora amplamente utilizadas em muitas escolas (PHET, 2006).

O grupo de pesquisa e desenvolvimento do Phet, em seu site, pontua alguns objetivos a serem alcançados com a confecção de suas simulações, tais como:

- **Uso de analogia para construção de compreensão;**
- **Simulações como ferramentas para a mudança das normas da sala de aula;**
- **Especificidades das simulações que promovem a aprendizagem e a exploração envolvente;**
- **Integração de simulações ao tema ensinado.**

De acordo com Phet (2006), a abordagem é baseada em pesquisas que incorporam resultados obtidos anteriormente sobre a compreensão do aluno (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2002), projeto de simulação (CLARK; MAYER, 2003), e seus próprios testes, para criar simulações que suportam o envolvimento dos alunos com a compreensão de conceitos de física. A equipe de desenvolvimento típico é composta por um programador, um especialista em conteúdo e um especialista em educação. O ciclo de design iterativo começa por delinear as metas de aprendizagem associadas à simulação e construção de um “storyboard”, em torno desses objetivos. A concepção subjacente baseia-se na ideia de que os alunos irão descobrir os princípios, conceitos e relações associadas à simulação, através da exploração da mesma. Para que essa abordagem seja eficaz, escolhas cuidadosas devem ser feitas a respeito de quais variáveis e comportamentos são aparentes e controláveis pelo usuário, e quais não são. Depois da criação de uma versão preliminar da simulação, ela é testada e apresentada à equipe PhET para discussão. Preocupações particulares, bugs e recursos de design são abordados, bem como elementos que precisam ser identificados por usuários (por exemplo, os alunos vão perceber esse recurso ou não? Usuários vão perceber as relações entre os diversos componentes da simulação?). Depois de completar a codificação, cada simulação é testada com várias entrevistas de alunos e relatórios devolvidos para a equipe de design. Assim que a versão final da simulação, para apoiar os objetivos de aprendizagem específicos, é estabelecida – como avaliado por meio de entrevistas dos alunos – as simulações são testadas pelo usuário. Com base nos resultados das entrevistas, testes com usuários e implementação de classe, a simulação é refinada e re-avaliada. O conhecimento obtido a partir dessas avaliações é incorporado às diretrizes, para o projeto geral, e informa o desenvolvimento de novas simulações (ADAMS *et al.*, Sd). Em última análise, essas simulações são postadas para uso gratuito na internet. Segundo PhET (2006), suas simulações incorporam:

- Uma Abordagem envolvente e interativa. As simulações incentivam o envolvimento dos alunos. Segundo BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2002; HAKE, 1998; MAZUR, 1997, ambientes que envolvem os alunos de forma interativa são favoráveis à aprendizagem dos mesmos.

- Feedback dinâmico. Estas simulações enfatizam as relações causais, vinculando ideias temporais e gráficas. O feedback direto de interação do aluno, com um controle de simulação, fornece uma ligação temporal e visual entre conceitos relacionados. Tal abordagem, quando focada apropriadamente, facilita a compreensão dos alunos sobre os conceitos e as relações entre eles (CLARK; MAYER, 2003). Por exemplo, quando um estudante imagina o movimento de um elétron para cima e para baixo de uma antena, um campo elétrico oscilante se propaga a partir do objeto, sugerindo a relação causal entre a aceleração de elétrons e de geração de ondas de rádio.
- A abordagem construtivista. Os alunos aprendem por uma série de explorações com restrições (modelos) e de suporte (von GLASERSFELD, 1983). Além disso, muitas vezes, os alunos constroem objetos (virtuais) na simulação, que servem mais para motivar o estudante, dando apoio à aprendizagem (PAPERT; HAREL, 1991).
- Um espaço de trabalho para jogar. Muitas das simulações criam um mundo próprio, permitindo que os estudantes aprendam sobre os principais recursos de um sistema por envolvê-los em um jogo sistemático e de investigação livre (di SESSA, 2000).
- Modelos Visuais/acesso a modelos físicos conceituais. Muitos dos modelos microscópicos e temporalmente ricos da física são explicitados para incentivar os alunos a observar características invisíveis de um sistema (FINKELSTEIN, *et al.*, 2005; PERKINS *et al.*, 2006.). Essa abordagem inclui representações visuais de elétrons, fótons, moléculas de ar, campos elétricos, entre outros, bem como a capacidade de desacelerar, reverter e reproduzir tempo.
- Restrições produtivas para os alunos. Ao simplificar os sistemas, em que os alunos se envolvem, eles são encorajados a se concentrar em recursos físicos relevantes, em vez de condições acidentais (FINKELSTEIN *et al.*, 2005). As simulações desenvolvidas introduzem poucos conceitos de cada vez (CLARK; MAYER, 2003) e permitem aos alunos construir entendimento, aprendendo características-chave, como, o fluxo de corrente, antes de funcionalidades avançadas, por exemplo, a resistência interna de uma bateria.

Os resultados das entrevistas mais recentes, apresentadas pelo PhET, estão encontrando uma quantidade muito menor de problemas do

que as entrevistas realizadas, com a mesma finalidade, em simulações que foram desenvolvidas há cinco anos, o que indica que os princípios de design empiricamente desenvolvidos estão funcionando. Após as entrevistas estabelecerem que o objetivo desejado, na aprendizagem, estivesse sendo conseguido, a simulação não é mais marcada como "em construção" no site. Cada simulação também é usada em sala de aula pelo professor, equipe de design e, muitas vezes, outros professores. As opiniões do professor e de quaisquer outros observadores são usadas para identificar possíveis problemas que não aparecem nas entrevistas, como recursos desnecessários ou improdutivos. Uma vez que a simulação é usada em uma sala de aula, onde o uso do aluno é observado e avaliado informalmente, no site, a simulação é considerada completa e recebe o rótulo de "finalizada". No entanto, uma simulação que alcançou esta fase não é imutável para sempre. Em um ano, a simulação pode ser reavaliada de 3 a 5 vezes para receber atualizações ou novas propostas de funcionalidade.

As características que foram apresentadas são explicitadas para a construção de toda e qualquer simulação do programa, mas não podemos garantir que todos os objetivos específicos, de cada simulação construída, serão os mesmos. Deve-se destacar que o PhET trabalha com várias áreas da ciência e que cada proposta de nova simulação deve seguir seus preceitos básicos, porém, possuindo suas metas individuais. Com a ideia de que cada simulação possui suas determinadas metas, deve-se utilizar a compreensão obtida nesse capítulo para entender a escolha da simulação utilizada em nossa pesquisa.

### **3.5 – PhET – A simulação escolhida e suas características**

A realização do trabalho, para determinação da possibilidade de uma simulação computacional virtual de Física criar situações de conflito conceitual, delimitando a situação no estudo da primeira e segunda Lei de Newton (Inércia e Princípio Fundamental da Dinâmica), necessita da escolha de uma simulação que permita realizar as atividades criadas para comprovação do problema de pesquisa. A escolha não foi feita aleatoriamente, pois o programa deve possuir, além da linguagem em português – não será utilizada simulação em outro idioma – como um facilitador de uso, requisitos mínimos, como acesso gratuito para download, confiança no grupo desenvolvedor – a questão de conteúdo e



programação – abordagem ampla sobre o tema teórico escolhido e possibilidade de criação de novas atividades de uso, em sala de aula, para que o andamento dos trabalhos práticos, mediados pelo professor, seja possível. Os pontos avaliados para a escolha levou em consideração as possibilidades, limitações e layout visual, sendo que essas características serão pontuadas abaixo.

A simulação não foi criada, inicialmente, para o trabalho exclusivo das Leis de Newton, pois o grupo de programação e pesquisadores educacionais do Phet utilizou, como base, a ideia de movimento e inserção de força, conforme exposto no site da instituição, permitindo aos professores e alunos a liberdade de criarem novas possibilidades de trabalho em sala de aula. Nosso objetivo não é investigar a ocorrência da aprendizagem e/ou alguma mudança conceitual, mas sim se a simulação escolhida possibilita identificar a existência de um conflito conceitual com o amparo de uma atividade. Identificar um conflito, através dos diálogos de nossas entrevistas, permite graduar, no aluno, o nível de conflito existente, pontuando as etapas da atividade com maior presença de anomalias conceituais. O programa escolhido possui embutido, no tema movimento e força, algumas abas internas que permitem alterar a situação específica simulada (cabo de guerra, movimento, atrito e laboratório de aceleração), mantendo o movimento e a força como foco principal, mas expondo novas simulações com diferentes situações físicas relacionadas. O detalhamento será na aba que possui a simulação usada na estruturação das atividades, ou seja, atrito.

### **3.5.1 – Atrito**

A aba da simulação que possui o nome de atrito permite que o usuário trabalhe com situações de criação de movimento, como também, com as propriedades físicas que podem impedir seu início ou dificultar sua continuidade. Quando se fala em impedir ou dificultar sua continuidade de movimento, fica relacionado à presença do atrito, sendo uma força contrária ao movimento existente ou a sua tendência de criação. Deve-se esclarecer que a força de atrito não é a única possibilidade de privação do início de um movimento, a existência de uma força contrária, produzida por outro agente, também pode produzir resultante zero e impedir o movimento inicial (situação não trabalhada). Outro item a ser comentado é a possibilidade de usar essa aba da

simulação para discutir a presença de mais de uma força aplicada em um mesmo corpo e, conseqüentemente, associar o fenômeno ilustrado com a formação de uma resultante de forças.



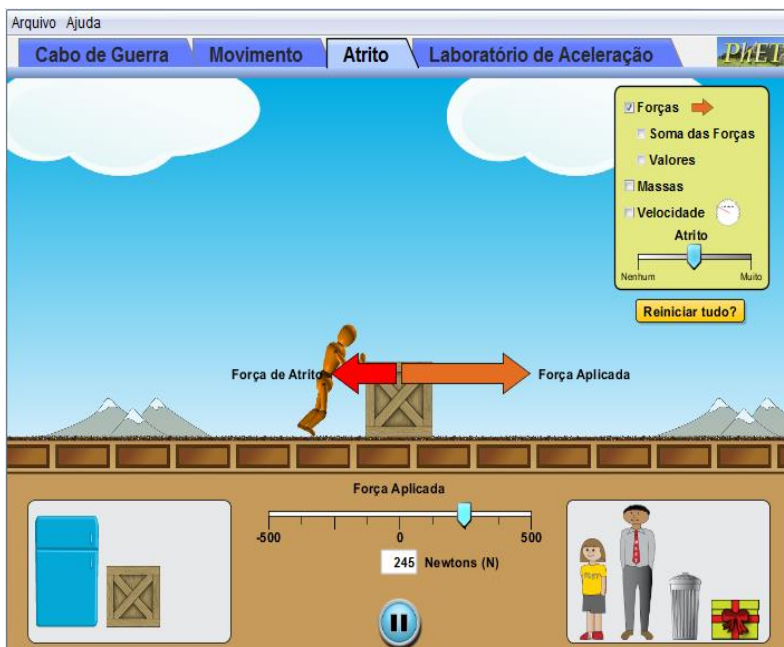
**Figura 2 - Layout inicial da aba atrito e suas opções de manuseio**

**Fonte:** [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/forces-and-motion-basics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/forces-and-motion-basics)

### 3.5.2 – Layout

A aparência visual do programa é limpa, isto é, não possui poluição de informações que prejudiquem a manipulação ou interpretação das funções básicas de manuseio. As imagens são coloridas e bem desenhadas, possuindo um formato detalhado dos objetos presentes. Os botões estão bem alocados em posições que não atrapalham a visualização do fenômeno simulado. A dinâmica do fenômeno simulado é simples, e não prejudica a compreensão do que está acontecendo e permite que novas alterações sejam realizadas no experimento, durante a simulação iniciada. A inserção de novas informações é estruturada em uma ferramenta de interação chamada “arraste e clique”, na qual o usuário pode, mantendo pressionado o

botão do mouse, arrastar um novo objeto para dentro do fenômeno que já está acontecendo. As alterações ocorridas são ilustradas por vetores que alteram sua forma e tamanho, dependendo dos valores inseridos ou alterados durante o fenômeno.



**Figura 3 - Layout da aba atrito com a presença do aplicador de força e os vetores da força aplicada e atrito**

**Fonte:** [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/forces-and-motion-basics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/forces-and-motion-basics)

### 3.5.3 – Possibilidades e limitações

Apesar de essa aba ter sido escolhida, ela possui possibilidades e limitações de uso, sendo que as principais serão pontuadas. A simulação permite o manuseio de várias características físicas presentes no desencadeamento do fenômeno, mas a liberdade de alteração está limitada aos valores ou escalas já fornecidas. Quando um dos objetos é

colocado para ser empurrado pelo indivíduo, o usuário tem a possibilidade de alterar a força que é aplicada para iniciar e/ou manter o movimento, todavia o valor máximo presente é de 500 N. Esse valor fixo impede que situações extrapoladas sejam simuladas, resumindo a situação máxima em uma condição fixada pelo programa e não pelo usuário. Os objetos que podem ser selecionados para serem empurrados são variados, contudo possuem a massa fixa, apesar de representarem várias massas diferentes. O usuário pode alternar e misturar a combinação de objetos que sofrem a força, porém a massa de cada um dos corpos é fixada pelo programa, impedindo que o experimento seja realizado com massas muito altas. O programa também permite ao usuário habilitar a presença de um vetor que representa a resultante imposta sobre o objeto empurrado, sendo essa resultante a soma das forças aplicadas sobre o corpo, que, nesse caso, fica limitada a duas forças: a aplicada pelo indivíduo e o atrito presente. A visualização do vetor resultante fica mais clara quando o usuário habilita a presença de vetores parciais (força aplicada e atrito), juntamente com seus valores numéricos, destacando que a força de atrito também possui valor estipulado em um limite fixado pelo programa. Os valores são alocados dentro de cada ilustração do vetor em questão, e a alteração destes ocorre em tempo real e em módulo de cada grandeza. Todas essas possibilidades de visualização e inserção de valores permitem que o usuário tenha um manuseio mais liberto com a simulação, apesar de os valores serem fixados, o entendimento e compreensão do fenômeno não fica prejudicado.

## **Capítulo 4 – Construção e Validação da atividade**

A construção da atividade buscou apresentar questionamentos e ações práticas de uso da simulação, que funcionassem como um roteiro/guia, objetivando promover conflito cognitivo por meio da inserção de dados anômalos às concepções alternativas dos alunos. Os questionamentos foram feitos com base em concepções alternativas já mapeadas acerca das Leis de Newton, separando a sua realização em duas etapas, a primeira sem o uso da simulação e a segunda com o uso da simulação.

A ferramenta de obtenção de dados ficou a cargo de um questionário respondido pelos alunos (Anexo A), realizando, em conjunto, a gravação dos diálogos entre os estudantes, discutindo a resolução de cada questionamento. Houve a intenção de que o roteiro e as questões fossem autoexplicativos, mas não impedindo a intervenção do professor.

Com o objetivo de verificar se havia clareza no roteiro proposto, a atividade foi inicialmente aplicada a três alunos voluntários do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina, que estavam cursando pela primeira vez o curso de Física I.

Após a feitura das atividades, foram realizadas entrevistas registradas em áudio, nas quais os estudantes responderam questões referentes à clareza das atividades, assim como sobre as respostas dadas antes e depois do uso da simulação. É importante ainda citar que o instrumento de gravação permaneceu ligado durante a realização da atividade para o registro de questões formuladas pelos participantes e registro de eventuais reações. Todos os envolvidos assinaram um termo de consentimento, afirmando conhecer os objetivos da atividade e permitindo que as informações recolhidas pudessem ser utilizadas no projeto de mestrado em questão.

### **4.1 – Perfis dos entrevistados**

Inicialmente, foram feitas algumas questões com o objetivo de conhecer um pouco mais sobre os participantes da pesquisa. Entre outras

informações, foi perguntado se durante a vida acadêmica, os envolvidos tiveram contato com simulações e, em caso de resposta afirmativa, uma opinião sobre a experiência.

A apresentação de cada entrevistado será realizada de forma conjunta, em um mesmo capítulo, para que a leitura e análise das respostas obtidas por cada um sejam mais objetivas e dinâmicas.

#### **4.1.1 – Primeiro aluno**

A primeira atividade realizada e documentada foi de uma aluna, com idade de 18 anos, estudando o ensino médio em escola pública e afirmando que os professores não utilizavam nenhuma ferramenta computacional para auxiliar nas aulas.

A primeira etapa desenvolvida pela aluna teve duração de 12 minutos, contados do momento de explanação do fenômeno físico, que seria trabalhado, até a finalização completa do primeiro questionário. A segunda etapa teve duração de 23 minutos e 40 segundos, contados do momento de explanação da etapa até a finalização completa do segundo questionário. A aluna relatou que o roteiro e a simulação foram considerados de fácil manuseio e que, durante o uso do programa, alguns resultados foram inesperados, ou seja, não havia clareza, antes do manuseio da simulação, que o resultado poderia ser aquele que foi obtido.

#### **4.1.2 – Segundo aluno**

A segunda atividade realizada e documentada foi de um aluno, com idade de 25 anos, estudando o ensino médio em escola privada e afirmando que os professores utilizavam ferramenta computacional para auxiliar nas aulas, considerando que o uso da mesma era importante para visualizar situações que eram muito abstratas e que serviam para motivar a turma no estudo de fenômenos físicos.

A primeira etapa realizada pelo aluno teve duração de 6 minutos, contados do momento de explanação do fenômeno físico, que seria trabalhado, até a finalização completa do primeiro questionário. A segunda etapa teve duração de 13 minutos e 30 segundos, contados do

momento de explanação da etapa até a finalização completa do segundo questionário. O aluno relatou que o roteiro e a simulação foram considerados de fácil manuseio (dinâmicos) e que, durante o uso do programa, alguns resultados foram inesperados, ou seja, não havia clareza, antes do manuseio da simulação, que o resultado poderia ser aquele que foi obtido.

#### **4.1.3 – Terceiro aluno**

A terceira atividade realizada e documentada foi de uma aluna, com idade de 19 anos, estudando o ensino médio em escola privada e afirmando que os professores não utilizavam ferramenta computacional para auxiliar nas aulas.

A primeira etapa realizada pela aluna teve duração de 10 minutos, contados do momento de explanação do fenômeno físico, que seria trabalhado, até a finalização completa do primeiro questionário. A segunda etapa teve duração de 17 minutos e 20 segundos, contados do momento de explanação da etapa até a finalização completa do segundo questionário. O aluno relatou que o roteiro e a simulação foram considerados de fácil manuseio (interpretou as perguntas com clareza), afirmando que se ocorreu erro de interpretação, ele não identificou e que, durante o uso do programa, algumas dificuldades de manuseio foram observadas.

#### **4.2 – Questionário**

O roteiro da atividade, que foi apresentado aos alunos, possui duas etapas distintas de realização, sendo a primeira parte feita sem o manuseio da simulação para visualização e manipulação do fenômeno físico, isto é, o aluno deve responder às perguntas com conhecimento próprio e interpretado, apenas, com a leitura do enunciado e a segunda parte, com questionamentos baseados na primeira etapa, realizada com o manuseio da simulação.

A primeira parte da atividade tem o objetivo de proporcionar um momento de reflexão sobre situações didáticas que são constantemente apresentadas aos alunos no ensino médio. Na segunda parte, os alunos

observam a sequência de acontecimentos na simulação e comparam com as respostas fornecidas na primeira parte. O objetivo é explorar a possibilidade da promoção do conflito cognitivo em caso do aparecimento de discrepâncias entre as respostas dadas na primeira parte e a situação simulada. As transcrições das respostas dos alunos estão expostas a seguir.

### 4.3 – Primeira etapa – Sem o uso da simulação

A apresentação da primeira etapa será organizada descrevendo-se cada questão, fornecendo uma análise da resposta esperada e, seguidamente, a descrição e análise das respostas fornecidas pelos alunos.

#### 4.3.1 – Primeira questão

**Enunciado:** Considerando que o atrito entre o caixote e a superfície não é desprezível, o que você pode afirmar sobre o valor da força aplicada para que o caixote entre em movimento? Por quê?

**Análise:** A resposta esperada deveria abranger os conhecimentos teóricos sobre a força de atrito cinética e estática, assim sendo, uma explicação clara de como a força aplicada deveria, primeiro, “vencer” a força de atrito estática, para, conseqüente, existir o início do movimento do caixote. A complementação seria finalizada com a afirmação de que, após o início do movimento do caixote, a força de atrito seria, automaticamente, tratada como cinética, sendo ela menor, em módulo, que a força de atrito estática. A representação ilustrada do fenômeno, como também a construção dos vetores não foi solicitada, mas a explanação da força aplicada e sua resistência, o atrito estático, deveriam ser comentadas, compreendendo a resistência inicial e qual força é responsável por essa barreira ao movimento.



### Aluno 1:

- A força deverá ser maior quando aplicada na caixa para que ela se movimente.
- Tem que... Eu acho que ela tem que ser maior do que... maior que o atrito que faz acho no chão para que ela se mova. Eu tenho que ter uma força maior do que a da caixa para que ela se mova na superfície.
- A massa... coisa da caixa para que ela se mova. Coisa assim.

Nos trechos acima, observa-se que a mediação foi necessária, pois, a princípio, a resposta não foi clara, uma vez que, inicialmente, o aluno não associou o atrito à situação. Em nenhum momento da resposta, mesmo mediada pelo professor, o aluno relata o tipo de atrito presente, ou seja, a força aplicada deveria ser maior em relação a qual atrito? O cinético ou o estático? Nesse sentido, observa-se que o aluno, em um primeiro momento, não diferencia os atritos, que pode ser fundamental para interpretar futuras respostas das atividades associadas ao uso da simulação.

### Aluno 2:

- É... eu entendi que ele pergunta se não há força que eu vou exercer... aqui qualquer... deixa eu ler de novo... (o aluno leu a questão em voz alta). Ele pede prá... prá dá uma característica da força... prá que a pessoa possa tirar ele do... do repouso né. Então eu entendi que... prá que ele... prá que isso se torne necessário ele tem que aplicar uma força que seja maior do que a força de atrito.

A resposta do aluno foi dada sem a mediação do professor, demonstrando certa clareza sobre o papel do atrito no movimento. Apesar de não diferenciar, nesse momento, as forças de atrito em cinético e estático, o aluno pontuou corretamente a necessidade de a força aplicada “vencer” certa resistência, que, nesse caso, seria a força de atrito estático.

### Aluno 3:

- Ela pedia é... o que eu tenho que fazer... o que eu posso afirmar sobre o valor da força prá... prá... prá colocar o caixote em movimento né. E eu preciso ter uma força mínima né, para uma superfície com atrito prá tirar ela do repouso. Prá vencer o atrito e

tirar ela do repouso. Preciso de uma força mínima que vença o atrito.

A aluna possui o conhecimento básico de que, para iniciar o movimento de um corpo em repouso, ela precisa superar certa resistência imposta pelo contato entre superfícies, que seria o atrito. A resposta não traz menção aos tipos de atrito, cinético ou estático, ou a ideia da formação de uma resultante, pontuando qual atrito faria parte dessa interpretação.

### 4.3.2 – Segunda questão

**Enunciado:** Se a força aplicada pelo rapaz para colocar o caixote em movimento for mantida constante, o que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?

**Análise:** A resposta esperada seria o entendimento de que a presença de uma força constante, diferente de zero e maior que a força de atrito, proporcionaria uma aceleração constante e diferente de zero. A compreensão do aluno de que essa força, constante ou não, já permitiria a variação do módulo da velocidade é fundamental, mas muitos discentes associam a força constante a uma velocidade, também, constante.

Aluno 1:

- A velocidade será constante também.
- Porque quanto mais você aumenta a força maior será a velocidade.

A segunda questão permitiu identificar, no aluno, uma interpretação que remete à concepção prévia já mapeada, em diversos trabalhos, sobre força, velocidade e aceleração, sendo esta um ponto importante na avaliação das respostas obtidas. Existe uma associação muito comum entre a força aplicada e o aumento da velocidade de um fenômeno físico. Na escola, o aluno estuda a relação entre a atuação de uma força resultante e o aparecimento de uma aceleração. Estuda, também, os passos necessários para a determinação das forças que atuam em um sistema e a determinação da resultante de forças dos

sistemas. Porém, um grupo considerável de alunos acaba vinculando uma força aplicada com a formação automática de uma aceleração e velocidade.

Aluno 2:

- Ele quer... eu entendi assim né... que ele quer saber o que que acontece se eu manter uma força, ele já tá em movimento, manter aquela força constante, se a velocidade vai se manter constante ou se vai acelerar. Eu respondi que... acho que vai acelerar porque é como se fosse uma força que tá constante e empurrando e favorecendo o movimento dele... então com o passar do tempo ele vai aumentando a sua velocidade.

Novamente, o aluno não precisou da mediação do professor para complementar sua resposta. A resposta dada pelo discente apresentou uma boa linha de raciocínio, sendo pontuada a presença de uma força como critério para a alteração do módulo da velocidade, ou seja, variação da mesma. Apesar de a resposta estar seguindo um caminho de compreensão satisfatória, isto é, ele sabe que a existência de uma força altera o movimento, não concluiu que essa alteração seria pelo aparecimento de uma resultante diferente de zero e, conseqüentemente, o aparecimento de uma aceleração. A expectativa de resposta completa seria a conclusão do surgimento de uma aceleração constante, justificada pela força constante aplicada ao sistema, formando uma resultante não nula com a força de atrito cinética existente entre as superfícies do caixote e do solo.

Aluno 3:

- É... (o aluno leu mais uma vez a questão). Ele pergunta se... a força aplicada para tirar ele do movimento for constante o que acontece com a velocidade. A velocidade eu acho que diminui porque após você tirar ela... com... você fez a força, tirou, ainda tem a força contrária do atrito. Então, se você ainda tem uma força constante ela vai diminuir, não sei se ela vai diminuir constantemente. Ela diminui um pouco do que a... Não, eu acho que não... e agora? Que eu lembro que tinha uma força mínima que você tirava ela do repouso. Prá você tirar... depois ficava mais fácil empurrar. Quando você faz a primeira força, tira do repouso, que é a

coisa mais difícil que você tem que fazer, depois fica fácil, só que eu não consigo explicar o porque agora. Não vem a mente.

A resposta do aluno 3 não fica coesa com a pergunta realizada, pois a interpretação da pergunta foi precipitada, ou seja, o aluno entendeu que a força que iniciou o movimento do objeto foi retirada do sistema com permanência do atrito. Nesse caso, o correto seria pensar que a força responsável por retirar o corpo do repouso permanece no sistema, mas com valor modular constante. Dessa maneira, não houve menção à formação de resultante diferente de zero ou à presença de uma aceleração sobre o caixote. Supondo que a situação seja a descrita pelo aluno, ele relatou as consequências de uma forma satisfatória, permitindo concluir que se a força inicial fosse retirada, restaria apenas o atrito, e o sistema alcançaria o repouso após certo intervalo de tempo. A interpretação do enunciado é fundamental para a formação de uma resposta correta, caso contrário, a descrição dos acontecimentos pode estar fisicamente certa, contudo, relatando uma situação que não foi pedida ou ilustrada.

#### 4.3.3 – Terceira questão

**Enunciado:** Considere agora que o rapaz diminui a força até ficar igual ao atrito, e que a partir deste momento, o valor da força seja mantido constante. O que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?

**Análise:** A resposta esperada deveria explicar que, após o início do movimento ter acontecido e de a força resultante ter-se tornado nula, o movimento deveria se manter constante, sem variação do módulo da velocidade (retilíneo e uniforme), pois a resultante zero acarreta uma aceleração nula do sistema. A compreensão de que a presença de uma força de atrito não é sinônima de que um corpo irá parar, é fundamental para compreender, em situações como essa, que o princípio da inércia é aplicado no sistema, no entanto o vínculo de força resultante zero e a paralisação do movimento são frequentes por parte dos alunos.

Aluno 1:

- É... Também irá diminuir, mas ainda assim não será... não... Ah... É a três... A velocidade da caixa diminuirá constante. Como ele diminui a força a velocidade também diminui.

Novamente, o aluno 1 vincula a redução da força inicial com a redução de velocidade, não especificando que a redução da força aplicada, para um valor numericamente igual ao do atrito, produziria uma resultante nula e, por conseguinte, a não alteração da velocidade. A situação pensada pelo discente, nessa questão, fica teoricamente semelhante à situação pensada na questão anterior.

Aluno 2:

- A interpretação da terceira... Que ele foi... tá empurrando, só que ele tá parando de aplicar a força, então vai chegar um momento que a... o caixote vai parar. Porque ele vai... é... a força vai diminuindo e... não vai influenciando a força de atrito de acordo com que o tempo vai passando. Eu entendi que isso iria acontecer com a... com o caixote.

O aluno interpretou que a redução de força aplicada no sistema geraria uma redução de velocidade, ou seja, o corpo iria parar após um tempo, mas a pergunta questionou sobre a redução de força até o momento de o módulo da mesma ficar igual ao módulo da força de atrito presente durante o movimento. Quando o estudante afirma que o caixote irá parar, ele desconsiderou a formação de uma resultante nula e permanência do sistema em movimento uniforme retilíneo (justificado pelo princípio da inércia), isto é, o corpo permaneceria em movimento, porém com velocidade constante em módulo.

Aluno 3:

- Ele pediu prá... ele disse... ele falou que o rapaz diminuía a força e ficava igual ao atrito. Eu... eu cheguei no valor do atrito e vou deixar constante. Aí pergunta o que acontece com a velocidade do caixote. Eu acho que a velocidade se anula né. Porque se fica igual ao atrito não tem movimento.

A aluna não conseguiu interpretar corretamente o fenômeno simulado proposto e orientado pela atividade, pois a situação real seria o caixote, já em movimento, receber uma força numericamente igual a do atrito cinético presente, produzindo uma resultante nula e permanecendo com velocidade constante devido à inércia. A resposta pode ter sido fornecida como se o caixote estivesse em repouso no início da situação questionada, sendo a força aplicada numericamente igual à força de atrito estática máxima, produzindo uma resultante nula e, assim, mantendo o repouso inicial. O discente não errou a resposta dada fisicamente, mas forneceu a resposta de uma situação diferente da esperada na descrição do fenômeno.

#### 4.3.4 – Quarta questão

**Enunciado:** Agora a força aplicada irá diminuir ainda mais, tornando-se menor que a força de atrito (mas ainda diferente de zero). O que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?

**Análise:** A resposta esperada deveria explicar que, como a força aplicada ficou menor que a resistência imposta pela força de atrito cinética, a velocidade iria diminuir gradativamente até o momento da parada do caixote. Teoricamente, o aluno deveria compreender que o sentido da força resultante, entre a força aplicada e a força de resistência, mudou de sentido, ou seja, o que antes empurrava o corpo para um determinado sentido, agora, empurra para o sentido exatamente oposto, modificando a continuidade do movimento original. Um complemento interessante seria explanar sobre a inversão do sentido da aceleração presente no movimento, já que a mesma possui idêntica direção e sentido da força resultante existente no sistema.

Aluno 1:

- Também irá diminuir, mas ainda assim não será diferente de zero.
- P- Não será diferente de zero?
- Ela... chega perto... ela ainda tem velocidade, mas ainda tem uma velocidade pequena.
- P- Por quê?

- Porque a força também é pequena, quanto mais diminui a força menor fica a velocidade.

A resposta da quarta questão expõe um conhecimento já citado na literatura (relação de proporcionalidade entre força e velocidade), pois ele interpreta que a existência de uma força aplicada, por si só, é suficiente para manter a existência de uma velocidade que mantém o corpo conduzindo-o para frente. A ideia de que uma força aplicada está menor que a força de atrito cinética e que, após certo tempo, o movimento irá acabar, não existiu.

Aluno 2:

- A quarta que... Vai ter uma hora que ele não vai mais nem aplicar uma força... e eu acho que o caixote não vai nem voltar... vai ficar parado mais nada.

A resposta dada na quarta questão chama a atenção, pois o aluno conclui que a redução da força para um valor numérico menor que a força de atrito presente (ou até a exclusão total da força aplicada) fará com que o sistema pare depois de um intervalo de tempo. A conclusão atingida pelo discente fica semelhante à resposta dada na questão 3, pois lá ele também afirma que o sistema entrará em repouso com a redução de força, porém, na questão 3, os módulos entre força aplicada e força de atrito permanecem iguais, ou seja, se a força aplicada não for maior que o atrito presente, a velocidade não aumenta ou se mantém. Observa-se uma dificuldade em observar as variações no fenômeno e vinculação com as propriedades da primeira lei de Newton, já que o princípio da inércia foi totalmente ignorado. A consideração da formação de uma resultante nula foi desprezada e, como consequência, a inércia torna-se inexistente na questão 3, sendo que o vínculo teórico usado pelo aluno justifica que uma redução de força é automaticamente uma redução de velocidade.

Aluno 3:

- Aí ele falou que a força vai ficar menor que a de atrito, mas ainda diferente de zero. A velocidade continua nula, eu acho. Porque não tem como você tirar do repouso sem fazer uma força maior.

O aluno manteve a interpretação do fenômeno de forma precipitada, em outras palavras, ele considerou que a força aplicada, que era menor que a força de atrito presente no início, começou a ser inserida antes de o movimento ser iniciado, fazendo com que, para o aluno, o atrito não fosse “vencido”, e o sistema não entrasse em movimento. A resposta do discente pode estar precipitada para o fenômeno, pensado pelos professores, mas se encaixa perfeitamente com a resposta dada por ele anteriormente, pois, inicialmente, em repouso, uma força menor que o atrito estático não seria suficiente para principiar o movimento. A dificuldade interpretativa do terceiro aluno entrevistado é perceptível, visto que o conhecimento de alguns pontos teóricos, acerca das leis de Newton, até estão presentes, mas associá-los corretamente ao fenômeno e/ou enunciado a serem interpretados culmina em conclusões erradas.

#### 4.3.5 – Quinta questão

**Enunciado:** Considere agora a situação inicial (na situação da figura...) só que o atrito entre o caixote e a superfície é desprezível. A) Se o rapaz aplicar uma força constante sobre o caixote, o que acontecerá com o valor da velocidade? Por quê? B) Se o rapaz deixar de aplicar a força, o que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?

**Análise:** A resposta cientificamente aceita na letra A seria o aluno pontuar a presença de uma resultante diferente de zero que leva à presença de aceleração, ou seja, a existência de uma força, mesmo que constante, acarretaria variação da velocidade em módulo. A situação seguinte coloca o sistema sem forças aplicadas, mas o movimento já havia iniciado, sendo esperado, do aluno, concluir que o movimento seria mantido de forma constante, pois não há resultante diferente de zero para promover o aparecimento de uma aceleração, como também não há uma força de resistência ao movimento para alterar o módulo da velocidade de forma retardada.

Aluno 1:

Resposta A:



- O valor da velocidade da caixa aumentará sendo assim mais fácil de ser empurrada.
- Porque... a caixa... a velocidade aumenta porque ele tá fazendo uma força constante na caixa. Aí a velocidade da caixa aumenta, ela é mais fácil de ser empurrada.

Resposta B:

- O valor da velocidade será zero porque não tem nenhuma força atuando sobre a caixa.

O questionamento número cinco permite observar que o aluno não está vinculando o aumento da velocidade ao fato de a força aplicada ser a única responsável pelo movimento, mas sim ao fato de a não presença do atrito permitir que o “empurrão” no caixote seja facilitado. Aceitar a ideia de aumentar a facilidade de movimento, com a retirada do atrito, não é tratado como um erro, mas a conclusão do discente, na letra B, é interessante, sendo que não houve associação com a primeira lei de Newton, cujo princípio da Inércia seria o responsável pela continuidade do movimento do caixote. O aluno interpreta que a ausência de força aplicada é a única responsável pela nulidade da velocidade.

Aluno 2:

- Na quinta... Eu interpretei também que a velocidade vai aumentar... porque ele vai continuar ainda empurrando e... na segunda alternativa ele vai ficar constante porque ele já tirou do movimento, então ele vai ficar indefinidamente andando... até sofrer uma força que vai acelerar ou parar.

Na quinta questão, o aluno aparentemente inseriu a ideia do princípio da inércia, afirmando que a retirada da força aplicada em uma situação, na qual o atrito está sendo desprezado, não impede o movimento do corpo. O entendimento de uma resultante nula parece não estar claro para o aluno, pois a situação descrita na resposta acima, letra B, forma, numericamente, uma resultante nula como na situação descrita na questão 3, uma vez que na questão 5, o enunciado deixa claro a não existência de nenhuma força sendo aplicada.

Aluno 3:

- Agora tá tirando o atrito, desprezando o atrito né, da superfície. E perguntou se ao aplicar uma força constante, o que acontece com o valor da velocidade? É... (não consegui identificar) permanece o mesmo porque não tem... eu tirei... e continuo empurrando, não tem algo atrapalhando ou ajudando. Então, a velocidade fica constante, continua constante. E a b, ele pergunta se deixar de aplicar a força o que acontece com a velocidade? Eu acho que continua constante também, porque eu vou empurrar, vou deixar e... não vai ter o que pare, desprezando o atrito não vai ter o que pare, então vai ficar inércia de movimento.

A resposta da quinta questão chama muito a atenção pela discordância entre a resposta da letra A e da letra B, porque, inicialmente, o aluno afirma que a velocidade permanece contínua com a aplicação de uma força constante, sendo essa resposta semelhante às outras já fornecidas por ela, ou seja, está se considerando uma equivalência entre força e velocidade. A letra B é respondida corretamente, pois é uma situação muito discutida em sala de aula, quando o aluno afirma que a retirada da força aplicada, primeiramente, não altera a propriedade de manter a velocidade constante, visto que a resultante do sistema, sem a aplicação de nenhuma força, é nula. A discordância aparece no fato de que, na situação da letra A, o movimento sem atrito, mas com força aplicada no caixote, promove um movimento uniformemente variado acelerado e não constante, como afirmou a discente. Na resposta da letra A, foi desprezada a ideia de força resultante diferente de zero e a presença de uma aceleração. O fato de haver esta discordância reforça a tese de que o aluno não interpreta corretamente os fenômenos, utilizando as leis de Newton e não associa sempre a presença de uma força aplicada com uma velocidade. Desse modo, existe uma grande possibilidade, de validade da hipótese, de que os estudantes, muitas vezes, apresentam mais opiniões do que concepções.

## **4.4 – Segunda etapa – Com o uso da simulação**

A segunda etapa da atividade tem por objetivo permitir ao aluno manusear a simulação virtual do fenômeno, já descrito anteriormente, e permitir recolher novas respostas dos discentes para possível identificação de alterações na interpretação dos acontecimentos. Os questionamentos dessa etapa foram elaborados para permitir identificar discordância entre as respostas da primeira fase. O professor questiona o aluno, após o término da etapa, citando os questionamentos do processo anterior e discutindo as discordâncias apresentadas.

### **4.4.1 – Primeiro aluno**

O aluno inicia relatando que não houve dificuldade de manuseio da simulação, compreendendo o roteiro de atividades sem a necessidade de ajuda durante a realização. O professor mediador questiona sobre as respostas obtidas e o aluno esclarece que alguns resultados não foram exatamente os esperados.

- Professor – Tudo aconteceu exatamente da maneira que você achava que deveria acontecer, então?
- Aluno 1 – É... É comparando as perguntas teve uma ou outra que eu fiquei assim.
- Professor – Teve uma ou outra que você ficou assim por quê?
- Aluno 1 – Eu achei que era uma coisa, mas na verdade era outra. Quando pergunta ali... quando diz com atrito e sem atrito... eu achei que era uma coisa, mas não é.

O professor conduz o aluno a realizar um comparativo entre as respostas dadas na primeira etapa e as respostas obtidas com o uso do programa. Após a leitura da primeira questão da etapa anterior, o docente questiona o aluno sobre possíveis mudanças interpretativas no fenômeno que, agora, foi simulado virtualmente, sendo a resposta do aluno mantida.

- Professor – Na primeira questão, a primeira pergunta que te fiz foi a seguinte... (foi feita a leitura da primeira questão). Você escreveu que a força deverá ser maior né... Maior do quê?

- Aluno 1 – Do que o atrito.
- Professor – Quando aplicado na caixa para que ela se movimente.
- Professor – Quando você fez a atividade na simulação, o resultado que você encontrou foi o resultado que você esperava?
- Aluno 1 – Foi... Foi isso.
- Professor – Por quê?
- Aluno 1 – Porque senão a caixa não se moveria com o atrito.

O aluno não relaciona a presença de um atrito estático ou cinético, mantendo o mesmo conteúdo de resposta dado na primeira etapa. O programa não permite identificar qual o tipo de atrito presente antes ou depois do início do movimento, pois não nomeia o tipo de atrito utilizado. A espera da diferenciação poderia estar presente por conclusões particulares do aluno, quando observa a variação de vetores e seus valores, como, por exemplo, identificar o aumento da força aplicada e associar com o momento de início do movimento. O professor segue com a próxima questão.

A análise da segunda questão permitiu observar que o aluno esperava o resultado obtido com a simulação, todavia não conseguia explicar os acontecimentos.

- Professor – A segunda pergunta dizia o seguinte... (o pesquisador leu a segunda pergunta do questionário).
- Aluno 1 – A velocidade aumenta.
- Professor – Por quê? Tens alguma ideia do porquê a velocidade aumenta?
- Aluno 1 – Não.
- Professor – Não?
- Aluno 1 – Não.
- Professor – Mas isso era esperado por você?
- Aluno 1 – Hum-hum.

A resposta do aluno na primeira etapa é mantida no uso da simulação, pois ainda existe a associação do aumento de força e o aumento da velocidade, sendo que, anteriormente, o aluno havia afirmado que a permanência da força constante manteria a velocidade constante também.

A releitura da terceira questão mostrou que o aluno mantém a ideia de que uma força aplicada, não sendo maior que o atrito presente durante o movimento, acarreta uma velocidade nula. Na questão três, a

força é reduzida até ficar numericamente igual à força de atrito cujo movimento deveria permanecer constante, devido à primeira de lei de Newton, a qual não foi citada pelo discente.

- Professor – Você escreveu que a velocidade diminuirá constantemente. O que observou?
- Aluno 1 – A velocidade fica igual a zero. Por que se não tem força atuando não tem como o caixote se mover.
- Professor – Ela ficou igual a zero? Quando a força ficou igual ao atrito a velocidade ficou igual a zero?
- Aluno 1 – Ficou. Deixa eu fazer de novo.
- Professor – Não... coloca a simulação para rodar...

Para uma melhor interpretação do fenômeno que estava sendo simulado, prevendo que esta parte da atividade não foi realizada corretamente, o professor pede que o aluno reinicie a simulação e, com sua orientação, refizesse a atividade para uma melhor compreensão. Essa tarefa refeita permitiu concluir novos pontos interpretativos.

- Professor – O que acontece, então, com a velocidade do caixote?
- Aluno 1 – Ela para na... Ela para... Ela não fica igual a zero, ela para aonde... ela... ela vai até... (a aluna tenta graduar o valor da velocidade – uma vez que o indicador do comportamento da velocidade na simulação lembra um velocímetro).
- Professor – Então o que acontece com a velocidade?
- Aluno 1 – É para onde ela... se ela tava a 80 km/h ela para ali... ela não volta nem a zero... ela fica constante.
- Professor – E aqui você escreveu que a velocidade da caixa iria diminuir...
- Aluno 1 – Diminuir...
- Professor – constantemente. Isso te surpreende de alguma maneira?
- Aluno 1 – Surpreende.
- Professor – Por quê você acha que isto acontece?
- Aluno 1 – Porque não tem mais a força... A força do atrito e a força que é aplicada na caixa ela é igual então... ela para... ela continua naquela velocidade que ela tava. Se ela tava a 80 km/h ela continua na mesma velocidade.
- Professor – Mas, por quê?

- Aluno 1 – Por não tem mais... a força de atrito não é maior que a força aplicada na caixa. A força..

A orientação do professor, para o aluno refazer a atividade, reavaliando a interpretação realizada na primeira tentativa, permitiu que o discente visualizasse a situação corretamente e pudesse concluir, satisfatoriamente, que a velocidade do caixote permanece constante e não chega a ser um valor nulo. A situação pode ter sido interpretada de forma equivocada pelo aluno, devido ao fato de a força ter sido igualada à força de atrito no momento em que o objeto estava em repouso, levando a entender que a velocidade era nula, pois ela nem teria se alterado. Nas linhas finais da resposta do aluno, ele relata uma situação de surpresa, ou seja, reconhece a presença de uma anomalia em seu conhecimento e identifica a situação diferenciada no fenômeno simulado. O uso da simulação e a mediação do professor permitiram a manifestação do conflito conceitual do aluno e destacar seu contato com o novo conhecimento. O trecho que explicita a situação de conflito é quando o aluno relata que a velocidade não iria se alterar mais, todavia após o uso da simulação, ele observa que a velocidade reduz, em módulo, de forma constante e até o repouso.

Na questão quatro, o aluno tem um pouco de dificuldade em observar as mudanças que acontecem na simulação, pois elas ocorrem de forma vagarosa, dificultando a visualização rápida das mudanças físicas do experimento simulado. No princípio, o aluno acredita que a redução da força aplicada, para um valor menor que a força de atrito cinética presente, manteria a velocidade constante, mas, após uma visualização mais atenta e um tempo decorrida, o aluno observa que a velocidade reduz aos poucos e que vai diminuir até alcançar um valor nulo.

- Professor – Depois a pergunta que é feita é... (leitura da quarta questão). Você escreveu que ela irá diminuir, mas ainda assim não será zero. O que você observa com o passar do tempo?
- Aluno 1 – Que ela diminui... Não, pera aí... (difícil ouvir)
- Professor – Aqui você vai fazer a força ficar menor que o atrito...
- Aluno 1 – É... tá menor que o atrito.
- Professor – Aí o que você vai observar?
- Aluno 1 – Que a velocidade também é constante.
- Professor – Que a velocidade também é constante?

- Aluno 1 – Não, que a velocidade diminui... Só que ela diminui aos poucos. Ela vai diminuindo...
- Professor – E o que vai acontecer? O que você acha que vai acontecer com a velocidade?
- Aluno 1 – Uma hora vai chegar a zero.

A quinta questão orienta o aluno a desprezar o atrito e continuar aplicando uma força constante e diferente de zero, questionando, em duas etapas, o que acontece com a velocidade com presença da força e após ela ser retirada. A resposta do aluno aponta a ideia correta, na qual a presença de uma força constante, sem atrito, mantém a velocidade aumentando em módulo, relatando que esse aumento não produziu surpresa. A não presença de um conflito conceitual, na primeira parte da questão número cinco, não continua na segunda parte, em que a força é retirada e o aluno fica surpreso, quando observa, na simulação, que a velocidade permanece constante, mesmo sem a presença da força. O conflito conceitual é identificado com clareza, já que o aluno não esperava por esse comportamento no fenômeno, sendo que havia um vínculo forte entre a aplicação de força e a existência da velocidade.

- Professor – E o que acontece com ela sempre?
- Aluno 1 – Aumenta. Sempre aumenta.
- Professor – Sempre aumenta. E isso te surpreende?
- Aluno 1 – Não... Não... Mas aquelas outras sim.
- Professor – Essa era uma coisa que você esperava. Tá. Depois se você deixar de aplicar esta força o que vai acontecer com o caixote?
- Aluno 1 – Se eu parar de aplicar a força?
- Professor – Isso. Você empurrou o caixote... ele começou a se mover... e você não aplicou mais a força.
- Aluno 1 – A velocidade fica constante.
- Professor – E isso te surpreende de alguma maneira?
- Aluno 1 – Sim.
- Professor – O que você esperava?
- Aluno 1 – Eu esperava que a velocidade voltasse a zero. Parece que... (difícil ouvir)... parei de aplicar a força...

A mediação do professor continua, explorando, no aluno, a confiança nos resultados fornecidos pela simulação. A existência de resultados que não foram esperados pelo aluno podem colocar em

questão a confiança que o aluno construiu com o programa, resultados obtidos e aceitação de novas ideias.

- Professor – Você confia nos resultados que você tá vendo aí?
- Aluno 1 – Ah... pera aí... ficou difícil.
- Professor – Seja sincera...
- Aluno 1 – Depois dessa eu acho... (difícil ouvir). Não.
- Professor – Por quê não?
- Aluno 1 – Porque é um programa... Ele pode ser manipulado, mudado os valores. Eu posso... Eu poderia botar como voltar zero a velocidade, mas...
- Professor – Então você está dizendo o seguinte: se você fosse fazer estas experiências, nestas condições, você não observaria o que você vê na simulação?
- Aluno 1 – É.
- Professor – Os resultados seriam os resultados que você esperava, não os que você observou na simulação?
- Aluno 1 – Sim. É...
- Professor – Por quê?
- Aluno 1 – Porque nessa aqui de que a veloci..., não tem força de atrito, nem tem força de... força aplicada. Eu esperava que a velocidade voltasse a zero, que não teria mais velocidade, só que o programa mostrou que mesmo sem... não tendo nenhuma força, a velocidade continua constante e o objeto continua se movendo.
- Professor – Você confia nisso?
- Aluno 1 – Eu acho que sim... Tá errado... Errado não, mas era uma coisa que eu não esperava.
- Professor - Era uma coisa que você não esperava?
- Aluno 1 - É... Agora eu fiquei confusa assim... Se é ou não... Eu acho que não.

Nesse momento, o aluno demonstra uma incerteza com os resultados observados. Segundo Chinn e Brewer (1998), essa é uma das possíveis reações às anomalias. O pesquisador continua instigando essa aparente desconfiança, e em um determinado momento, o aluno afirma que confia nos demais resultados da simulação, exceto no último.

- Professor – Por quê? Como em alguns casos você confia e em outros não?
- Aluno 1 - É que... nessa questão eu fiquei assim agora... Nas outras até faz sentido né, diminuir e aumentar, mas nessa aqui não



tem nada atuando sobre o corpo e ele continua em movimento. Isso tá me deixando confusa.

- Professor - Isso tá te deixando confusa?
- Aluno 1 – É...
- Professor - Para a gente finalizar, você acha que naqueles outros casos a simulação estava certa e aqui especificamente deve haver algum problema com ela?
- Aluno 1 – É... ou... comigo né (risos)
- Professor – Você não está certa então?
- Aluno 1 – É nenhuma das duas. Agora essa questão vou pesquisar.

Nesse momento, o discente demonstra interesse na resolução do conflito apresentado. Durante o final da entrevista, o aluno ainda continua se manifestando sobre a estranheza do resultado a que se chegou, assim como a vontade de procurar uma explicação para a anomalia que se apresentou. Após o término da entrevista, cogitou a possibilidade de procurar o professor do Ensino Médio para discutir a resposta encontrada.

Segundo o modelo do processo de conflito cognitivo, o aluno passou por praticamente todas as etapas do processo. Inicialmente, identificou algumas anomalias, depois passou por uma ansiedade/confusão, no sentido positivo do termo, que permitiu a evolução para motivar a resolução do conflito apresentado. Apenas, não foi avaliada a passagem pela última etapa do processo, que é a reavaliação cognitiva, cuja análise pode levar a uma ressignificação conceitual.

#### **4.4.2 – Segundo aluno**

O aluno inicia relatando que não houve dificuldade de manuseio da simulação, compreendendo o roteiro de atividades sem a necessidade de ajuda durante a realização. O professor mediador questiona sobre as respostas obtidas e o aluno esclarece que, a princípio, não houve nenhum resultado surpreendente, mas afirma esperar que o movimento iniciasse com uma força de valor pequeno em um sistema sem atrito. A confusão do aluno existiu, pois para uma força de valor muito pequeno,

em um sistema sem atrito, a velocidade se altera vagarosamente, dificultando a visualização dessa variação no início do movimento.

- Professor: Então... o... roteiro para você usar a simulação estava claro?
- Aluno 2: Não, não... nenhuma dúvida.
- Professor: A simulação... achasse a simulação agradável?
- Aluno 2: Bem... bem dinâmica... bem bonitinha.
- Professor: Bem bonitinha...
- Aluno 2: Hã-hã.
- Professor: E de maneira geral alguma coisa de surpreendente aconteceu?
- A2: Não... nada de surpreendente... Não, de surpreendente aconteceu que eu achei que qualquer força aplicada na... no sem atrito fosse deslocar o... o objeto... mas aí eu acho que ele considerou outras coisas, que eu acho que não tive o conhecimento de entender o porque.
- P: Como assim?
- A2: É porque é assim né... eu achei que... eu entendi... eu acreditei que por exemplo se você... se você fosse empurrar um objeto sem atrito ele... enfim qualquer força que você exercer... tanto se eu tô parado aqui e empurrar a mesa, a mesa vai empurrar também e os dois vão ficar... só que ali eu vi que sei lá... não sei se não deu prá enxergar essa variação de velocidade, mais aí (hum) só aumentou significativamente a partir de 5N, não como eu tava esperando...

A dificuldade do aluno em expressar essa análise da aplicação da força não foi por falta de conhecimento, mas sim por uma dificuldade de visualização do fenômeno simulado. A aplicação de uma força de módulo muito pequeno, sendo a massa do caixote alta e sem a presença do atrito, gera uma aceleração pequena o suficiente para promover um aumento lento da velocidade do caixote, visto que o aluno acreditava que qualquer força aplicada iria modificar, bruscamente, o módulo da velocidade, sendo um indicativo de não compreensão do papel da massa na formação do movimento. O professor orientou o aluno a refazer a atividade e observar novamente a evolução do acontecimento.

- Professor: Ah... Então... mas aí você pode voltar lá e pode refazer.
- Aluno 2: Hum-hum.

- Professor: Faz com uma força bem pequenininha... e aí você vai me dizer o que vai acontecer.
- Aluno 2: Deixa eu reiniciar tudo, então.
- Aluno 2: É ficou parado... não sei se vai mudar alguma coisa depois.
- Aluno 2: Ele tá aumentando a velocidade...
- Professor: Exatamente. Então, ele vai aumentar a velocidade...
- Aluno 2: Mais significativamente com uma força maior... hum-hum.
- Professor: Provavelmente a força exercida foi 1N, quando você colocou, você para poder perceber essa mudança tem que esperar um...
- Aluno 2: Algum tempinho...
- Professor: Um bom tempo...

O professor orienta o aluno a realizar uma análise comparativa entre as respostas fornecidas na primeira etapa com as observações realizadas na segunda etapa. Com a releitura da primeira questão, o docente discute com o aluno os novos resultados obtidos com a simulação, mostrando que a interpretação do aluno é mantida. Este relatou que a força aplicada deve ser maior que uma determinada força de atrito, confirmada com o manuseio do programa.

- Professor: Confirmou o que você previu aqui?
- Aluno 2: Sim.

Para a segunda questão, o aluno manteve sua ideia original, afirmando que a força responsável pelo início do movimento, quando mantida, faz com que a velocidade do caixote continue aumentando. A mediação do professor permitiu que o aluno fizesse um complemento, salientando que tal força deve ser maior que a força de atrito inicial, a qual mantinha o corpo em repouso.

- Professor: A segunda pergunta diz o seguinte... (leitura da segunda pergunta). Você responde que a velocidade do caixote vai aumentar com o passar do tempo. Você observou isso?
- Aluno 2: Sim.
- Professor: É... você percebeu isso mais quando a diferença entre a força e a força de atrito era maior?
- Aluno 2: É, exatamente.

- Professor: Isso ficou mais perceptível. Se a diferença fosse, como você mesmo colocou, 125N e aí você aplicasse 126 N...
- Aluno 2: Ele parece que vai tá ainda em repouso... mas... mas não dá prá perceber com essa diferença... mas acredito que com o passar do tempo vai deslocando, deslocando... e... aumentando...

O aluno percebe que a aplicação de uma força, um pouco superior que a força de atrito aplicada, vai produzir um movimento, sendo a visualização da variação de velocidade prejudicada devido à baixa aceleração produzida no fenômeno, consequência da pequena força aplicada no sistema. Apesar de haver um comentário sobre a diferenciação da força de atrito cinética e estática, o aluno reconheceu a existência de movimento e quebra da resistência causada pela superfície.

O professor dá início à leitura da terceira questão e, após a finalização, o docente observa algumas discrepâncias.

- Professor: (Leitura da terceira questão – com recapitulação da situação.) Você coloca que a velocidade será nula. Você observou isso?
- Aluno 2: Sim, ele foi parando com... com o atrito ele foi parando, de acordo com que eu fui diminuindo a... veloci... a força dele. Ele tava empurrando e foi diminuindo e foi parando... parando... até ficar zero... até ficar igual a velocidade nula.

O aluno possui uma grande dificuldade em finalizar o raciocínio e interpretar os acontecimentos na simulação, mas o professor observa isso e realiza uma nova verificação do fenômeno com o aluno. A princípio, o discente relata que a redução da força para um valor igual ao valor da força de atrito, presente na situação em que o movimento já existe, faz com que a velocidade reduza até um valor nulo. Em outras palavras, afirma, dessa maneira, que a redução da força é proporcional ao valor existente da velocidade e não que a formação de uma resultante nula mantém o movimento uniforme.

- Professor: Só voltando aqui um ponto. Vamos voltar aqui para a terceira, para discutir mais um pouquinho...
- Aluno 2: Certo.
- Professor: (Leitura da terceira questão.) Nesse caso o que acontece com a velocidade do caixote, mesmo?

- Aluno 2: Depois eu fiquei pensando. Depois que eu te respondi, eu fiquei analisando que... existe uma força que você tem que aplicar para tirar do repouso... e depois essa força pode se manter a mesma que o que vai manter em movimento não... só existe o atrito tipo estático, ele é maior do que o... o... o de movimento. Aí agora pensando, pensando bem assim... o primeiro impulso foi dizer que não que vai chegar até o atrito e vai ficar zero, mas não, acho que ela vai continuar em movimento pelo fato de o... o da... da... do atrito cinético ser menor do que o estático. Então, acho que a força que foi aplicada né... se ela for diminuindo até o valor igual do atrito vai manter o caixote em movimento.
- Professor: E isso você observou na simulação?
- Aluno 2: Não... eu nem... nem, passou batidão isso aí. Eu fiquei com esse conceito na cabeça... não observei isso na situação. Na simulação, mas acho que ela vai continuar em ...

Após a reavaliação feita com o professor, o aluno pôde observar corretamente o que deveria ter acontecido com o movimento do caixote, permanecendo em movimento uniforme. O comentário acerca das forças de atrito estática e cinética vem a calhar, pois é a partir dessa ideia que se entende que a redução de força para um valor igual ao do atrito é relacionado ao cinético. A releitura da questão permitiu ao professor identificar uma pequena confusão de ordem de leitura pelo aluno, sendo parte da resposta deste vinculada ao exercício quatro, ocasionando uma conclusão de que a velocidade é constante devido ao atrito cinético ser menor que o estático e não devido à resultante nula.

O ponto mais chamativo fica na fala do aluno, em afirmar que a resposta foi construída sem a necessidade da simulação, ou seja, ele, inicialmente, não observou os acontecimentos na própria simulação. Após organizar a leitura das questões, o professor continua sua entrevista e inicia a leitura da questão número quatro.

- Professor: Que é exatamente – leitura da questão com explicação. Nesse caso o que você observou?
- Aluno 2: Eu observei que realmente vai parar. Ele vai diminuindo que a força do atrito, mas... ele também não diz até quanto...
- Professor: Não... ela vai ficar menor.
- Aluno 2: Ela vai ficar menor... vai ter um ponto em que ela vai...
- Professor: Parar?

- Aluno 2: É. Parar.
- Professor: Bom. Então, você observa que a velocidade diminui até parar?
- Aluno 2: Até parar.
- Professor: Aqui você colocou que o caixote se mantém em repouso.
- Aluno 2: Hum-hum.
- Professor: Foi isso que você observou?
- Aluno 2: Não. Ele vai chegar até parar... então ele vai manter em repouso. Foi isso... então é assim é que é... tá bem... como é que eu posso dizer... tá bem relacionada a resposta da primeira... da três com a quatro.

Na etapa da atividade, sem o uso da simulação, o aluno pode ter entendido (uma das possibilidades de interpretação) que a força ficaria menor que a do atrito estático antes do início do movimento e, sendo assim, o movimento permaneceria em repouso, no entanto, com o uso da simulação, ele observa que a redução da força aplicada acontece durante a existência do movimento. A observação do fenômeno através da simulação permitiu, pelo aluno, entender, para esta situação, que a resultante final seria oposta ao movimento e que o módulo da velocidade iria reduzir aos poucos até cessar. A confirmação da compreensão do aluno aconteceria com a realização de outras atividades, de mesmo tema, que deveriam ser respondidas da mesma maneira.

O professor dá início à leitura da quinta questão.

- Professor: Agora a força aplicada irá diminuir até mais... né... então você já comentou... e finalmente a gente volta para a situação inicial – leitura da quinta questão letra a.
- Aluno 2: Ela aumenta.
- Professor: Ela aumenta também. Se o rapaz deixa de aplicar a força, o que acontece?
- Aluno 2: Ela vai continuar em movimento constante.
- Professor: Isso. Você escreveu isso. Aqui a velocidade irá aumentar na letra a. Na letra b, você colocou que a velocidade irá se manter constante.
- Aluno 2: Hum-hum.
- Professor: Você observou isto na simulação?
- Aluno 2: Sim.

O retorno do aluno, fornecendo a resposta da questão acima, é satisfatório, pois a conclusão de que, na letra A, o movimento seria com velocidade de módulo variado e que, na letra B, o movimento seria constante (retilíneo e uniforme) está correto. Vale pontuar que o discente não realizou uma discussão detalhada do que ele relatou na primeira parte da atividade e o que ele observou no manuseio da simulação. É possível identificar uma pequena geração de conflito, quando identifica a questão da massa, já que, para ele, havia um problema: o fato do corpo não variar bruscamente a velocidade com a aplicação de qualquer força maior do que o atrito estático. Durante a análise do aluno, com relação ao fenômeno, é possível presenciar as etapas pontuadas pelo modelo de processo de conflito conceitual, pois ele passa pela identificação de uma anomalia, o interesse em discutir o tema e uma reavaliação cognitiva. A interpretação física do fenômeno e do enunciado foi satisfatória, permitindo a construção da resposta, lembrando que a presença de um conflito conceitual não significa, necessariamente, uma mudança conceitual.

#### **4.4.3 – Terceiro aluno**

O aluno inicia relatando que não houve quase nenhuma dificuldade de manuseio da simulação, compreendendo o roteiro de atividades, apesar da necessidade de ajuda para o uso do programa. O professor mediador questiona sobre as respostas obtidas e o discente esclarece que não houve quase nenhum resultado surpreendente, mas afirma que alguns conceitos produziram um pouco de dúvida, pois não eram lembrados. As dificuldades de utilização da simulação e a insegurança em responder alguns questionamentos para o docente são facilmente observadas em alguns trechos da entrevista, sendo justificadas, pelo aluno, devido ao esquecimento de alguns assuntos abordados no ensino médio.

- Aluno 3: Coloquei o caixote, eu faço o que agora? Ele fez uma pergunta mas não tenho... dados.
- Professor: Qual foi a pergunta?
- Aluno 3: (a aluna leu esta parte do roteiro.)

- Professor: Aqui tem um slider que de acordo com a direção que você mexe vai aparecer ele exercendo a força ou não.

Em outro momento.

- Aluno 3: A força mínima é 3. Não tô conseguindo menos que isso.
- Professor: Não. Você pode conseguir isso.
- Aluno 3: Não tô conseguindo.
- Professor: Não tem problema. Coloque o valor que você conseguir.

Ao final da atividade.

- Aluno 3: A 8 é para comparar com essas aqui?
- Professor: Isso.
- Aluno 3: Só comparo e... E respondo?
- Professor: Pode responder se quiser.
- Aluno 3: (Risos) Eu erre algumas coisas. (risos)
- Professor: Você errou algumas coisas... algumas coisas não deram o que você esperava?
- Aluno 3: (risos) Sim. Sim.
- Professor: Se você quiser a gente pode responder a oito durante a entrevista.
- Aluno 3: Ah, pode ser.
- Professor: É que a oito é no fundo fazer esta comparação que a gente vai fazer aqui agora.
- Aluno 3: Ah tá. Então vou fazer a nove agora. Com atrito e sem atrito?
- Professor: Você tem que refazer tudo. Neste caso, você não precisa anotar, pode fazer qualitativamente.
- Aluno 3: A geladeira não sai do lugar. Tem que aplicar mais que 500N.

Após o término da feitura da atividade, o professor realizou alguns questionamentos sobre a clareza dos enunciados e uso da simulação, permitindo, ainda, questionar sobre a presença de surpresas nos resultados ou algum outro ponto que tenha chamado a atenção do estudante.

- Professor: O roteiro tá claro?
- Aluno 3: Sim. Tá tudo certinho.



- Professor: O roteiro... Você não teve dificuldade com o roteiro da atividade?
- Aluno 3: Não.
- Professor: E com a simulação? Teve alguma dificuldade?
- Aluno 3: Não... só de colocar... mas... não, tá tudo certo também.
- Professor: Foi fácil manusear?
- Aluno 3: Ah... é que... a mão... mas foi... no geral acho que sim... ah...
- Professor: Teve um pouco de dificuldade, então?
- Aluno3: Não... é que... tenho que... não... eu acho que não, só um pouquinho... (risos) talvez.
- Professor: De maneira geral alguma coisa te surpreendeu?
- Aluno 3: Sim, eu não lembrava destas coisas... (risos). Umas coisas que eu lembrava, mas...

A leitura da entrevista deixa clara que não houve uma interpretação fluida devido à dificuldade de manuseio da simulação, por parte do aluno 3, em realizar a atividade. O professor ficou, constantemente, auxiliando a manusear a simulação e a entender os objetivos de cada pergunta. Abaixo, começará a exposição de cada uma das questões, deixando explícitos os acontecimentos individuais do discente.

- Professor: Na primeira questão do questionário... você colocou né... a questão dizia (o pesquisador leu a questão)... você colocou a força inicial para que o objeto se movimente tem que ser mínima para vencer o atrito. Você... você confirmou isso na simulação?
- Aluno 3: Sim. Porque se eu fizer uma força igual ao atrito ele não sai do lugar. Se eu fizer 1N a mais já sai. Essa parte sim.
- Professor: Essa parte sim.

O aluno não faz referência ao atrito cinético e ao atrito estático, mas tem compreensão da necessidade de se vencer a força de atrito presente durante o repouso do objeto (nesse caso o atrito estático). O discente repassa que se a força for maior em 1 N, o objeto já vai iniciar seu aumento de velocidade, entretanto vale ressaltar que o início cinético do fenômeno pode acontecer com variações bem menores do que o valor anterior citado.

- Professor: (Leitura da segunda questão.)

- Aluno 3: Ela aumenta e eu coloquei que não. Eu coloquei que ela fica constante. Foi isso que eu fiz.
- Professor: Foi.
- Aluno 3: É... então, aí eu lembrei que não. Aumenta.
- Professor: Depende. Na primeira vez você colocou que ficava constante.
- Aluno 3: Na outra também.
- Professor: Na outra você colocou que ela diminuía.
- Aluno 3: É. Então, mas não... é que eu confundi com a saída que tem que fazer uma força grande. Aí eu pensei, não sei porque, eu pensei no atrito. É... atrapalhando, mas não... é, fica mais fácil que nem eu falei aquela hora é mais fácil tirar.
- Professor: Mas olha só a pergunta que foi feita (leitura da segunda pergunta com explicação).
- Aluno 3: Aumenta a velocidade.
- Professor: Aumenta a velocidade.
- Aluno 3: É.
- Professor: Tá.
- Professor: Então tá. Você primeiro colocou que ela ficava constante, depois que diminuía.
- Aluno 3: eu errei os dois (risos).
- Professor: Mas isso te surpreendeu de alguma maneira?
- Aluno 3: Ah... não surpreendeu. É porque... não sei, faz tempo que eu vi. Eu tentei puxar do ensino médio, porque a gente viu isso aqui. Eu tentei puxar, então... foi só que esqueci não consegui lembrar ou pensar e tal. Mas, eu acho que não surpreendeu não.

Na primeira parte da atividade, o aluno relatou que a velocidade de movimento do caixote diminuiria devido ao não aumento da força aplicada, maior que o atrito, permanecendo constante também, mas, na manipulação da simulação, pode-se observar que a velocidade continua aumentando e o aluno conseguiu observar isso. Na transcrição da fala, o estudante apresenta um pouco de confusão em organizar sua justificativa da razão do acontecimento, todavia a mediação do professor permitiu que, com uma releitura, o discente pontuasse seus dois erros cometidos. Apesar dos desvios percebidos, o aluno não confirma surpresa nos resultados obtidos, justificando os equívocos com o esquecimento de temas estudados anteriormente.

As observações pontuadas na questão número três, aparentemente, remeteriam a uma situação de conflito, devido às

divergências de respostas, mas o mediador observou que o aluno “pulou” essa tarefa, na realização original, e foi necessário refazê-la.

- Professor: A terceira questão dizia o seguinte (leitura da terceira questão). Aí você coloca que se o rapaz diminuir a força até ela se igualar ao atrito a velocidade do caixote se anulará. Você observou isso na simulação?
- Aluno 3: tinha essa aí para fazer. Mas acho que sim. Provável. Eu acho que sim... ou não?

(O aluno não havia feito este item da atividade na simulação.)

- Professor: Então vamos lá.
- Aluno 3: Mas eu acho que sei lá (a aluna simulou a questão). Deixa eu ver quanto era mesmo. Ai... não, ela fica constante. Com atrito ela fica constante é...
- Professor: Isso te surpreende de alguma forma?
- Aluno 3: Ah... Deixa eu pensar. Agora pensando não, mas se eu fosse pensar 3 s... 3 minutos atrás eu ia pensar porque não pensei nisto antes, mas... é meio de se esperar, né.
- Professor: Por que é de se esperar?
- Aluno 3: Ah... porque você tirou já... do... do repouso... com uma força maior porque precisa ser maior prá sair, mas se você voltar como já tá em repouso... não... acho que se você igualar né... pelo visto não para, mas fica constante, não vai aumentar a velocidade.
- Professor: Mas aqui você colocou que ele para, pois a força mínima para que o caixote se movimente precisa ser maior do que o atrito.
- Aluno 3: É, mas prá tirar do repouso. Eu não considerei, mas aí no caso eu tinha pensado assim, mas... mas isso só vale prá tirar do repouso, não prá continuar fazendo...
- Professor: Então, isso não te surpreende?
- Aluno 3: Não. Ah, não sei se a palavra é surpreender.
- Professor: Qual seria a palavra que você usaria então?
- Aluno 3: Ah, não sei. É interessante pensar. Ninguém para prá pensar estas coisas. E... sei lá. (risos)

Apesar de o aluno não ter observado essa atividade a ser realizada, com a mediação do professor, ele conseguiu concluir que a velocidade permaneceria constante, se a força aplicada fosse reduzida até o seu módulo ser igualado ao da força de atrito cinética presente. O professor questiona se o resultado do fenômeno simulado era uma

surpresa para o discente, mas, novamente, ele afirma que não. Um ponto a se considerar é que o aluno possui algumas respostas erradas, quanto à situação interpretada corretamente, porém, sempre que o professor questiona sobre a possibilidade de surpresa no resultado, o aluno não confirma. A finalização da resposta é interessante, pois, apesar de não comentar sobre a força de atrito estática, há uma conclusão final de que a força aplicada deve ser maior para iniciar o movimento do caixote. Com a conclusão da discussão, segue a atividade.

- Professor: Aí a quarta diz o seguinte (leitura da quarta questão com comentário).
- Aluno 3: Aí para.
- Professor: Aí você coloca que a velocidade será nula.
- Aluno 3: É, mas é porque eu tinha colocado que ela tava nula.
- Professor: Ela fica nula... imediatamente?
- Aluno 3: Hum... no atrito se... se eu parar de fazer a força?
- Professor: Se você fizer uma força menor que o atrito.
- Aluno 3: Imediatamente.
- Professor: Você diminui a força ele para.
- Aluno 3: Não. Ele anda até parar.
- Professor: então, a velocidade vai diminuindo?
- Aluno 3: Sim, ela diminui... de acordo com... né... a velocidade que tava.
- Professor: Hum-hum.

O professor iniciou a leitura da quinta questão.

- Professor: Aí depois nós temos considere a situação inicial (leitura da quinta questão com comentário).
- Aluno 3: Aumenta. Eu acho que coloquei que fica constante. Não sei por que fiz isso.
- Professor: Você colocou: se aplicar uma força constante sobre um caixote sobre uma superfície sem atrito sua velocidade continuará constante de acordo com a força aplicada, pois não tem nenhuma força contrária ao movimento.
- Aluno 3: É... então, por isso que ela tem que ir const... por isso ela tem que ir além. Mas, não por isso ela tem que aumentar já que não tem nada é... não sei se essa é a explicação, mas...
- Professor: O que que você acha então? Se você disse que acha que não é essa.

- Aluno 3: Não. Não é isso com certeza. Ela começa a aumentar e aumenta bastante até. É porque eu não tenho ideia eu acho, sei lá.
- Professor: Mas isso te surpreende de alguma maneira? Você acha isso interessante, usando sua palavra, de alguma maneira?
- Aluno 3: (Risos) Ah... surpreende menos que a do atrito né. Porque é... é de... não sei porque... caramba... enfim é... é menos surpreendente do que a do atrito... continuar aumentando a velocidade... a sem o atrito continuar aumentando... né, mas... é interessante né... mas não tão surpreendente, porque eu errei mesmo.
- Professor: Como eu falei não tem errado. Você tá colocando o que você acha e, aí, depois você está usando a simulação...
- Aluno 3: Certo.
- Professor: A gente tá só fazendo um pingue-pongue com as suas respostas.
- Professor: (leitura da 5b.) Aí você coloca: se o rapaz parar de aplicar a força, o caixote continuará se movimentando, pois não há alguma força contrária para fazê-lo parar. Você quando usou a simulação, você observou isso?
- Aluno 3: É ele vai... ele vai continuando.
- Professor: Segue em movimento então?
- Aluno 3: Mas, é... só não lembro se ele segue constante ou aumentando.
- Professor: Você pode refazer. Você colocou aqui que ficará constante.
- Aluno 3: Ah. Eu falei constante. Deixa eu... (refez a situação na simulação.) É segue constante mesmo. Tá certo.
- Professor: Isso te surpreende de alguma forma?
- Aluno 3: Ah... não, porque se eu apliquei uma força não tem... se não tem nada nem atrapalhando ou outra força ajudando ele vai seguir constante, né.
- Professor: Aí depois você refez o... você refez rapidinho a atividade utilizando um objeto de maior massa.
- Aluno 3: Sim.
- Professor: Você fez... Não você fez o comentário aqui. Você falou: ué, o objeto mais pesado tem que fazer maior força...
- Aluno 3: Não, eu falei que não conseguia mover nem com 500N que é o máximo.
- Professor: Ah... tá.

- Aluno 3: Eu acho que a geladeira deve... sei lá, pesar bastante. Não sei quanto pesa a geladeira.
- Professor: Tá certo então. Algum comentário? Alguma coisa?
- Aluno 3: Não. Não, só fiquei triste por não ter lembrado... as coisas (risos).

O aluno 3 demonstrou pontos discretos de conflito conceitual no quesito movimento e força sobre o caixote, pois algumas conclusões da primeira etapa, como afirmar que a presença de uma força constante, sem a presença do atrito, manteria a velocidade constante, é um dos exemplos. O discente apresenta um pouco de confusão e insegurança ao fornecer as respostas e acaba demonstrando interesse pelos resultados obtidos com a simulação, mas justifica boa parte do ocorrido por não se lembrar das discussões que já havia presenciado em sala de aula. Existe a relação entre massa e dificuldade em mover o objeto, ponto relatado, a partir do momento em que o aluno descreve a simulação feita com o objeto geladeira, quando confirma que esta possui maior peso e precisa de mais força para se mover. Apesar da presença da simulação, a visualização do movimento do objeto com uma força de 500 N é dificultada devido à vagarosa alteração do módulo da velocidade (baixa aceleração), fazendo com que o estudante afirmasse que essa força não era suficiente para mover a geladeira.

No decorrer das entrevistas e análises dos três alunos, podem-se observar situações de surpresa, entre os resultados obtidos na primeira etapa e os resultados obtidos na segunda ou, ainda, situações de neutralidade e aceitação direta, não fornecendo pontos de conflito. A base de conteúdo entre os alunos é discrepante, permitindo, com as respostas, identificar pontos suaves ou explícitos da presença de conflito conceitual.

As situações que apresentaram o reconhecimento de anomalia ficaram mais destacadas nas respostas do primeiro e segundo aluno, que acabaram por se surpreender com algumas situações visualizadas na simulação em contraste à primeira etapa. O modelo de processo de Lee e Kwon prevê a identificação de uma anomalia, pois, neste modelo, o processo de conflito cognitivo ocorre quando um aluno (a) reconhece uma situação anômala, (b) manifesta interesse ou ansiedade sobre como resolver o conflito cognitivo, e (c) se engaja em reavaliar cognitivamente a situação.

## **Capítulo 5 – Análise dos resultados da atividade**

A atividade foi aplicada a três duplas de alunos voluntários do curso de Engenharia Civil da Universidade Barriga Verde - UNIBAVE, que estavam cursando pela primeira vez o curso de Física I.

As entrevistas foram registradas em áudio, seguindo o modelo da validação, na qual os estudantes responderam questões acerca da clareza das atividades, assim como sobre as respostas dadas antes e depois do uso da simulação. É importante ainda citar que o instrumento de gravação permaneceu ligado durante a feitura da atividade para o registro de questões formuladas pelos participantes e registro de eventuais reações. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento, afirmando conhecer os objetivos da atividade e permitindo que as informações recolhidas pudessem ser utilizadas no projeto de mestrado em questão.

A organização das análises de cada entrevista será feita separando as etapas, primeiro os questionamentos que não envolveram o uso da simulação (nos quais serão analisados trechos das respostas dadas pelos estudantes), segundo, os questionamentos que usaram a simulação e, por fim, a conclusão dos resultados obtidos em ambas as etapas. Para maior agilidade na exposição das falas, as respostas dadas pelos discentes serão colocadas em sequência direta, sem a presença de todos os questionamentos de mediação do professor, que necessitou intervir em alguns momentos para um esclarecimento das respostas fornecidas.

A realização das atividades em dupla permitiu observar a discussão frequente entre os membros do grupo, sendo que as divergências, que estavam presentes, ocasionaram discussões que, em certos momentos, geraram a identificação por parte de um dos membros (ou ambos) de informações anômalas e, conseqüente, geração de conflito. Essa condição, que não esteve presente na validação individual, será exposta em análise posterior a transcrição de cada dupla.

### **5.1 – Perfis dos entrevistados**

Inicialmente, foram feitas algumas questões com o objetivo de conhecer um pouco mais sobre os participantes da pesquisa. Entre outras

informações, foi perguntado se, durante a vida acadêmica, os envolvidos tiveram contato com simulações e, em caso de resposta afirmativa, uma opinião sobre a experiência.

A apresentação de cada grupo entrevistado será realizada de forma conjunta, em uma mesma seção, para que a leitura e análise das respostas obtidas por cada um sejam mais objetivas e dinâmicas.

### **5.1.1 – Primeira dupla**

A primeira atividade realizada e documentada foi de uma dupla de alunos com um aluno do sexo feminino (Aluno 1) e outro do sexo masculino (Aluno 2), com idades de 19 e 28 anos, estudando o ensino médio em escola pública (Aluno 1) e privada (Aluno 2), afirmando que os professores utilizavam ferramenta computacional para auxiliar nas aulas.

O trabalho desenvolvido pela dupla teve duração de, aproximadamente, 48 minutos, contados do momento de explanação do fenômeno físico, que seria trabalhado, até a finalização completa do segundo questionário. A dupla relatou que o roteiro e a simulação foram considerados de fácil manuseio e que, durante o uso do programa, alguns resultados foram inesperados.

### **5.1.2 – Segunda dupla**

A segunda atividade realizada e documentada foi de uma dupla de alunos do sexo feminino (Aluno 1 e Aluno 2), com idades de 27 e 17 anos, e ambos os alunos estudando o ensino médio em escola pública e afirmando que os professores utilizavam ferramenta computacional para auxiliar nas aulas.

A atividade desenvolvida pela dupla teve duração de, aproximadamente, 45 minutos, contados do momento de explanação do fenômeno físico, que seria trabalhado, até a finalização completa do segundo questionário. A dupla relatou que o roteiro e a simulação foram considerados de fácil manuseio e que, durante o uso do programa, alguns resultados foram inesperados.



### **5.1.3 – Terceira dupla**

A terceira atividade realizada e documentada foi de uma dupla de alunos do sexo feminino (Aluno 1 e Aluno 2), com idades de 18 e 27 anos, estudando o ensino médio em escola pública (Aluno 1) e privada (Aluno 2), afirmando que os professores utilizavam ferramenta computacional para auxiliar nas aulas.

A atividade realizada pela dupla teve duração de, aproximadamente, 39 minutos, contados do momento de explanação do fenômeno físico, que seria trabalhado, até a finalização completa do segundo questionário. A dupla relatou que o roteiro e a simulação foram considerados de fácil manuseio (interpretou as perguntas com clareza), afirmando que se houve erro de interpretação, nenhum membro da dupla identificou durante a realização da atividade.

## **5.2 – Questionário**

O roteiro da atividade, que foi apresentado aos alunos, possui duas etapas distintas de realização. Assim, a primeira parte consiste em ser realizada sem o manuseio da simulação para visualização do fenômeno físico em questão, ou seja, o aluno deve responder às perguntas com conhecimento próprio e interpretado, apenas, com a leitura do enunciado; e a segunda parte, constitui-se de questionamentos baseados na primeira etapa, realizada com o manuseio da simulação.

A primeira parte da atividade tem o objetivo de proporcionar um momento de reflexão sobre situações didáticas que são constantemente apresentadas aos alunos no ensino médio. Na segunda parte, os alunos observam a sequência de acontecimentos na simulação e comparam com as respostas fornecidas na primeira parte. O intuito é explorar a possibilidade da promoção do conflito cognitivo em caso do aparecimento de discrepâncias entre as respostas dadas na primeira parte e a situação simulada. As transcrições das respostas dos alunos estão expostas abaixo.

### 5.3 – Primeira etapa – Sem o uso da simulação

A apresentação da primeira etapa será organizada, descrevendo-se cada questão, fornecendo uma análise da resposta esperada e, seguidamente, a descrição e análise das respostas fornecidas pelas duplas.

#### 5.3.1 - Primeira questão

**Enunciado:** Considerando que o atrito entre o caixote e a superfície não é desprezível, o que você pode afirmar sobre o valor da força aplicada para que o caixote entre em movimento? Por quê?

**Análise:** A resposta esperada deveria abranger os conhecimentos teóricos sobre a força de atrito cinética e estática, assim sendo, uma explicação clara de como a força aplicada deveria, primeiro, “vencer” a força de atrito estática, para, conseqüente, existir o início do movimento do caixote. A complementação seria finalizada com a afirmação de que, após o início do movimento do caixote, a força de atrito seria, automaticamente, tratada como cinética, sendo ela menor, em módulo, que a força de atrito estática. A representação ilustrada do fenômeno, como também a construção dos vetores não foi solicitada, mas a explanação da força aplicada e sua resistência e o atrito estático, deveriam ser comentados, compreendendo a resistência inicial e qual força é responsável por essa barreira ao movimento.

Dupla 1:

- A1 – Tem que ser acima do peso mais a força de atrito, porque tem que vencer a força de atrito.
- A2 – Então tem que ser o peso...
- A1 – Tem que vencer o peso e a força de atrito.
- A2 – Para que o caixote entre em movimento, né? Tá... Então, o porque disso é porque atrito é maior que... O que a gente pode colocar?
- A1 – Porque se ele não tiver uma força maior não vai ter movimento.

- A2 – Ele não vai conseguir mover, né? Até por causa da rugosidade.
- A1 – É.

A discussão rápida da dupla, sobre o acontecimento sugerido pelo enunciado, chama atenção pela associação entre a dificuldade de iniciar o movimento, devido ao atrito, e a presença de um valor para o peso do objeto, como se ele fosse uma força de oposição à força aplicada pelo usuário. Durante esse primeiro contato com o fenômeno proposto, a dupla não menciona o tipo de atrito envolvido, como o atrito cinético e estático, não considerando que o vínculo do peso com o atrito fica ligado à normal da superfície e o próprio atrito com coeficiente de atrito da superfície. Pode-se observar uma breve discussão entre os discentes, mas ambos firmam suas opiniões de forma igual, não produzindo discussões profundas sobre o tema.

A resposta confusa dos alunos pode ser resultado de uma construção fragmentada no ensino médio, forçando os alunos a responderem com uma fala mesclada entre o conhecimento científico adquirido e suas concepções prévias pessoais, pois se identifica que a dupla entende que objetos mais pesados serão mais difíceis de movimentar.

#### Dupla 2:

- A2 – Do outro lado. A força... Ahhh tá... Tem que aplicar, tem que ser maior que a força de atrito. Daí... Porque? Porque a força tem que ser maior para que ele entre em movimento.

A resposta da dupla 2 fica restrita à fala do aluno 2, contudo apresenta parte dos problemas identificados na dupla anterior, pois não há menção aos tipos de atritos envolvidos. A conclusão atingida pelos alunos é de que a força aplicada pelo usuário deve ser maior que a força de atrito, não existindo justificativa que mencione as características da superfície, como seu coeficiente de atrito, ou citação da presença de peso e normal.

A resposta foi simples e não apresentou uma discussão aparente, pois a dupla parece ter respondido sem uma reflexão atenta acerca dos estudos anteriores sobre o tema. Não se observou um momento de dúvida que justificasse a presença de um contato com uma situação nova e desconhecida (dado anômalo) com o uso da simulação, finalizando a questão de forma objetiva.

### Dupla 3:

- A1 – Considerando que o atrito entre o caixote e a superfície não é desprezível, o que você pode afirmar sobre o valor da força aplicada para que o caixote entre em movimento? Por quê?... Deu... Já lesse?
- A2 – Sim
- A1 – O que você pode afirmar sobre o valor da força aplicada para que o caixote entre em movimento? Por quê?... A força que ele tem que aplicar no caixote tem que ser maior que a força de atrito entre o caixote e a superfície, por que se não vai anular a força de atrito e não vai acontecer movimento... Tem que colocar no verso... A força aplicada ao bloco...
- A2 – Tem que ser maior...
- A1 – Ser superior...
- A2 – Que...
- A1 – A força de atrito existente...
- A2 – Resistente?
- A1 – Existente... Entre o caixote e a superfície... Vírgula, desta forma, podendo anular o atrito e iniciar o movimento. Após o início do movimento a força aplicada ao bloco pode ser um pouco menor que a força de atrito...
- A2 – Deu...

A terceira dupla não apresentou a diferença entre os atritos cinético e estático, como nas duplas anteriores, entretanto fez uma observação importante, que seria uma das diferenças entre os tipos de atrito, afirmando que, após o início do movimento, a força aplicada pelo usuário, para mantê-lo, poderia ser um pouco menor. Essa observação caracteriza a mudança do atrito estático para o atrito cinético, mesmo não sendo pontuado dessa maneira, pelos discentes, fica subentendido a diferenciação entre elas. O que torna a força de atrito cinética menos intensa que a força de atrito estática é a mudança de seu coeficiente de atrito.

A presença de alguns pequenos trechos que indicam incerteza ao fenômeno presente no enunciado foi insuficiente para impedir que a dupla finalizasse suas conclusões, não julgando as respostas como certas ou erradas.

### 5.3.2 – Segunda questão

**Enunciado:** Se a força aplicada pelo rapaz para colocar o caixote em movimento for mantida constante, o que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?

**Análise:** A resposta esperada seria o entendimento de que a presença de uma força constante, diferente de zero e maior que a força de atrito, proporcionaria uma aceleração constante e diferente de zero. A compreensão do aluno de que essa força, constante ou não, já permitiria a variação do módulo da velocidade é fundamental, mas muitos discentes associam a força constante a uma velocidade, também, constante.

Dupla 1:

- A1 – Se a força for constante, a velocidade também vai ser constante, né?
- A2 – Acho que a velocidade vai aumentar. Porque vai quebrar as rugosidades.
- A1 – Então, mas assim... Se tu empurrar e continuar sempre com a mesma força.
- A2 – A velocidade será mantida, né?
- A1 – Eu acho que sim.
- A2 – Eu acho que a velocidade do caixote aumenta. Porque se tu pega a caneta e empurra aqui, a rugosidade já quebrou.
- A1 – Mas tu não está empurrando com a mesma força. Assim ó... Deixa eu pegar aqui meu celular... Espera aí... Pega aqui no centro e vai empurrando com a mesma força sempre, assim também vai quebrar.
- A2 – Então a velocidade mantém. O que acontece com a velocidade? A velocidade... Permanece constante... Porque? Porque a força aplicada sobre o objeto vai ser constante também, não vai?
- A1 - Se a força aplicada pelo rapaz para colocar o caixote em movimento for mantida constante, o que acontecerá com a velocidade do caixote?

- A2 – O que acontece com a velocidade do caixote? Se permanecerá constante, né?
- A1 – Tem que usar uma força maior para quebrar o atrito estático, né?
- A2 – Exato.
- A1 – Então depois... Ele vai adquirir uma força constante, não sei se a velocidade vai ficar constante ou vai continuar aumentando.
- A2 – Eu acho que depois de quebrado. Assim ó... A gente pega e empurra um guarda-roupa... Força maior... Depois a tua velocidade é a mesma.
- A1 – Tá... Permanecerá constante?
- A2 – Sim. Porque a força aplicada sobre ele também continuará a mesma. Que beleza!!!

A discussão entre os alunos fica restrita à presença de uma força constante que manterá a velocidade constante também. Alguns trechos destacam uma dúvida inicial intensa em afirmar se a velocidade aumenta ou diminui, mas a conclusão não foi a correta. Além disso, existe uma alternância, entre os alunos, de falas que tentavam convencer seu colega da ideia contrária, pois, em alguns momentos, há a afirmação de que a velocidade aumenta, contudo o aluno é convencido a pensar diferente, que nesse caso seria a velocidade se manter constante. Os estudantes não compreenderam que a presença de uma força constante pode alterar o módulo da velocidade do objeto, desde que a resultante do sistema não seja nula, porém, não houve discussão acerca da existência, ou não, de uma resultante. A compreensão de que a força precisa aumentar seguidamente, para que a velocidade aumente também está presente na discussão que deu origem à resposta final.

O entendimento das leis de Newton seria uma boa ferramenta para visualizar que a presença de uma força pode produzir uma aceleração sem que o seu valor, em módulo, seja alterado irrestritamente. A dupla apresentou uma discussão mais intensa que a visualizada na primeira questão, envolvendo um pequeno conflito de ideias entre os membros da equipe.

Dupla 2:

- A1 - Vai ficar constante também. Acho que é constante, porque a força que ele aplica vai ser sempre a mesma, então a velocidade vai ser mantida.

- A2 – Já que a velocidade depende da força...
- A1 – É... Acho que sim.
- A2 – Já que a velocidade depende da força... Se a força é constante, a velocidade também se mantém constante.
- A1 – Não. Mas espera aí... Lembra... Não... Se lembra...
- A2 - Se a força aplicada pelo rapaz para colocar o caixote em movimento for mantida constante, o que acontecerá com a velocidade do caixote?
- A1 – Vai aumentar. Porque pra ti colocar uma coisa em movimento, tu só impulsiona a primeira vez, depois a velocidade continua. Se a força for constante, a tua velocidade vai ser maior, vai aumentar.
- A2 – Tu acha que a velocidade vai aumentando?
- A1 – É...

A dupla 2 apresenta um início muito semelhante ao apresentado na dupla 1, quando eles discutem que a força aplicada, de forma constante, irá produzir uma velocidade constante também. A ideia não persiste e a conclusão acaba por afirmar que a velocidade irá aumentar. Há uma pequena referência à força de atrito estática, no momento em que eles citam que para iniciar o movimento, deve-se dar um impulso inicial. Apesar de os termos não remeterem, diretamente, ao tema compreende-se que, após o movimento iniciado, a força aplicada anteriormente será suficiente para produzir uma aceleração e alterar o módulo da velocidade.

Embora a discussão seja mais amena que a equipe anterior, a dupla conseguiu concluir a consequência da força constante, no movimento, de forma correta, mesmo que a presença de uma fala sobre a força resultante não nula ou a existência de uma aceleração possa ter sido negligenciada.

Dupla 3:

- A2 – Vai aumentar né?
- A1 – Vai aumentando...
- A2 – É...
- A1 – Porque cada vez... Sei lá...
- A2 – Como ele vai manter constante, a velocidade vai ser maior porque ele já está em movimento...
- A1 – O movimento já vai estar indo, mais o peso da caixa...

Tipo assim, olha só, pensa comigo... Tipo, eu to empurrando a mesa, depois de um tempo que eu to empurrando ela com a mesma força, vai ficar mais fácil, se eu soltar ela, ela vai sozinha...

- A2 – Ela continua em movimento...
- A1 – Isso... Sabe escrever sozinha?
- A2 – Deixa eu ver de novo...
- A2 – Porque assim, a velocidade vai aumentar, porque como ele já está em movimento é mais fácil manter ele na constante né?
- A1 – É mais fácil de aumentar a velocidade...

A discussão da dupla 3 é interessante pela forma como a equipe justifica os acontecimentos do fenômeno. A conclusão foi atingida de modo correto e rápido, ou seja, a velocidade vai aumentar em módulo. Ainda assim, a discussão desencadeada foi precipitada, pois eles afirmam que, após a mesa iniciar o seu movimento, a força pode ser retirada e a mesa vai continuar seu movimento sozinho. Diante do exposto, há uma relação com a primeira lei de Newton, na qual o fenômeno da inércia acontece, mas que não justifica o fato de a força aplicada de forma constante alterar a velocidade e produzir uma resultante não nula com aceleração. Caso a força fosse retirada, o movimento só permaneceria se o atrito fosse desprezado nessa etapa.

Novamente, a discussão sobre força resultante fica de lado e as conclusões são tiradas de forma superficial e sem um confronto de opiniões relevantes. Vale ressaltar que muitas das observações que os alunos relatam ficam focadas em visualizações de fenômenos de seu dia a dia, não remetendo, por completo, ao conhecimento científico.

Nenhuma das três duplas fez menção de que a força constante aplicada no movimento, após o início do mesmo, é superior à força de atrito estática, e que essa mesma força vai produzir uma resultante maior, em módulo, após o movimento iniciado, pois o coeficiente de atrito da superfície sofrerá uma redução, reduzindo, também, o valor final do atrito (atrito cinético). O contato com a segunda questão não apresentou situações de conflitos de ideias significativos. A presença de alguns pequenos trechos que indicam incerteza frente ao fenômeno contemplado no enunciado foi insuficiente para impedir que a dupla finalizasse suas conclusões, não julgando as respostas como certas ou erradas.



### 5.3.3 – Terceira questão

**Enunciado:** Considere agora que o rapaz diminui a força até ficar igual ao atrito, e que, a partir deste momento, o valor da força seja mantido constante. O que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?

**Análise:** A resposta esperada deveria explicar que, após o início do movimento ter acontecido e de a força resultante ter-se tornado nula, o movimento deveria se manter constante, sem variação do módulo da velocidade (retilíneo e uniforme), pois a resultante zero acarreta uma aceleração nula do sistema. A compreensão de que a existência de uma força de atrito não é sinônima de que um corpo irá parar é fundamental para entender, em situações como essa, que o princípio da inércia é aplicado no sistema, porém o vínculo de força resultante zero e a paralisação do movimento são frequentes por parte dos alunos.

Dupla 1:

- A2 – Ele vai parar.
- A1 – Ele vai parar.
- A2 – Por quê?
- A1 – Porque não vai vencer as rugosidades.
- A2 – Exatamente.
- A1 – Agora eu estou com uma dúvida.
- A2 – O quê?
- A1 – A gente vai simular o atrito cinético ou atrito estático?
- A2 – Atrito Estático.
- A1 – Mas ele não vai parar, pois o atrito cinético é menor. Mas ele não diz aqui.
- A2 – O atrito Estático é maior.
- A1 – Então... Se ele se igualar ao atrito estático ele ainda vai continuar em movimento. Só vai diminuir a velocidade.
- A2 - Diminui a força até ficar igual ao atrito, e que a partir deste momento o valor da força seja mantida constante. Mas vai ter que diminuir.
- A1 – É... Mas se o atrito for o atrito cinético ele vai parar.

- A2 – Vai parar?
- A1 – Vai parar, porque ele não vai conseguir vencer o atrito.
- A2 – Então tem que colocar os dois, né? Na dúvida... Assinala as duas, uma vai estar certa.
- A2 – É isso, né?
- A1 – É. Vamos para a próxima.

A dúvida sobre qual atrito considerar na interpretação do movimento fica explícita na discussão da dupla, sendo que a fala inicial era de que o corpo iria parar, ou seja, sem uma força que “vença” o atrito, não há movimento. A dúvida existente sobre qual atrito deve ser considerado prejudica a montagem da conclusão final e começa uma pequena discussão que permite identificar outras falhas na compreensão dos alunos, como a afirmação feita sobre o atrito estático e cinético. Já que o corpo está em movimento, o atrito que deveria ser considerado seria o cinético, sendo que eles afirmam que se a força aplicada pelo usuário for igual à força de atrito cinético, o corpo para. A discussão dos discentes sobre o atrito estático fica mais distante da real, porque argumentam que se a força aplicada fosse igual à força de atrito estático, o movimento iria continuar com velocidade, reduzindo em módulo.

O entendimento do aluno pode ter levado em consideração, visto que a força de atrito estática seria maior que a força aplicada de forma constante, ocasionando no retardamento do movimento, mas o enunciado deixa claro que a força aplicada deverá ser igual à do atrito, ou seja, a resultante, em ambos os casos, deveria ser nula. Essa consideração fica inviável de se considerar, já que o atrito estático está presente no repouso e não no movimento.

Dupla 2:

- A2 – 3. Considere agora que o rapaz diminui a força até ficar igual ao atrito... Aí vai parar.
- A1 - E que a partir deste momento o valor da força seja mantida constante... Vai parar. Porque se for igual ao atrito não vai quebrar as rugosidades. Até ai está fácil. Por quê?
- A2 – Porque a força aplicada não vai conseguir quebrar as rugosidades do atrito.
- A1 – Isso.
- A1 – Será que a gente inverteu?
- A2 - O que acontecerá com a velocidade do caixote? Vai

continuar parado.

- A2 – Eu acho que está errada a 3.
- A1 – Não... Errada por quê?
- A2 – Eu acho que está.
- A1 – Por quê?
- A2 – Se tu...
- A1 – Esperai aí... Se tu colocou em movimento... Verdade, né? Deixa eu pensar aqui.
- A2 – Está errada.
- A1 - Se a força aplicada pelo rapaz para colocar o caixote em movimento for mantida constante, vai continuar constante, né? Considere agora que o rapaz diminui a força até ficar igual ao atrito... Depois que tu começou o movimento, a tua força pode diminuir.
- A2 – Pode ficar até menor que o atrito.
- A1 – Pode ficar até menor que o atrito.
- A2 – 3. Vamos discutir a 3.
- A1 – É... A velocidade só vai diminuir. Mas a quantidade de movimento, porque depois que quebrar as rugosidades, depois de entrar em movimento, o atrito fica mais fraco. Não dá tempo de ele se fechar de novo.
- A2 – Acho que assim já dá, né?
- A1 – Mas quando vai continuar...
- A2 – A velocidade vai diminuindo, mas continuará em movimento.
- A1 – Ahh, tá.

A dupla apresentou uma pequena confusão na interpretação do enunciado, achando que o movimento ainda não havia sido iniciado, devido a isso afirmaram, a princípio, que o objeto ficaria parado. Após a correção de interpretação, a dupla conclui que a velocidade do objeto vai diminuir, mesmo afirmando que a força de atrito fica menor com o início do movimento. Além disso, alunos não fazem referência à geração de uma resultante. A resultante de forças seria nula, pois os módulos seriam iguais, mas com sentidos opostos, porém, eles compreendem que se a força for igual ao atrito, não há possibilidade de continuar com o movimento constante, pois o atrito não está mais sendo “vencido”. A diferenciação do atrito estático com o atrito cinético aparece de forma suave com o comentário de que a força de atrito diminui após o início

do movimento, finalizando com uma referência à primeira lei de Newton e à permanência do movimento.

A não presença de uma discussão sobre o tipo de atrito presente na formação de uma resultante nula e a ausência das considerações das leis de Newton está conduzindo as respostas para um pensamento errôneo sobre as conclusões do fenômeno. A equipe, como a anterior, não faz alusão direta ao movimento uniforme e nem sua relação com as leis de Newton, reproduzindo ideias casuais de “vencer” ou não uma barreira, sem um discernimento preciso de equilíbrio de forças.

Dupla 3:

- A1 – Ela vai diminuir, mas o caixote não vai parar, porque ela vai se anular mesmo assim... Eu acho...
- A2 – Vai diminuir por quê?
- A1 – Porque a força aplicada vai ser menor.
- A2 – Que a do atrito, né?
- A1 – Não... Vai ser menor só, menor do que antes... Isso... Deixa eu ler a questão 3... Considere agora que o rapaz diminui a força até ficar igual ao atrito, e que a partir deste momento o valor da força seja mantida constante. O que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?
- A2 – Agora a força vai diminuindo...
- A1 – Vai diminuindo e depois se torna constante... Bota aí...
- A2 – Menor do que era e se mantendo constante, né?

A dupla três não realiza uma discussão intensa sobre o fenômeno sugerido, mas mantém a ideia das outras equipes de que a redução de força para um valor igual ao do atrito e constante vai reduzir o valor da velocidade. Novamente, os alunos não aludem à geração de uma resultante nula ou à relação do fenômeno com as leis de Newton, principalmente à inércia.

A análise da terceira questão da primeira etapa possibilitou observar que nenhuma das equipes conseguiu concluir suas ideias com a relação teórica de resultante nula e equilíbrio de forças. Existe uma fala geral que defende o princípio de “vencer” ou não o atrito, sem a possibilidade de uma situação intermediária de equilíbrio, sendo que, sem essa possibilidade de compreensão, os alunos não poderão compreender satisfatoriamente o vínculo do fenômeno com as leis de Newton.

### 5.3.4 – Quarta questão

**Enunciado:** Agora, a força aplicada irá diminuir ainda mais, tornando-se menor que a força de atrito (mas ainda diferente de zero). O que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?

**Análise:** A resposta esperada deveria explicar que, como a força aplicada ficou menor que a resistência imposta pela força de atrito cinética, a velocidade iria diminuir gradativamente até o momento da parada do caixote. Teoricamente, o aluno deveria compreender que o sentido da força resultante, entre a força aplicada e a força de resistência, mudou de sentido, ou seja, o que antes empurrava o corpo para um determinado sentido, agora, empurra para o sentido exatamente oposto, modificando a continuidade do movimento original. Um complemento interessante seria explanar sobre a inversão do sentido da aceleração presente no movimento, já que a mesma possui idêntica direção e sentido da força resultante existente no sistema.

Dupla 1:

- A1 – É isso aí... Agora tem que perguntar pra ele se é atrito estático ou cinético.
- A2 - Agora a força aplicada irá diminuir ainda mais, tornando-se menor que a força de atrito, se é diferente de zero, é força cinética.
- A1 – Não não... Mas a força... Tipo assim... Se o atrito... Que agora vamos supor que agora ele parou, se o atrito estático dele é 10 Newtons e ele por com 5.
- A2 – Ele não vai conseguir quebrar.
- A1 – Ele não vai vencer.
- A2 – Exato.
- A2 - Agora a força aplicada irá diminuir ainda mais, tornando-se menor que a força de atrito (mas ainda diferente de zero). O que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê? Eu acho que a velocidade vai diminuir. Porque tu está colocando uma força menor. Independente se ela é estática ou cinética.
- A1 – É... Mas assim ó. Ele parou. Beleza. Vamos supor que ele

não consegue... Ele se igualou aquele cinético.

- A2 – Certo.
- A1 – Então ele vai parar. Ai ele fez uma força menor que o atrito. Ele não vai mexer o caixote. Porque se ele diminuir a força e ficar menor que o atrito, ele não consegue vencer. O caixote vai parar.

Há uma pequena confusão na finalização da resposta do grupo, pois, inicialmente, fica difícil compreender se o atrito considerado é o cinético ou o estático, isto é, o corpo está em repouso ou em movimento quando a força é aplicada pelo usuário? Durante a discussão, os alunos concluem as duas possibilidades de resposta, sendo que se o corpo encontra-se, novamente, em repouso, a aplicação de uma força menor que a força de atrito presente (estática) não será suficiente para iniciar o movimento do sistema, mas, se o corpo estiver em movimento e a força aplicada reduzir para um valor menor que a força de atrito presente (cinética), a velocidade sofrerá uma redução.

A conclusão final da dupla foi afirmar que o sistema, primeiro, finaliza o movimento, e, depois, tem uma força aplicada e menor que o atrito, não iniciando o movimento. Esse pensamento final está incorreto para a proposta correta do enunciado, pois a equipe deveria manter a continuidade do fenômeno descrito nas alternativas anteriores, ou seja, antes o sistema estaria com resultante nula e com velocidade constante em módulo e, apenas agora, sofreria uma redução de força aplicada, que ficaria menor, em módulo, que a força de atrito cinética. Caso a interpretação ficasse por conta de um movimento inicialmente em repouso, interpretação feita pela dupla, a conclusão final dos alunos estaria correta, apesar de não existir nenhuma citação de força resultante ou tipo de movimento presente.

Dupla 2:

- A1 – Agora, será que não para? Por quê...
- A2 – Vamos ver a resposta na pergunta seguinte?
- A1 – Tá...
- A2 - Considere agora a situação inicial (na situação da figura...) só que o atrito entre o caixote e a superfície é desprezível.
- A1 – Essa é moleza.
- A2 – Tá...
- A1 – Bom... Agora a força aplicada irá diminuir ainda mais,

tornando-se menor que a força de atrito (mas ainda diferente de zero). E agora?

- A1 – Deixa eu pensar... Olha só... Eu acho que ela pode parar, porque...
- A2 – Vai depender da massa, né?
- A1 – É... Dependendo da massa que nem o bloco, ela pode parar, porque se ela diminuir muito, o atrito vai ser maior.
- A2 – Eu acho que agora ela para.
- A1 – Eu acho que agora ela para.
- A2 – A gente está em dúvida, né?
- A1 – Nessa me pegou.
- A2 – É porque não tem dados.
- A1 – Não tem dados pra gente pensar, né? Bota aí... Que agora...
- A2 – A gente pode errar alguma também, né?
- A1 – Pode, com certeza. É o nosso pensamento, né? Lembra que ele falou na sala que a força podia diminuir?
- A2 – Tende a parar.
- A1 – Isso.

A dupla 2 não sofre com uma discussão intensa e finaliza sua conclusão de forma mais direta que a equipe anterior. Apesar da resposta não ter sofrido variações, os alunos reclamam que a resposta final seria obtida, de forma mais fácil, se houvesse dados numéricos no enunciado, sendo que a interpretação do fenômeno é puramente teórica. A conclusão da equipe aponta que o corpo tende a parar, isso pode ser considerado correto, porém não houve um debate sobre qual atrito foi considerado, formação de resultante ou, ainda, o tipo de movimento presente.

Dupla 3:

- A1 – É... Agora a força aplicada irá diminuir ainda mais, tornando-se menor que a força de atrito (mas ainda diferente de zero). O que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?... Se tornará... Ficará muito lento... Dificultando o movimento...
- A2 – Dificultando o movimento?
- A1 – É... Por quê?
- A2 – Pois...
- A1 – Por quê?
- A2 – Espera aí, deixa eu ver... Parece que ela é mais pesada,

sabe?... Porque, tipo, quando tu aplica uma força em uma coisa pesada, tu consegue manter ela, pois ela já está em movimento, mas como ela está diminuindo a velocidade, ela vai ficar um pouco mais pesada, né?

- A1 – Porque a força aplicada está sendo menor e o peso continua o mesmo, então vai ser mais difícil de tu mover ele, então o movimento vai ficar mais difícil por isso, porque o peso continua o mesmo, mas a força aplicada vai diminuir...
- A2 – Porque a força aplicada esta sendo menor e o peso...
- A1 – Não varia

Os alunos apontam uma relação entre o peso do objeto e a força aplicada para movê-lo. Essa relação pode ter prejudicado a conclusão final correta do grupo, pois, segundo a descrição presente nos enunciados, o sistema continua com o mesmo objeto e sobre a mesma superfície, sem alterações das características físicas de ambos os corpos. Essa relação entre peso e velocidade aplicada, para os objetivos do trabalho, segue satisfatória, já que a exposição das ideias dos alunos deve ser presenciada. A equipe discutiu que, aparentemente, o corpo parecia estar mais pesado, ou seja, a força necessária para o movimento ser mantido seria maior e este sofreria uma dificuldade de continuidade e reduziria. Essa redução teve relação com o vetor da velocidade, porém, em nenhum momento, os alunos pontuam que o sistema, após um tempo, entraria em estado de repouso, apenas afirmam que o movimento ficaria mais “difícil”.

As duplas possuíram uma dificuldade homogênea na interpretação de alguns enunciados, pois algumas delas reiniciaram os fenômenos descritos, não interpretando como um sistema de continuidade, isto é, as alterações deveriam ser feitas seguindo as finalizações de cada situação proposta. Esse processo de reinício acarretou em respostas fisicamente corretas para as interpretações equivocadas de alguns grupos, mas conclusões erradas para as situações, verdadeiramente, propostas por cada enunciado.

### 5.3.5 – Quinta questão

**Enunciado:** Considere agora a situação inicial (na situação da figura...) só que o atrito entre o caixote e a superfície é desprezível. A) Se o rapaz



aplicar uma força constante sobre o caixote, o que acontecerá com o valor da velocidade? Por quê? B) Se o rapaz deixar de aplicar a força, o que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?

**Análise:** A resposta, cientificamente, aceita na letra A seria o aluno pontuar a presença de uma resultante diferente de zero que leva à presença de aceleração, ou seja, a existência de uma força, mesmo que constante, acarretaria a variação da velocidade em módulo. A situação seguinte coloca o sistema sem forças aplicadas, mas o movimento já havia iniciado, sendo esperado, do aluno, concluir que o movimento seria mantido de forma constante, pois não há resultante diferente de zero para promover o aparecimento de uma aceleração, como também não há uma força de resistência ao movimento para alterar o módulo da velocidade de forma retardada.

Dupla 1:

- A2 – Fechou. Se o rapaz aplicar uma força constante sobre o caixote, o que acontecerá com o valor da velocidade? Por quê? Aumenta, né?
- A1 – Não sei, se tu tem uma aceleração constante a velocidade vai aumentar, só que ela vai aumentar constantemente. Ela... Cada... Tipo...  $2 \text{ m/s}^2$ .
- A2 – A cada  $2 \text{ m/s}^2$  ela vai aumentando. Então, teoricamente, vai aumentar. Ok. Número 5 letra A.
- A1 – Mas é que assim ó, eu falei da aceleração e aqui está falando da força.
- A2 – Mas a força é a aceleração.
- A1 – É a massa vezes a aceleração.
- A2 – Pois é. Então eu acho que a velocidade vai aumentar.
- A1 – Ela aumenta constantemente então?
- A2 – Não precisa dizer que é constante. Acho que a velocidade aumenta...
- A1 – Porque a força é constante, então se ela vai aumentar, vai aumentar constantemente, mas porque?
- A2 – Porque vai diminuindo cada vez mais o atrito com a superfície.
- A1 – Não é considerado atrito nessa situação.
- A2 – Então, não tem atrito. Entendeu?
- A1 – Não.

- A2 - Se o rapaz aplicar uma força constante sobre o caixote, o que acontecerá com o valor da velocidade? Por quê? Eu acho que se a força é constante, a velocidade também é constante.
- A1 – É. Vou botar. Por quê?
- A2 – Porque nesse caso como o atrito é desprezível, não terá atrito entre eles.
- A1 – Não.
- A2 - Não?
- A2 – A velocidade será constante. Porque a força aplicada...
- A1 – É a mesma resposta dessa...
- A2 – Mas eu acho que é mais ou menos isso, né?
- A1 – Tá. Isso na verdade, a gente já sabe que ele não vai, ele não tem..., então pra gente é difícil imaginar assim. Eu não sei explicar porque, então... Se o rapaz deixar de aplicar a força, o que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê? Vai diminuir, né? Até chegar a zero.
- A2 – Até chegar a zero. Mas porque? Porque não tem mais força nenhuma.
- A1 – Esperai ai. Eu pego uma caneta e vou empurrando, de repente eu solto.
- A2 – Ela vai parar.
- A1 - Ela andou um pouquinho ainda, mas ela vai parar. Ela vai diminuir até chegar a zero.
- A2 – Ela vai sofrer atrito. É. Exato.
- A1 – Tá.

O início da discussão dos alunos está correto, pois afirmam que a velocidade vai continuar aumentando pela presença de uma força constante, todavia sem o atrito. O trecho que mais chama atenção é quando a dupla começa a discutir, cada aluno com uma opinião diferente, sobre o fenômeno, e acabam por finalizar a resposta com a ideia de que a velocidade é constante, devido a uma força aplicada também constante. O vínculo da força constante com uma velocidade constante é recorrente em análises de fenômenos de mecânica, já que a associação de uma força com a presença de aceleração fica limitada, ou seja, os estudantes até entendem que a aceleração altera o módulo da velocidade, mas concluem que esta só continuaria variando se as outras grandezas fossem variadas também, como é o caso da força e, conseqüentemente, a aceleração. A mudança de opinião ocorreu de forma interessante, ao passo que um dos alunos havia concluído, de

forma correta, as consequências da aplicação de uma força constante sem atrito, mas como não possuía um argumento, foi convencido pelo colega a pensar diferente e abandonar sua crença inicial.

Após a primeira parte do exercício, o enunciado retira o atrito e questiona o que aconteceria e, ambos os alunos foram categóricos, o objeto iria parar, isto é, mais uma vez deixaram de lado os princípios da inércia e acabam vinculando uma força a presença de movimento. Deve-se atentar ao fato de que os estudantes desconsideraram as características impostas pelo enunciado, porque, na situação final, adicionaram, novamente, o atrito, sendo que o enunciado orientou a despezá-lo.

#### Dupla 2:

- A2 – Vai aumentar.
- A1 – Não... Espera ai. A velocidade vai ser constante. Depois que tu aplica uma força, a velocidade vai ser constante, porque tu aplica uma força. Não vai mais considerar o atrito. Ela vai deslizar. Ela não vai parar. Ela só vai deslizar. Ela vai se manter constante. Não... Ela pode aumentar. Ela vai aumentando. Ou se manter constante? Agora eu me embasbaquei. Se tu aplica uma força nela...
- A2 - Sem o atrito.
- A1 – Sem o atrito ela nunca vai parar, só... Ela vai se manter constante.
- A2 – Por quê?
- A1 – Porque não vai ter o atrito para parar, então a força que tu aplicou, ela vai continuar. Tu aplicou uma força e aquela força vai continuar, até outra força fazer ela parar.
- A2 – 6.
- A1 – Não é 6. Acho que é B.
- A2 – É.
- A1 – Vamos ver. Se o rapaz deixar de aplicar a força, o que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?
- A2 – Igual a outra. Não vai parar, só se outra força fazer ela parar.
- A1 – O caixote não para enquanto outra força...
- A2 – Não fazer ele parar. O caixote não para até que outra força pare o movimento.
- A1 – Fechou.

- A2 – Fechou.

A situação da dupla 2 não foi muito diferente da primeira dupla, pois, inicialmente, os alunos acreditavam que a velocidade continuaria aumentando com a aplicação de uma força constante sem atrito, mas, após uma breve discussão, os estudantes chegaram a uma conclusão que está sendo frequente em nossa pesquisa, eles finalizaram afirmando que a velocidade permaneceria constante. O resultado final obtido por eles não decorreu de uma situação de convencimento tão intensa como na equipe anterior, mas houve uma alteração de opinião. Novamente, a ideia de uma velocidade constante acaba por predominar, quando a força aplicada não varia.

Na situação seguinte, quando a força de atrito é retirada, os alunos chegaram a uma conclusão correta, ao afirmarem que o movimento iria permanecer infinitamente, até que uma força o fizesse parar, porém não associaram a presença da força com uma aceleração e modificaria o módulo da velocidade. Apesar de não haver citação do princípio do Ímpetus, a equipe utilizou a base dessa ideia quando conclui que permanecer com a força manteria a velocidade.

### Dupla 3:

- A2 – A velocidade vai... Vai manter a velocidade que ele começou, né? Se ele manter constante a força, ele não vai aumenta a força, ele vai manter a força constante... Então a velocidade do caixote vai permanecer, né?...
- A1 - A velocidade do caixote vai permanecer constante, sem parar... Porque não tem o que parar ele... Nunca vai parar... Lembra que ele falou, que numa superfície lisa tu não ia andar, ia deslizar... Pra sempre...
- A2 – A velocidade vai ser a mesma, pois a força de inicio é a mesma, né?
- A1 – É... E não tem nada que segure ele, não tem atrito pra segurar o objeto... Se o rapaz deixar de aplicar a força, o que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?
- A2 – A velocidade vai parar, né?
- A1 – Vai ficar constante, porque não tem nada segurando ele... Daí como vai parar? Se não tem atrito, tu aplica uma força em uma coisa e ela vai continuar andando... Não é? Porque o atrito serve pra frear, né?

- A2 – A velocidade vai ficar constante, porque não dá para parar...
- A1 – Acho que tem que ligar a tomada lá, pra carregar o notebook...
- A2 – A velocidade ficará constante, pois não há atrito, vou colocar...

Os comentários sobre a primeira parte da discussão da terceira dupla acabam por ser uma repetição dos acontecimentos das equipes anteriores, valendo destacar que, desde o princípio, ambos os alunos mantiveram suas opiniões de que a velocidade permaneceria constante com a aplicação de uma força constante.

Na segunda parte do exercício, eles concluíram, de forma correta, que a velocidade seria mantida constante e que a não presença de atrito, ou outra força, permitiria que o movimento continuasse indefinidamente.

## **5.4 – Segunda etapa – Com o uso da simulação**

A segunda etapa da atividade tem por objetivo permitir ao aluno manusear a simulação virtual do fenômeno, já descrito anteriormente, e permitir recolher novas respostas e possível identificação de alterações na interpretação dos acontecimentos. Os questionamentos dessa etapa foram elaborados para permitir identificar discordância entre as respostas da primeira etapa e pontuar situações de aceitação de informações anômalas e possível geração de conflito conceitual.

### **5.4.1 – Primeira dupla**

A1 – Aqui embaixo?

A2 - É. Vai. Andou, não.

A1 – Opa. Olha as duas forças, tá? Viu?

A2 – 141 Newtons.

A1 – Isso de atrito?

A2 – Não. Pede qual o valor necessário, 141 newtons.

A1 – Tá.

A2 – Vou colocar aqui. 3.

A1 – Espere aí. Deixa eu pegar um lápis. Faz de lápis.

A2 – Eu tenho minha lapiseira aqui.

A1 – Próxima.

A2 - Coloque o caixote em movimento e mantenha a força aplicada constante. O que acontece com a velocidade do caixote?

A1 – Deixa eu ver de novo.

A2 – 131. Coloque o caixote em movimento e mantenha a força aplicada constante. Coloca 131 lá, para a gente ver. Aí.

A1 – 134 e um pouquinho. 134 newtons. O que é pra fazer?

A2 - Coloque o caixote em movimento e mantenha a força aplicada constante.

A1 – A velocidade aumenta constantemente.

A2 - Coloque o caixote em movimento e reduza a força até atingir o valor do atrito (e mantenha constante). O que acontece com a velocidade do caixote?

A2 - Coloque o caixote sobre a superfície. Qual é o valor da força necessária para que o bloco se mova? Volta.

A1 – Mas agora ele não vai parar. Começar tudo de novo.

A2 - Clique em velocidade e em valores. Caixote. 16 Newtons. Se a força aplicada acima for mantida constante, o que acontecerá com a velocidade do caixote? Coloca zero no atrito.

A1 – Força constante.

A2 - Se a força aplicada acima for mantida constante, o que acontecerá com a velocidade do caixote?

A1 – Ele vai aumentando, olha.

A2 – Ele permanece. Coloque o caixote em movimento. Se a força deixar de ser aplicada, o que acontecerá com a velocidade do caixote?

A1 – Se mantém, está mexendo.

A2 – A velocidade...

A1 – Se mantém constante.

A2 – A gente tem que fazer a 4. Compare os resultados obtidos com as suas previsões. O que você observa?

A1 – Deixa eu parar isso aqui então.

A2 – Vamos fazer tudo e depois a gente compara. 9. Compare os resultados obtidos com as suas previsões.

A1 – É que uma é com atrito e outra sem atrito.

A2 - Refaça as atividades modificando os objetos (ou empilhando dois caixotes), tente prever o que vai acontecer, anote e compare com os resultados da simulação. Gabriel? A gente pode responder embaixo

aqui?

P – Pode. Pode.

A2 – Vamos ver a 1 ponto 10, vou colocar.

A1 – Tá, mas olha só.

A2 – Tá.

A1 – Ele disse que primeiro a gente tem que prever o que vai acontecer.

A2 – Não. Isso é nas outras duas.

A1 - Refaça as atividades modificando os objetos (ou empilhando dois caixotes), tente prever o que vai acontecer...

A2 – A gente está na 1 de 10, e a força exercida será maior.

A1 – Mas ele vai ter que aplicar a força no caixote debaixo, porque se ele aplicar no de cima, vai cair.

A2 – Boa.

A1 – Se ele tem que aplicar, vai aplicar no debaixo.

A2 – Coloque o caixote em movimento e mantenha a força aplicada constante. O que acontece com a velocidade do caixote? Ué. Se mantém constante.

A2 – E a força aplicada...

A1 – A força para iniciar o movimento. Bom que as previsões já eram, né?

A2 – Não. Não. Aqui ó. Coloque o caixote em movimento e reduza a força até atingir o valor do atrito...

A1 – Mas primeiro a gente tem que fazer as previsões, para depois fazer a simulação.

A2 – Tá. Mas vamos terminar aqui.

A1 – Ahhh, tá. Coloque o caixote em movimento e reduza a força até atingir o valor do atrito (e mantenha constante). O que acontece com a velocidade do caixote? Vai diminuir constantemente, até que chegue a zero.

A2 – Vai diminuir até parar. Coloque o caixote em movimento e reduza a força aplicada até tornar-se menor que o atrito.

A1 - Mas ainda diferente de zero, né?

A1 – Tem que diminuir ou parar?

A2 – Reduz a força. Essa 3 está errada.

A1 – Por quê?

A2 – Porque aqui ó. Coloque o caixote em movimento e reduza a força até atingir o valor do atrito.

A1 – Deixa eu ver.

A2 - Coloque o caixote em movimento e reduza a força até atingir o valor do atrito (e mantenha constante). O que acontece com a velocidade

do caixote?

A1 – E mantenha constante, mas tu respondeu a B primeiro.

A2 – Não. A B está aqui. A velocidade... Caixote... A velocidade aumenta.

A1 – Não. Tu fez só um.

A2 – É verdade. Mas não diminui até parar. Se mantém constante, né?

A1 – Ela diminui até parar, né?

A2 – Mas a 4 também.

A1 – Ai depois ela se mantém constante.

A2 – Diminui até parar. Coloque o caixote em movimento e reduza a força aplicada até tornar-se menor que o atrito.

A1 – Não. Tu tá lendo a outra já.

A2 – Não. Pois é.

A1 – É a C agora.

A2 – Eu já fiz a C.

A1 – Não. Essa aqui é a B.

A2 – Não. Não. Ó. A, B e C.

A1 – Ai Meu Deus.

A2 – Ó. Qual o valor da força aplicada...

A1 - Não. Esse aqui tudo é uma coisa só, tu que colocou errado. Olha só. Qual é o valor da força necessária para que o bloco se mova? É que tu não colocou a força.

A2 – A força necessária será maior.

A1 – Mas tu não colocou qual é.

A2 – Será maior que 131 Newton.

A1 – Tá certo. Tá. Calma ai. Coloque o caixote em movimento e mantenha a força aplicada constante. O que acontece com a velocidade do caixote? Aumenta constantemente.

A2 – E a força aplicada para começar o movimento é maior.

A1 – Então. C. Coloque o caixote em movimento e reduza a força até atingir o valor do atrito.

A2 - O que acontece com a velocidade do caixote?

A1 – Ai ela fica constante. Não.

A2 – Mantém até parar.

A1 – É.

A2 – Mantém constante.

A1 – Vai diminuindo constantemente até parar.

A2 - Certo. Essa fechou. Deu. Porque aqui vai ser a mesma coisa, né?

A1 – Agora a gente tem que fazer pra ver. 131, né?

A2 – Sim. Vai para 262, né?



A1 – É. Vamos ver.

A2 – Já andou. É 262.

A1 – É.

A2 – Coloque o caixote em movimento e mantenha a força aplicada constante. O que acontece com a velocidade do caixote?

A1 – Aumenta constantemente.

A2 – A C. Coloque o caixote em movimento e reduza a força até atingir o valor do atrito. 260.

A1 – 50 a força de atrito. Não vai.

A1 – Se mantém constante.

A2 – A letra C. Se mantém constante. Coloque o caixote em movimento e reduza a força aplicada até tornar-se menor que o atrito.

A1 – Ele para.

A2 – Beleza.

A1 – Agora. Já escreveu a C?

A2 – Já. Diminui Até parar. Fechou.

A1 – E agora? Deu, né?

A2 – Agora tu passa a limpo. Gabriel? Agora pode parar, né? Ela só vai passar a limpo.

P – Pode.

A1 – Agora vamos discutir os resultados que a gente colocou antes.

A2 – A 4 e a 9.

A1 – É. A letra 1... Certo.

A2 – Certo.

A1 – A velocidade do caixote se mantém constante... Não, aumentou constantemente.

A2 – Isso... Aumentou.

A1 – Ele vai parar... Se mantém constante. A gente estava certo. A velocidade se mantém constante, porque a força aplicada se mantém constante. O que aconteceu quando não tinha atrito?

A2 – Aqui embaixo.

A1 – Aumenta constantemente também. A gente estava errado. Por quê? Tá. Compare os resultados obtidos com as suas previsões. O que você observa?

A2 – O que tu observa?

A1 – Eu observo que as resposta não foram certas porque...

A2 – Que a teoria...

A1 – A gente não foi nas aulas do Gabriel.

A2 – Que a teoria se aprende com a prática. Acho que é isso.

A1 – A.

A2 – A 4 e a 9 já coloca.

A1 – Ei. Tem que fazer as duas. Não tem esse negócio de colocar igual.

A2 – Mas são as mesmas.

A2 - 8?

A1 – Tem que ter as comparações.

A2 – Ahh, tá. Tá passando a limpo?

A1 – Estou. Dá meu penal, escrevi errado.

A2 – Segura o cabinho pra passar mais vídeos.

P – O quê?

A2 – Passar mais vídeos, a gente quer discutir mais uma coisinha aqui. Vai ter serviço esse final de semana.

P – Tem que transcrever tudo.

A2 – Exatamente. Porque através disso dá de fantasiar.

A1 – É. Agora a gente acertou, porque a gente já tinha acertado quase tudo. Vou botar assim.

A2 – É.

A realização da segunda etapa com o uso da simulação permitiu desencadear uma série de discussões comparativas entre as respostas atuais, com o uso do programa, e as respostas obtidas anteriormente. Os questionamentos da segunda etapa seguem a mesma ordem da primeira, mas, agora, com o fenômeno simulado virtualmente.

A equipe encontrou alguns pontos de discordância em relação às respostas da etapa anterior, sendo esses pontos situações de confronto com informações anômalas e possível geração de conflito conceitual. No início, os alunos tiveram um pouco de dificuldade em compreender corretamente como essa parte da atividade deveria ser realizada. Ignorando essa pequena confusão inicial, pôde-se analisar as respostas fornecidas.

A dupla afirmou que a força necessária para iniciar o movimento foi de 131 N, comentando que essa força deve ser maior. Apesar de não haver citação direta, o termo “maior”, a que se referem, está associado ao valor da força de atrito presente antes do objeto iniciar o seu movimento. Com o valor da força definido, a dupla segue o roteiro e afirma que a força mantida constante, após o movimento ser iniciado, fez com que a velocidade aumentasse constantemente também. Essa afirmação chama a atenção, pois foi uma conclusão diferente da encontrada por eles na etapa anterior, ao afirmarem que se a força fosse constante e maior que o atrito, a velocidade seria mantida constante, sem variação. Destaca-se uma situação de conflito suave (sem grande

surpresa), pois a simulação permitiu a inserção de uma informação anômala aos acontecimentos do fenômeno físico, permitindo que os estudantes alterassem suas conclusões sobre o encaminhamento do movimento.

O próximo questionamento pediu para considerar que a força aplicada fosse reduzida até atingir o valor do atrito. Analisando a resposta fornecida na etapa anterior, a dupla havia concluído que o objeto iria parar, pois a força não estava mais “vencendo” o atrito presente no sistema, mas o uso da simulação permitiu que os alunos observassem, de forma mais precisa, os acontecimentos. Essa observação virtual do fenômeno fez com que a equipe concluísse que a velocidade seria mantida constante. Mesmo sem comentários sobre a resultante nula ou ausência de aceleração, eles conseguiram chegar a um resultado satisfatório. Mais uma vez, a simulação possibilitou que os estudantes reconhecessem uma informação anômala e reavaliassem suas ideias conclusivas.

A proposta final do roteiro de atividades orientou a reduzir a força aplicada sobre o corpo para um valor diferente de zero, mas inferior ao valor dado ao atrito, questionando o que aconteceria com a velocidade. Nessa parte, os alunos concluíram, de forma correta, que a velocidade sofreria uma redução até o estado de repouso final. Eles entenderam que se a força não é superior ao atrito existente, o movimento deve sofrer uma redução e parar.

A primeira dupla apresentou situações de reconhecimento de anomalia, aceitação da mesma, permitindo que a geração de conflito conceitual, mesmo suave, estivesse presente. O modelo de processo de conflito conceitual escolhido pôde dar suporte aos acontecimentos descritos, pois observaram-se momentos de contato com a informação anômala, uma reavaliação cognitiva e uma aceitação do novo conhecimento apresentado.

#### **5.4.2 – Segunda dupla**

A2 - Vá para a seção atrito. Pode abrir direito... Acho que é aqui.

A1 - Aqui?

A2 – OK.

A1 – Windows media player. Calma aí.

A2 – Onde está? Aqui ó.

A1 – Ahhh tá... Atrito a gente já botou, né? Clique em velocidade e em valores. Já clicou. Qual é o valor da força necessária para que o bloco se mova? Força aplicada. Zero.

A2 – Força de atrito, força aplicada.

A1 – Está igual.

A2 – Deixa eu ver. Coloque o caixote sobre a superfície. Tá. Qual é o valor da força necessária para que o bloco se mova?

A1 – Tá. Atrito.

A2 – Deixa assim.

A1 – Mas não tem atrito. Qualquer força que tu botar ali vai se mover.

A2 – Não. Mas tu tem que vir aqui ó.

A1 – Tá, mas o atrito...

A2 – 3 newtons.

A1 – Ela não vai se mover, porque o atrito...

A2 – 3 newtons e ela ainda não se mexeu.

A1 – Porque aqui ó.

A2 – Ainda não se mexeu.

A1 – Mas tá sempre igual.

A2 – Ainda não se mexeu. Não vai dar sempre igual.

A1 – 126. Tá. Qual foi a força?

A2 – Agora temos que ver de novo. Droga.

A1 – A força aplicada é pra cá.

A2 – Como eu volto?

A1 – Volta onde?

A1 – Não. É só tu mudar daqui pra cá.

A2 – E como é que eu volto?

A1 – Isso. Assim ó.

A2 – Tá. Vai olhando. Força aplicada.

A1 – 125. 126 na verdade. A partir, até o 125 está tudo igual. Depois o 126. Lá atrás...

A2 – Letra A da número 3. 125 newtons, né?

A1 – Não. 125 está igual.

A2 – 126?

A1 – Isso.

A2 – Deu. Coloque o caixote em movimento e mantenha a força aplicada constante. O que acontece com a velocidade do caixote? Ai. Mais um pouquinho.

A1 – Tá. Mas é constante, não é?

A2 – Mantenha o caixote em movimento.

A1 – E mantenha a força aplicada constante. 24. A velocidade aumenta.

Olha lá. Olha lá o ponteiro.

A2 – Então a gente errou aquelas questões.

A1 – Por quê?

A2 – Porque sim.

A1 – Mas não é isso que ele quer ver, é a diferença.

A2 - Coloque o caixote em movimento e mantenha a força aplicada constante. O que acontece com a velocidade do caixote?

A1 – Ela aumenta muito.

A2 – Deu. Para, porque se não a gurria vai entontar.

A1 – Olha aqui. Ele foi embora.

A2 - Sério?

A1 – Como eu faço pra parar? Parou.

A2 – Letra C. Coloque o caixote em movimento e reduza a força até atingir o valor do atrito (e mantenha constante).

A1 – Igual ao atrito, né?

A2 – É. Para.

A1 – Aqui.

A2 – É. Isso. Vai.

A1 – Deu. Está constante. Era pra fazer isso.

A2 – Agora clica ali.

A1 – Está errado, daí.

A2 – Não.

A1 – Não tem como ela andar se o atrito e a força estão iguais. Porque não quebra a rugosidade.

A2 – Mas ele já entrou em movimento.

A1 – Hum. Por isso.

A2 - Coloque o caixote em movimento e reduza a força até atingir o valor do atrito (e mantenha constante). O que acontece com a velocidade do caixote?

A1 – Se mantém. Diminui, mas se mantém na velocidade. A velocidade diminui, né?

A2 – A velocidade fica constante.

A1 – Não, mas ela diminui.

A2 – É porque assim ó, a velocidade aumenta constantemente. Na C a velocidade só fica constante.

A1 – Não tem D.

A2 – Tem. Coloque o caixote em movimento e reduza a força aplicada até tornar-se menor que o atrito, mas ainda diferente de zero. O que acontecerá com a velocidade do caixote? Não. Não. Diferente de zero. Mais. Isso. Assim. Assim. Deu. Mais um pouquinho. Deu.

A1 – Não para.  
A2 – Não acredito. Então bota acima do atrito.  
A1 – Não deu. Usar esse aqui, será?  
A2 – Mais um pouquinho.  
A1 – Porque?  
A2 – Bota ele em movimento e depois volta.  
A1 – Agora, o que é pra fazer?  
A2 – Bota ele um pouco abaixo do atrito. Diferente de zero.  
A1 – Vai pra zero. Não se movimenta.  
A2 – Estranho.  
A1 – Não. Não se movimenta.  
A2 – Será que é assim?  
A1 – Acho que é. Coloque o caixote em movimento e reduza a força aplicada até tornar-se menor que o atrito, mas ainda diferente de zero. O que acontecerá com a velocidade do caixote? O caixote vai parar. É obvio. Coloquei.  
A2 – Mais um pouquinho.  
A1 – Ela vai entrar em movimento.  
A2 – Deixa ele entrar mais. Bota mais um pouquinho.  
A1 – Está se movimentando, né?  
A2 – Tá.  
A1 – Agora, pra fazer...  
A2 – Agora diminui.  
A1 – Menos que o atrito, né?  
A2 – Isso. Menos. Menos um pouquinho. Menos. Menos.  
A1 – Ela tende a parar.  
A2 – Para. O caixote?  
A1 – Tende a parar...  
A2 – Para de se movimentar.  
A1 – É.  
A2 – Para ser diferente da outra. Agora é a número 4. Compare os resultados obtidos com as suas previsões. O que você observa?  
A1 – Que a gente errou tudo.  
A2 – Não. Tudo não.  
A1 – Tá.  
A2 – A última a gente acertou. A ultima, digo a 4. Vai ser muito menor, o caixote tende a parar, pois a força vai ser maior. A 3, vai diminuindo mas continua em movimento. A 2 a gente errou.  
A1 – É. A 2 a gente errou.  
A2 – Essa a gente acertou. Compare os resultados obtidos com as suas

previsões. O que você observa?

A1 – Fala que, com os conhecimentos que temos no dia a dia não se compara com o real. Alguma coisa assim.

A2 – Porém, a maioria deles...

A1 – Porém algumas questões do dia a dia se aplicam também na teoria.

A2 – A maioria deles...

A1 – Não tenho palavras, tu sabe que eu sou ruim em português.

A2 – Porém a maioria deles... Foram positivos.

A1 – Foram parecidos.

A2 – Essa resposta não ficou boa.

A1 – Mas não precisa ficar perfeito também. Eu não sou boa em português.

A2 – Porém a maioria das nossas previsões foram positivas. Eu tenho corretivo aqui, acho que é melhor.

A1 – Como é que eu reinicio isso?

A2 – Não sei.

A1 – Acho que é. Olha só a 5. Ainda na seção atrito reinicie a simulação. Parou tudo. Clique em nenhum atrito. Clique novamente em velocidade e em valores. Qual é o valor da força necessária para que o caixote se mova?

A2 – Espera aí. To com dor nas pernas. Vem aqui em arquivo.

A1 – Tá reiniciado, eu acho.

A2 – Será que não tem que tirar isso aqui? Desmarcar.

A1 – Mas eu já desmarquei e já marquei de novo.

A2 – Mas será que não tem que deixar desmarcado?

A1 – Não. Mandou. Clique novamente em velocidade e em valores.

A2 - Coloque o caixote sobre a superfície. Minha barriga está roncando. Qual é o valor da força necessária para que o caixote se mova?

A1 – Qualquer força. Tá. Está zero. Qualquer força maior que zero. Espera aí. Vamos ver se 1 dá.

A2 – 8 letra A.

A1 – Esse bonequinho é muito estranho. Maior que 1, né. Porque a força é 31 newtons. A força é maior... Não consigo chegar no número.

A2 – Tenta clicar aqui e digitar 1.

A1 – Tu é esperta, sabia? Vai ter movimento com qualquer força maior que zero.

A2 – Letra B.

A1 – Tá aqui. Eu não tinha colocado certinho no zero. Por isso. Mas é. Vamos botar zero. Ai não tem movimento certo. Qualquer força maior que zero. Está certo.

A2 – Letra B. Se a força aplicada acima for mantida constante, o que acontecerá com a velocidade do caixote.

A1 – Vamos colocar aqui.

A2 – Se mantém constante.

A1 – Vamos ver, né? Está constante. Olha lá a velocidade. A velocidade vai aumentar.

A2 – Deixa eu ver de novo.

A1 – Então a gente errou. A gente colocou que se mantém constante.

A2 – Deu.

A1 – Ela não se mantém constante, ela aumenta. Olha só.

A2 – Viajei. C. Coloque o caixote em movimento. Se a força deixar de ser aplicada, o que acontecerá com a velocidade do caixote?

A1 – Esse está errado.

A2 – Ele continua. Ahhh... Era aqui. Reiniciar tudo.

A1 – A gente reinicia e começa aí de novo.

A2 – Reiniciar tudo. Tira aí.

A1 – Atrito, nenhum. Coloco caixote. Valores e velocidades. Vamos ver. Qual é a letra? Mas acho que a gente fez certo aquela hora.

A2 – Bota a força aí de 1 newton.

A1 – 1 newton. Mas aqui é zero. Não está funcionando porque? 2 newtons.

A2 – Clica aqui. Clica de novo. Não acredito.

A1 – Não. Mexe. Mexe. Só que, é quase imperceptível.

A2 – Tá.

A1 – Mexe. Está certo. Até aí está certo.

A1 – Porque esse bonequinho anda?

A2 – Não é esse aí, é esse aqui que anda.

A1 – Tá. Mas, era pra ele ficar ali. Qual é a letra B, de novo.

A2 – Se a força aplicada acima for mantida constante, o que acontecerá com a velocidade do caixote. Ela aumenta.

A1 – Ela vai aumentar.

A2 – Está certo. Coloque o caixote em movimento. Se a força deixar de ser aplicada.

A1 – Está em movimento, né?

A2 – Isso.

A1 – Deixar de ser aplicada?

A2 – Ele continua em movimento.

A1 – Está certo? O que a gente tinha colocado?

A2 – 9. Compare os resultados obtidos com as suas previsões. O que você observa? Que nós estávamos corretas.



A1 – Que os nossos conhecimentos bateram com os conhecimentos científicos. Acho que a gente fez certo, lá. A velocidade não aumenta? Não... Se mantém constante.

A2 – 10. Refaça as atividades modificando os objetos (ou empilhando dois caixotes), tente prever o que vai acontecer, anote e compare com os resultados da simulação.

A1 – Antes de a gente fazer, tem que prever o que vai acontecer. Antes de fazer. A gente vai colocar 2 caixotes. Vai dar mais massa.

A2 – Vai aumentar a força de atrito.

A1 - Será?

A2 – Sim. Porque a força de atrito depende do peso que a terra aplica para suportar aquele objeto. Então, vai aumentar a força de atrito. Então, tu tem que aplicar mais força. Maior ainda.

A1 – Verdade. Pode escrever isso ai. A força aplicada será maior, porque a força de atrito vai aumentar. Tem uma geladeira pra colocar ali. Certo. Agora a gente fez certo.

A2 - Gabriel? Posso atender o telefone? É rapidinho.

A1 – Está na última já. Aqui uma a gente errou.

A2 – Por quê?

A1 - Na letra A a gente colocou que a velocidade se mantém constante, mas ela aumenta constantemente. Olha só. A velocidade se mantém constante, pois a força que se aplica também se mantém constante. Então a gente errou.

A2 – Não estavam todas corretas.

A1 – É. Tá. Dois caixotes. Previmos... Mas olha só... Não sei agora usa atrito ou não se não atrito. Vou falar com o Gabriel.

A2 – Refaça.

A1 – Mas a gente usa...

A2 – Primeiro a gente usa o atrito, depois a gente não usa.

A1 – Ahhh... Tá.

A2 - Entendeu?

A1 – Aquela hora 125 dava.

A2 – Exatamente.

A1 – Não vai se mexer nunca. Mexeu.

A2 – 250.

A1 – A força tem que ser muito maior.

A2 – O dobro.

A1 – O dobro. A velocidade aumenta certinho.

A2 – Tá. Beleza.

A1 – Agora... Sem nenhum atrito, né?

A2 – Sem atrito, será que vai ser a mesma coisa.

A1 – A força vai ter que ser maior, porque o peso e a massa vai ser maior. Acho que sim. Acho que a força tem que ser maior.

A2 – Porque assim a gente consegue aceleração. Não?

A1 – Não sei agora. Não considera massa aqui, né? Valores... Velocidade... Então sem atrito vai ser a mesma coisa que o primeiro. Se não considera massa, a força aplicada aquela hora foi quantos? Maior que 1, né?

A2 – Maior que zero.

A1 – É. Vamos ver, então. Então...

A2 – Bota OK.

A1 – É igual aquela hora. Força...

A2 – Não. Tem que ser um pouquinho maior.

A1 – Não. Aquela hora a 1 também...

A2 – Então é.

A1 – Então a velocidade já na segunda sem o atrito se mantém o mesmo, porque a considera... a gente não considerou o peso, a massa.

Após a determinação da força necessária para iniciar o movimento do corpo, informação que depende do valor dado à força de atrito presente no estado de repouso inicial, a equipe já encontrou situações divergentes às conclusões obtidas na primeira etapa.

O questionamento que pede para aplicar uma força até o movimento ser iniciado e, após essa aplicação, manter a força constante, questiona o que acontece com a velocidade. Os alunos identificam rapidamente que a situação observada na simulação virtual é diferente da resposta dada na mesma situação da etapa anterior, quando afirmavam que a velocidade seria mantida constante, pois a força aplicada era constante também. Pôde-se observar uma situação de conflito e reavaliação cognitiva, após a informação anômala, visualizada com a simulação e ser reconhecida pela dupla.

O próximo questionamento pede para a força ser reduzida até um valor igual ao do atrito, questionando o que aconteceria com a velocidade. A equipe presencia mais uma divergência de respostas, pois, na etapa anterior, eles haviam respondido que a velocidade reduziria, mas o uso da simulação permitiu observar que o movimento seria mantido constante. Mais uma vez, o uso da simulação possibilitou a inserção de uma informação anômala e uma geração suave de conflito

conceitual, sendo que a discussão entre os alunos desencadeou uma reavaliação cognitiva e a compreensão do fenômeno.

A última situação proposta pede que a força aplicada seja menor que o atrito, após o movimento ser iniciado, questionando o que aconteceria com a velocidade. Na conclusão dos alunos, para ambas as etapas, a ideia permaneceu a mesma, sendo que velocidade iria reduzir até a chegada ao estado de repouso final.

A realização, por parte da dupla, de comparações de respostas entre as etapas foi interessante, porque houve a identificação de erros frequentes de respostas. A discrepância entre as respostas obtidas permitiu identificar situações de reconhecimento de anomalia, processo este possibilitado pelo uso da simulação, e que acabou por gerar uma reavaliação cognitiva, através de discussões, com geração de conflito.

O roteiro guia ainda propôs a realização do mesmo segmento para outros objetos acessíveis no programa, permitindo ampliar e reconfirmar os resultados obtidos pelo roteiro original. A equipe realizou essa etapa final e observou o mesmo comportamento para os outros objetos, levando em consideração a variação de valores das grandezas.

### **5.4.3 – Terceira dupla**

A1 – Agora tem que puxar para lá, né?

A2 – Não sei...

A1 – É... Daí vai aparecer os Newtons ali daí...

A2 – Para que o bloco se mova, né?... Para ele mover o bloco...

A1 – É...

A2 – Por enquanto só ele está se movendo... Que bloco pesado...

A1 – Pois é... Não mudou nada ainda, né?

A2 – Não... Está no mesmo lugar... Só ele está se mexendo...

A1 – 99, meu Deus... Elefante.

A2 – Contêiner.

A1 – 122. 125...

A2 – 125 Newtons, né?

A1 – Acho que é... Dá de digitar eu acho.

A2 – 125.

A1 – Vou botar 123... 124... Está movendo?

A2 – Não. Porque tu tem que ir mexendo, porque se digitar vai... Ó, coloque o caixote em movimento...

A1 – Ahhh... Tá...

A2 - Entendesse? Em 125 Newtons... Tá... Coloque o caixote em

movimento e mantenha a força aplicada constante, o que acontece com a força do caixote?

A1 - Hã?

A2 - Coloque o caixote em movimento e mantenha...

A1 - Tem que colocar no verso, louca...

A2 - Não precisa, ele disse que pode ser embaixo... Gabriel? Esse aqui pode ser embaixo? Pode ser embaixo?

P - Pode.

A2 - Coloque o caixote em movimento e mantenha a força aplicada constante. O que acontece com a velocidade do caixote?

A1 - Força aplicada constante, né? 125 não dá nada. Tem que ser maior, quer ver? 125 não muda. 122. É igual.

A2 - Que estranho...

A1 - É maior que 125.

A2 - Volta pro zero de novo.

A1 - Vamos reiniciar.

A2 - Está bom.

A1 - Valores e velocidade. Caixote. Força aplicada. Se for 125 e 125, não vai se mover mesmo. Porque na outra tinha 125. Com 125 e 125 não está andando.

A2 - Estranho, porque antes estava.

A1 - 128.

A2 - Agora esta andando. Tem que mudar aqui, né?

A1 - 128. A velocidade está aumentando. Olha lá.

A2 - É... Louca...

A1 - A velocidade aumenta gradativamente.

A2 - Coloque o caixote em movimento e reduza a força aplicada até tornar-se menor que o atrito, mas ainda diferente de zero. O que acontecerá com a velocidade do caixote?

A1 - Tem que colocar 128 e depois diminuir até o...

A2 - É... Até ele parar, né?

A1 - É... Tem que colocar uma força maior com aquele movimento, daí depois tem que ir diminuindo até ser menor que o atrito. Com 122 ele continua se movendo, mas a velocidade diminui.

A2 - Vou botar assim, ele continua se movendo, mas a velocidade diminui.

A1 - Mas parece que ele vai parar, eu acho que para, esta parando, o bloco para. Tá.

A2 - A, B e C... Coloque o caixote em movimento e reduza a força aplicada até tornar-se menor que o atrito...

A1 – Essa aí já foi.

A2 – Claro que não.

A1 – Tu falou essa aí pra mim. Olha aí. Coloque o caixote em movimento e reduza a força aplicada até tornar-se menor que o atrito, mas ainda diferente de zero. O que acontecerá com a velocidade do caixote? Essa aí tu me falou. Tu não falou a C, tu falou a D pra mim.

A2 – Tá... Deixa eu ver.

A1 – É a D.

A2 – Essa é a D.

A1 – Isso. E essa é a C agora. Está em movimento.

A2 – Riscaceira.

A1 – E agora? É 125, né? Vou botar 125.

A2 – Não entendi ainda. Coloque o caixote em movimento e reduza a força.

A1 – A força de atrito é 125, colocar para 100 lá.

A2 – Só que a força aplicada é maior, né?

A1 – Força de atrito é 125, a força aplicada é a mesma. Está vendo?

A2 – Estou.

A1 – Eu diminui e manteve a mesma. Olha lá o que acontece com a velocidade. Ela fica constante.

A2 – Constante, né? Tá... Aqui, a 4. Compare os resultados obtidos com as suas previsões. O que você observa?

A1 – A força, o valor está certo.

A2 – Sim.

A1 – O movimento... A força aplicada constante... A velocidade aumenta. Isso. Tá.

A2 – Como é?

A1 – A gente acertou a B. As duas primeiras a gente acertou. Considere agora que o rapaz diminui a força até ficar igual ao atrito. Se mantêm no valor do atrito. Qual que é? A velocidade vai diminuir. Constante.

A2 – Constante a gente colocou. Ela continua se movendo.

A1 – Não... Essa é a D.

A2 – Não sei.

A1 – Esta certo, a gente colocou constante.

A2 – Fechou. Compare os resultados obtidos com as suas previsões. O que você observa? Acertamos todas. As respostas estão certas. Eu observo...

A1 – Tá... Eu não sei... Tipo... Tem que dizer se a resposta está certa? Ou alguma coisa assim?

A2 - Gabriel? Faz um favor um instante. Aqui na 4, ele pergunta o que a

gente observa, a gente observa que as nossas respostas estavam certas, ou o que a gente observou em relação ao movimento? Em relação às outras perguntas e essas daí?

P – Discutir exatamente. Se você de repente escreveu antes do uso da simulação, você viu que coincidiu com o que você já sabia que ia acontecer, relata isso pra mim.

A2 – É... A gente... As nossas respostas foram as mesmas da página anterior. Então a gente observou que as respostas são iguais com a simulação e sem a simulação.

P – Beleza. Então...

A2 – Tá.

P – Só vou pedir assim... Que seja claro. As respostas não precisam ser grandes, mas se quiser conversar um pouquinho também...

A1 – A velocidade vai parando, não, vai diminuindo. O bloco vai parar.

A2 – Tá... As respostas são iguais, com a simulação e sem, né?

A1 – Porém nós visualizamos melhor na simulação. Com muito mais clareza.

A2 – Ainda na seção atrito reinicie a simulação. Coloque nenhum atrito.

A1 – Colocar gelo. Colocar valores e velocidades, né?

A2 – É... Coloque o caixote sobre a superfície. 8 A. Qual é o valor da força necessária para que o caixote se mova? Essa aí vai ser bem menor a força. Porque ele escorrega.

A1 – Deixa eu ver. Esperai aí.

A2 – Está se movendo sozinho.

A1 – Vamos ver. Valores, velocidade, nenhum atrito. Caixote. Ele está se movendo, né?

A2 – Com 3 Newtons ele se move. Com nenhum também. Move sozinho. Não era pra estar se movendo, né? A gente não aplicou força aí. A não ser que ele está assim ó.

A1 – Não... Ele continua porque não tem atrito.

A2 – Tá... Qual o valor da força? Não precisa nem de força.

A1 – Eu acho que precisa... Os valores mesmos... Qualquer valor de força.

A2 – Se a força aplicada acima for mantida constante, o que acontecerá com a velocidade do caixote?

A1 – Constante. A velocidade vai aumentando. Ela aumenta, olha ali.

A2 – A nossa B da outra também fechou. Coloque o caixote em movimento. Se a força deixar de ser aplicada, o que acontecerá com a velocidade do caixote?

A1 – Continuará constante. Ou não?

A2 – Sim. Porque não tem nada de atrito, né?

A1 – A velocidade permanecerá constante, porque o atrito... Não tem nada que segure o objeto.

A2 - Compare os resultados obtidos com as suas previsões. O que você observa?

A1 – Se o rapaz aplicar uma força constante sobre o caixote, o que acontecerá com o valor da velocidade?

A2 – A velocidade do caixote vai ser a mesma.

A1 - A constante da velocidade aumenta.

A2 – E a outra?

A1 - Está certo.

A2 – E a B? Se o rapaz deixar de aplicar a força, o que acontecerá? A velocidade vai ficar constante, porque não dá para parar... Bate ai... 9... Posso colocar a mesma resposta da 4?

A1 - Não, né.

A2 – Mas as respostas são iguais... A nossa previsão... Continuou certa... Refaça as atividades modificando os objetos (ou empilhando dois caixotes), tente prever o que vai acontecer, anote e compare com os resultados da simulação.

A1 – Vamos começar com dois caixotes. Valores e velocidade. Caixotes ou botar uma geladeira?

A2 – Deixa tudo assim como tu colocou. Tente prever o que vai acontecer.

A1 – O que é isso aqui?

A2 – É um presente. Dá para colocar em cima da superfície? Não dá...

A1 – Deu... Vamos ver.

A2 – Legal. Tente prever o que vai acontecer.

A1 – Bota lá, primeiro. O movimento...

P – Só tira o pen drive, fazendo o favor.

A1 – Pode tirar?

P – Pode.

A1 – Só um instantinho.

A2 – Remover com segurança.

A1 – Está sendo usado no momento.

P – Por causa da simulação. Então pode deixar.

A2 – A gente está na última já.

P – Não, não... Pode deixar.

A2 – Vai. 10.

A1 – É... Bota aí. Objetos utilizados: dois caixotes e uma bandeja. Força aplicada para se mover.

A2 – Força aplicada...

A1 – Para se mover. Para mover. Mover. Isso. Para mover os objetos. Bota aqui entre parênteses, com atrito.

A2 – Do lado de objetos?

A1 – Não. Lá em cima. Porque é o movimento inteiro, né? Isso. Tá... Com atrito. A força aplicada..

A2 – Tem que ser bem menos.

A1 – Tem que igualar a do atrito. Tem que ver onde o atrito para. Vamos ver. Ahhh... Superior a 350 newtons.

A2 – Tá.

A1 – Agora é só fazer a mesma coisa lá.

A2 – Olha aqui.

A1 – Tá. Quando tem velocidade constante, o que acontece com a velocidade? A velocidade fica constante. Não. A velocidade aumenta. Se mantivermos a força aplicada constante, a velocidade aumenta.

A2 – A velocidade aumenta?

A1 – Mas muito mais devagar que antes, porque o peso é maior.

A2 – Porém um pouco menor, pois o peso é maior.

A1 – Porém, mais devagar.

A2 – Ok.

A1 – Agora, qual é a outra?

A2 - Coloque o caixote em movimento e reduza a força até atingir o valor do atrito.

A1 – O objeto vai parar mais rapidamente. Por que o peso é maior.

A2 – Tá.

A1 – Se reduzirmos a força aplicada para valores, para valor, para um valor, equivalente ao da força de atrito, o objeto vai parar mais rapidamente do que o primeiro experimento, né? Agora deu né?

A2 – É...

A1 – Agora... Escreve a mesma coisa, só que sem atrito.

A2 – Vai.

A1 – Esta está se movendo. Bem mais devagar, mas está movendo. Com 3 newtons está movendo.

A2 – Mantém a força aplicada. O que acontece?

A1 – A velocidade aumenta vagarosamente, mas mais fácil do que quando tinha atrito.

A2 – O bloco, o caixote, aumenta a velocidade de vagarzinho, né? Vai... Se reduzir a força...

A1 – Se parar, ela vai continuar constante. Ai o bloco continua se movendo. Se parar de aplicar a força o bloco continua se movendo, mas



a velocidade não aumenta e nem diminui, continua constante.

A2 – Permanece constante...

A1 – O que tu escreveu?

A2 – Espera aí... Se parar de aplicar a força, o bloco continua na mesma... O bloco continua se movendo, né?

A1 – Sim.

A2 – Porém a velocidade permanece constante.

A1 – Isso.

A2 – Deixa eu ver a pergunta.

A1 - Deu?

A2 – Deu.

A determinação da força necessária para iniciar o movimento da caixa depende da percepção de cada dupla, pois se a força aplicada for um pouco maior que a força de atrito estática e, posteriormente, que a força de atrito cinética, o aumento da velocidade pode acontecer de forma lenta, dando a impressão de que o corpo ainda está em repouso. Isso justifica os valores diferenciados entre as equipes.

No enunciado que questiona o que acontece com a velocidade se a força que iniciou o movimento for mantida constante, os alunos responderam de forma correta, por afirmarem que a velocidade iria aumentar, mas vale lembrar que, na etapa anterior, a resposta foi atingida com argumentos confusos, ao argumentarem que se a força aplicada fosse retirada, o movimento iria permanecer, sendo que o atrito não foi retirado. A observação do aumento da velocidade pode ter sido prejudicada devido ao baixo valor de força aplicada utilizada, ocasionando um ritmo de aumento pequeno da velocidade.

A próxima proposta pede que o aluno reduza a força aplicada até o valor se igualar ao valor da força de atrito, questionando o que acontece com a velocidade. A dupla consegue observar que a velocidade do sistema permanece constante, permitindo identificar mais uma situação de divergência, pois, na etapa anterior, eles relataram que a velocidade diminuiria. Deve-se ressaltar que a discussão presente na terceira dupla é intensa e, muitas vezes, confusa, já que as situações criam discordâncias sobre o que deveria estar acontecendo.

A situação seguinte propõe que a força aplicada fosse reduzida para um valor menor que a do atrito e a equipe concluiu, de forma correta, que a velocidade sofreria uma redução de valor. A resposta fica incoerente de acordo com a fornecida pela dupla na primeira etapa, pois salientam que o movimento ficaria mais difícil e não mencionam que a

velocidade iria sofrer uma redução até atingir o repouso. Não se pode afirmar que eles identificaram a anomalia, mas a discordância entre as duas etapas pode ser citada.

A finalização da atividade gerou uma reflexão e reavaliação, por parte dos alunos, das respostas obtidas em ambas as etapas, possibilitando pontuar os erros cometidos. Os experimentos simulados foram realizados novamente, com outras opções de objetos, entretanto as conclusões gerais atingidas pelos alunos, foram as mesmas.

Após a realização de todas as atividades, podemos observar um grande avanço na utilização das simulações para geração de conflito de forma consciente, já que, algumas vezes, o conflito pode ser atingido sem que esse seja o objetivo do professor. Vale ressaltar que muitas das situações de divergências podem não ter produzido uma mudança conceitual, pois a intensidade do conflito produzido pode ter sido branda e não suficiente para uma mudança completa de crença. A avaliação do quanto intenso foi o conflito e até que nível aconteceu uma mudança de crença, não foi o objetivo principal, mesmo que, em alguns momentos, relatássemos um parecer nivelador, baseado nas respostas e discussões produzidas. Para o objetivo de estudar a viabilidade do uso de simulações a fim de promover conflitos, o trabalho foi promissor, lembrando que o estudo, aqui presente, utiliza apenas um pequeno ramo teórico da física clássica.

## Considerações Finais

Apesar da satisfação e importância do trabalho para conclusão do mestrado, o projeto sofreu pequenas barreiras didáticas e estruturais, como o lugar de realização das entrevistas e quais alunos seriam abordados para o envolvimento com as atividades. Essas dificuldades foram superadas com o apoio de instituições que acreditaram em nossos objetivos de pesquisa para uma melhoria no sistema de ensino-aprendizagem.

O projeto desenvolveu um estudo específico de uso de simulações para promoção do conflito, situação que havia sido abordada na forma amadora nessa área da tecnologia. A escolha da simulação teve que seguir alguns critérios preliminares para a escolha final, sendo avaliadas as possibilidades de manuseio do programa, abrangência que a simulação permitiu atingir na área física escolhida. Além disso, claro, um estudo de suas limitações operacionais, pois estas não poderiam se suficientemente significativas ao ponto de prejudicar sua utilização e obtenção de resultados. A tecnologia está presente abertamente e deve ser usada a favor da educação, lembrando que a disciplina de física possui um histórico ruim de aceitação e rendimento de aprendizado. Os próprios estudantes participantes relataram que acham importante a presença da tecnologia no âmbito escolar, mas que, muitas vezes, as ferramentas tecnológicas eram usadas de forma limitada pelo docente no ensino médio. A realização das atividades e suas análises permitiram reconhecer a importância da geração de conflito conceitual e, paralelamente, o papel importante da tecnologia no ensino, já que as transcrições possibilitaram identificar, com clareza, as mudanças de opinião sobre um acontecimento físico, tudo isso, após o uso das simulações. O nível escolar utilizado não significa que os resultados do trabalho devam ser exclusivos para o ensino superior, podendo ser modificado e utilizado em outros níveis de ensino, porém, essa adaptação não foi incluída nos objetivos do trabalho.

A construção das atividades permitiu ampliar a visão acerca das limitações do processo de geração de conflitos conceituais. O estudo teórico de mapeamento das concepções prévias, informações anômalas, simulações virtuais e conflito conceitual possibilitaram uma melhor

seleção dos métodos de ensino e da escolha da melhor didática a seguir, priorizando o melhor aprendizado, por parte do aluno, de um novo conhecimento científico. Os questionamentos presentes nas atividades não foram estruturados de uma única vez, já que nosso projeto contou com a realização de um processo de validação para teste e correções dos enunciados que serviam como um roteiro/guia para os alunos. A validação ainda possibilitou estruturar a ordem dos enunciados e como as informações deveriam ser captadas, que no caso final, ficou com a obtenção de filmagens e transcrição do áudio.

As transcrições detalhadas foram de suma importância para a observação de discussões que levariam os estudantes ao reconhecimento de informações anômalas e possível geração de conflitos conceituais. A princípio, a realização das atividades seria de forma individual, como foi feita na validação, mas o interesse em observar as possíveis discussões que poderiam aparecer, caso o trabalho fosse realizado com mais integrantes por vez, fez com os grupos finais possuíssem 2 alunos trabalhando em conjunto. Tive noção da capacidade dos alunos em reconhecer seus erros, refletir sobre suas divergências e aquisição de um novo conhecimento aplicado a um fenômeno já conhecido por eles, de forma simplificada, no quesito teórico-científico. Os argumentos utilizados, para convencer um colega de que suas ideias eram verdadeiras, foram de uma importância ímpar, já que, com a realização dos questionamentos, em um programa de simulação, os alunos puderam visualizar seus equívocos e reinterpretar o fenômeno sofrendo uma reavaliação cognitiva. As situações de surpresa são frequentes, sobretudo, na segunda etapa, pois os discentes, após simularem o fenômeno virtualmente, iniciam um conflito de opiniões entre as ideias defendidas na etapa anterior (sem uso da simulação) e os resultados obtidos na etapa final. Essas situações de surpresa e divergências permitiram a realização de uma análise detalhada das respostas. Os pontos de adversidades ficaram presentes na dificuldade de alguns alunos em interpretar os enunciados, pois, muitas vezes, as respostas fornecidas são incorretas, na visão física, mas não condiziam com o que estava sendo proposto. Esse problema de compreensão prejudicou o reconhecimento de algumas informações anômalas, impedindo que a geração de conflitos conceituais fosse atingida.

Nenhuma dessas análises seria possível se não fosse usado uma base teórica sólida, que permitisse investigar os dados obtidos de forma segura. Utilizaram-se autores específicos para dar suporte às concepções prévias já mapeadas no ensino de física, como autores que permitiram

prever possíveis reações dos alunos ao contato com informações anômalas. Porém, o objetivo principal, que era estudar a viabilidade do uso de simulações para promoção de conflitos conceituais, só foi possível com o uso de um modelo de processo de geração de conflito (Lee e Kwon). O modelo permitiu seguir uma linha de ações que promoveriam, o mais efetivamente possível, a promoção de conflitos em alunos, sendo esse modelo exposto na forma de fluxograma em nosso trabalho. A taxonomia apresentada por Chinn e Brewer (1998) apresentou as possíveis respostas dadas por alunos ao contato com as anomalias de conhecimento, permitindo ao nosso grupo de pesquisa identificar, de forma mais efetiva, as situações de reconhecimento, ou não, das informações anômalas. Entretanto, o processo de identificação de conflitos conceituais só seria finalizado com os resultados expostos por Lee & Kwon (2001), cuja proposta de um processo de promoção de conflito foi de grande importância para estruturação das atividades.

Após todo esse estudo preparatório para montagem das atividades e escolha da simulação, houve a geração de conflitos conceituais nos alunos? O uso das simulações atingiu nossos objetivos finais, pois as transcrições permitiram que os fenômenos fossem compreendidos com mais clareza, identificando vários pontos que se classificariam como promoção de conflitos. Em alguns momentos, os alunos não reconheciam as anomalias e acabavam não passando por uma situação de divergência de ideias prévias com o novo conhecimento, mas essas situações não foram frequentes, não prejudicando a relevância dos resultados buscados e atingidos. A proposta apresentada é o começo do caminho a ser trilhado para um desenvolvimento mais efetivo de atividades didáticas, que permitam ao aluno e professor otimizar o processo de ensino-aprendizagem, já que essas mesmas atividades podem ser refeitas, seguindo os objetivos particulares de cada docente.

Fico satisfeito com os dados obtidos e considero que os objetivos foram alcançados. Deve-se ressaltar que o projeto é apenas o início do caminho a ser trilhado e que as ideias aqui presentes podem dar uma abertura para novos estudos do uso da tecnologia como uma ferramenta de auxílio didático e possível uso para geração de conflitos conceituais. Apesar de o grupo de alunos participantes ser de um determinado nível de ensino, as atividades poderiam ser adaptadas ou reconstruídas, para a aplicação dos mesmos objetivos em níveis diferenciados de ensino e em disciplinas diferenciadas. Ficamos atentos à aceitação, por parte, principalmente do docente, da tecnologia como um utensílio de ajuda,

deixando os métodos clássicos serem adaptados ao uso das ferramentas digitais disponíveis hoje.

## Referências

DRUYAN, S. Effect of the kinesthetic conflict on promoting scientific reasoning. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 34, p. 1083–1099, 1997.

ABRAMI, P. C. Understanding and promoting using complex learning using technology. **Educational Research and Evaluation**, 7, p. 113–136, 2001.

ALBION, P. R. (2003). *Graduating teachers' dispositions for integrating information and communications technologies into their teaching*. Retrieved from <http://www.usq.edu.au/users/albion/papers/site03/3756.pdf>

ALDRICH, C. **Learning by Doing: A Comprehensive Guide to Simulations, Computer Games, and Other Educational Experiences**. San Francisco, CA: Pfeiffer, 2005.

ALEXANDER, S. An evaluation of innovative projects involving communication and information technology in higher education. **Higher Education Research and Development**, 18(2), p. 173–184, 1999.

BASTOS, F. et al. **Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em ciência: re-visitando os debates sobre construtivismo**. In: Nardi, R., Bastos, F; Diniz, R.E.S. (Orgs). *Pesquisa em ensino de ciências: contribuições para a formação de professores*. São Paulo: Escrituras, p. 9-55, 2004.

BIGGS, J. **Teaching for desired learning outcomes**. In N. Entwistle (Ed.), **Handbook of educational ideas and practices**, p. 681–693. New York: Routledge, 1990.

BRANSFORD, J.D.; BROWN, A. L.; COCKING, R. R. **How People Learn, Expanded Edition**. Washington, DC: Natl. Acad. Press, 2002.

CAMPANARIO, J. M.; OTERO, J. C. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias meta cognitivas de los alumnos de ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, v. 18. n. 2, p. 155-169, 2000.

CECCHINI, A. **Simulation is education.** In D. Crookall, J. H. G. Klabbers, A. Coote, D. Saunders, A. Cecchini & A. Delle Piane (Eds.), *Simulation-Gaming in Education and Training: Proceedings of the International Simulation and Gaming Association's 18th International Conference*, p. 213-228. Toronto: Pergamon Press, 1988.

CHAN, C.; BURTIS, J.; BEREITER, C. Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. **Cognition and Instruction**, v. 15, p. 1–40, 1997.

CHI, M.T.H. **Conceptual Change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science.** In: R. Giere (Ed.) *Cognitive models of science: Minnesota studies in the Philosophy of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press, p. 129-186, 1991.

CHINN, C. A., BREWER, W. F. An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 6, p. 623-654, 1998.

CHRISTIAN, W.; BELLONI, M. **Physlets: Teaching Physics with Interactive Curricular Material.** New Jersey: Prentice Hall, Inc, 2001.

CLARK, R. C.; MAYER, R. **e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning.** San Francisco: John Wiley and Sons, 2003.

COLLINS, H.; PINCH, T. **The golem: What everyone should know about science.** Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

CORNU, B. **New technologies: integration into education.** In D. Watson & D. Tinsley (Eds.), *Integrating Information Technology into Education*, p. 43-54, New York: Chapman & Hall, 1995.

CUBAN, L.; KIRKPATRICK, H.; PECK, C. High access and low use of technology in high school classrooms: Explaining an apparent paradox. **American Educational Research Journal**, v. 38, n. 4, p. 813–834, 2001.

DEKANTER, N. Gaming redefines interactivity for learning. **TechTrends**, v. 49, n. 3, p. 26-31, 2005.

DEKKERS, P.M.; THIJS, G. D. Making productive use of students' initial concept of force. **Science Education**, v. 82, p. 31–51, 1998.



di SESSA, A. A. **Changing Minds: Computers, Learning, and Literacy**. Cambridge, MA: MIT Press, 2000.

DREYFUS, A.; JUNGWIRTH, E.; ELIOVITCH, R. Applying the “cognitive conflict” strategy for conceptual change: Some implications, difficulties, and problems. **Science Education**, v. 74, p. 555–569, 1990.

DREYFUS, A.; JUNGWIRTH, E.; ELIOVITCH, R. Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change - some implications, difficulties and problems. **Science Education**, v. 74, n. 5, p. 555-569, 1990.

DRIVER, R.; EASLEY, J. Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. **Studies in Science Education**, v. 12, p. 7-15, 1978.

DRUYAN, S. A comparison of four types of cognitive conflict and their effect on cognitive development. **International Journal of Behavioral Development**, v. 25, p. 226–236, 2001.

DUNBAR, K. **How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories**. In R.J. Sternberg & J.E. Davidson (Eds.), *The nature of insight*, p. 365–395. Cambridge, MA: MIT Press, 1995.

EDMUNDS, M. **Review of the Student Experience**. In: *Physics*. Hull, UK: The Higher Education Academy UK Physical Sciences Center, 2008.

ELIZABETH, L. L.; GALLOWAY, D. Conceptual links between cognitive acceleration through science education and motivational style: A critique of Adey and Shayer. **International Journal of Science Education**, v. 18, p. 35–49, 1996.

ERTMER, P. A.; HRUSKOCY, C. Impacts of university/elementary school partnership designed to support technology integration. **Educational Technology Research and Development**, v. 47, n. 1, p. 81–96, 1999.

FEINSTEIN, A. H.; CANNON, H. M. A hermeneutical approach to external validation of simulation models. **Simulation & Gaming**, v. 34, n. 2, p. 186-197, 2003.

FINKELSTEIN, N. D. et al. 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**, v. 1, 2005.

FINKELSTEIN, N. D.; PERKINS, K. K.; ADAMS, W.; KOHL, P.; PODOLEFSKY, N. Can Computer Simulations Replace Real Lab Equipment? In Heron, P., Marx J. and Franklin, S. (Eds.), 2004 Physics Education Research Conference, p. 101-104. New York: American Institute of Physics Conference Proceedings, 2005.

FINKELSTEIN, N. D; ADAMS, W. K.; KELLER, C. J.; KOHL, P. B.; PERKISN, K. K.; PODOLEFSKY, N.; REID, S.; LEMASTER, R. 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**, v. 1, 010103, 2005.

FINKELSTEIN, N.; ADAMS, W.; KELLER, C.; PERKINS, K.; WIEMAN, C.; THE PHET TEAM. High-Tech Tools for Teaching Physics: the Physics Education Technology Project. **Journal of Online Learning and Teaching**, v. 2, p. 109-121, 2006.

GIERE, R.N. **Explaining science: A cognitive approach**. Chicago: University of Chicago Press, 1988.

GILBERT, J. K.; SWIFT, D. J. Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. **Science Education**, v. 69, n. 5, p. 681-696, 1985.

GIORDAN, A.; DEL VECCHI, G. **As origens do saber**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GIORDAN, M. **Experimentação por simulação**. São Paulo: USP, 2003.

GREENBLAT, C. S. **Basic Concepts and Linkages Basic Concepts and Linkages**. In C. S. Greenblat & R. D. Duke (Eds.), *Gaming-simulation: Rationale, Design and Applications. A Text with Parallel Readings for Social Scientists, Educators, and Community Workers*. Toronto: Wiley & Sons, 1975.

GUZZETTI, B.J.; GLASS, G.V. Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. **Reading Research Quarterly**, v. 28, p. 116–159, 1993.

HAKE, R.R. Interactive-engagement versus traditional methods: a six thousandstudent survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, v. 66, p. 64-74, 1998.

HALLOUN; HESTENES, D. Common sense concepts about motion Am. **Journal Phys.** v. 53, p. 1056, 1985.

HANEY, J. J.; CZERNIAK, C.; LUMPE, A. T. Teachers' beliefs and intentions regarding the implementation of science education reform strands. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 33, p. 971–993, 1996.

HANSMANN, R.; SCHOLZ, R. W.; FRANCKE, C. J. A. C.; WEYMANN, M. Enhancing environmental awareness: Ecological and economic effects of food consumption. **Simulation & Gaming**, v. 36, n. 3, p. 364-382, 2005.

HASHWEH, M. Toward an explanation of conceptual change. **European Journal of Science Education**, v. 8, n. 3, p. 229-249, 1986.

HASHWEH, M. Z. Toward an explanation of conceptual change. **European Journal of Science Education**, v. 8, p. 229–249, 1986.

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

HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. **Phys. Teacher**, v. 30, p. 141, 1992.

HEWSON, P. W.; HEWSON, M. G. The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. **Instructional Science**, v. 13, p. 1–13, 1984.

HONEY, M.; MOELLER, B. **Teachers' beliefs and technology integration: Different values, different understanding**. New York: Center for Technology in Education, 1990.

HYND, C. **Conceptual change in a high school physics class**. In B. Guzzetti&C. Hynd (Eds.), *Perspectives on conceptual change*, p. 27–36. Mahwah, NJ: Erlbaum, 1998.

- JOHNSON, D.W.; JOHNSON, R. T. Conflict in the classroom: Controversy and learning. **Review of Educational Research**, v. 49, p. 51–70, 1979.
- JONES, K. **Why gamesters die in space**. In C. D., K. J.H.G., C. A. & A. Delle Piane (Eds.), *Simulation-Gaming in Education and Training: Proceedings of the International Simulation and Gaming Association's 18th International Conference*, p. 33-37. Toronto: Pergamon Press, 1988.
- JUDSON, E. How teachers integrate technology and their beliefs about learning: Is there a connection? **Journal of Technology and Teacher Education**, v. 14, n. 3, p. 581-597, 2006.
- KELLER, J. M. Strategies for stimulating the motivation to learn. **Performance & Instruction**, v. 26, p. 1–7, 1987.
- KUHN, T.S. **The structure of scientific revolutions**. Chicago, University of Chicago Press, 1962.
- KWON, J. S. A cognitive model of conceptual change in science learning. **Physics Teaching**, v. 7, p. 1–9, 1989.
- KWON, J. S. **The necessity of cognitive conflict strategy**. In science teaching. Proceeding of the International Conference on Science Education: Globalization of Science Education, Seoul, Korea, 1997.
- L. C. McDermott, *Phys. Today* **37**, 2 (1984); R. Gunstone and M. Watts, in *Children's Ideas in Science*, edited by R. Driver, E. Guesne, and A. Tiberghien (Open University Press, Milton Keynes, 1985), pp. 85–104.
- LABURU, C. E. **A Construção do Conhecimento**. São Paulo: Faculdade de Educação da USP (Tese, doutorado), 1993.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. **Revista Tecne, Episteme y Didaxis, Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnologia**. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, n. 16, p. 6-21, 2004.
- LEACH J.; MOON, J. Pedagogy, information and communications. **The Curriculum Journal**, v. 11, n. 3, p. 385–404, 2000.
- LEE, G.; KWON, J. **What do you know about students' cognitive conflict: A theoretical model of cognitive conflict process**.

Proceedings of 2001 AETS Annual meeting, Costa Mesa, CA, p. 309–325, 2001.

LEE, Y.J. **The effect of cognitive conflict on students' conceptual change in physics**. Unpublished doctoral dissertation, Korea National University of Education, Chungbuk: Korea, 1998.

LIMOˆn, M. On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A critical appraisal. **Learning and Instruction**, v. 11, p. 357–380, 2001.

LINDLEY, C. A. Game Taxonomies: A high level framework for game analysis and design, 2003. Disponível em:  
<[http://www.gamasutra.com/features/20031003/lindley\\_01.shtml](http://www.gamasutra.com/features/20031003/lindley_01.shtml)>

MAGEE, M. **State of the Field: Simulation in Education**. Calgary. Canada: Alberta Online Learning Consortium, 2006. Acesso em 12/10/2012. Disponível em:  
<<http://www.cclcca.ca/pdfs/StateOfField/SFRSimulationinEducationJul06REV.pdf>>

MANN, B. Internet provision for enrichment opportunities to school and home. **Journal of the Australian Council for Educational Computing**, v. 15, n. 1, p. 17–21, 2000.

MARCINKIEWICZ, H. R. Computers and teachers: Factors influencing computer use in the classroom. **Journal of Research on Computing in Education**, v. 26, n. 2, p. 220–237, 1994.

MAZUR, E. **Peer Instruction**. Upper Saddle, NJ: Prentice Hall, 1997.

McCLOSKEY, M. **Mental Models**, edited by D. Gentner and A. L. Stevens Erlbaum, Hillsdale, NJ, p. 299–324, 1983.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Anomalies and Conflicts in Classroom Discourse. **Science Education**, v.84, p. 429 - 444, 2000.

NIAZ, M. Cognitive conflict as a teaching strategy in solving chemistry problems: A dialectic-constructivist perspective. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 32, p. 959–970, 1995.

PAPERT, S.; HAREL, I. **Situating Constructionism**. In S. Papert and I. Harel (eds) *Constructionism*. Westport, CT: Ablex Publishing Corporation, 1991.

PEDUZZI, S. S. **Concepções alternativas em mecânica**. In: PIETROCOLA, M. (ORG). Ensino de física: Conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. 2ª Edição. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

PERKINS, K. et al. PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics. **Physics Teacher**, v. 44, n. 1, p. 18-23, 2006.

PhET. **Physics Education Technology Project**. Retrieved June 1, 2006. Disponível em: <<http://phet.colorado.edu>>

PIAGET, J. **The equilibration of cognitive structures: The central problem of intellectual development**. Chicago: University of Chicago Press, 1985.

PINTRICH, P.R.; MARX, R. W.; BOYLE, R. A. Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. **Review of Educational Research**, v. 63, p. 167–199, 1993.

PIU, A. **Simulation Games for the Learning and Teaching of Mathematics**. In A. Piu e C. Fregola (Eds.) *Simulation and Gaming for Mathematical Education: Epistemology and Teaching Strategies*, p. 47-56, 2001.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66, p. 211–227, 1982.

RAMASUNDARAM, V.; GRUNWALD, S.; MANGEOT, A.; COMERFORD, N. B. B.; BLISS, C. M. Development of an environmental virtual field laboratory. **Computers & Education**, v. 45, p. 21-34, 2004.

ROLLINGS, A.; ADAMS, E. **Andrew Rollings and Ernest Adams on game design**. Indianapolis: New Riders, 2003.

ROWELL, J. Piagetian epistemology: Equilibration and the teaching of science. **Synthese**, v. 80, p. 141-162, 1989.

ROWELL, J.; DAWSON, C. Equilibration conflict and instruction: a new classoriented perspective. **European Journal of Science Education**, v. 7, n. 3, p. 331-334, 1985.

ROWELL, J.; DAWSON, C. Laboratory counter examples and the growth of understanding in science. **European Journal of Science Education**, v. 5, n. 2, p. 203-215, 1983.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança Conceitual na Sala de Aula** – Um desafio Pedagógico. Lisboa: Ed. Livros Horizonte, 1991.

SAUVÉ, L.; RENAUD, L.; KAUFMAN, D. **Games and simulation**: Theoretical underpinnings. Paper presented at the DIGRA, Vancouver, B.C, 2005.

SCHAEFER, J. J.; VANDERBILT, A. A.; CANSON, C. L.; BAUMAN, E. B.; GLAVIN, R. J.; LEE, F. W.; NAVEDO D. D. Literature Re view: Instructional Design and Pedagogy Science in Healthcare Simulation. *Simulation in Healthcare*, v. 6, n. 6, p. 3041, 2011.

SCOTT, P.; ASOKO, H.; DRIVER, R. *Teaching for conceptual change: a review of strategies*. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical issues and empirical studies*, 1992.

SEMPLE, A. Learning Theories and their influence of the development and use of educational technologies. **Australian Science Teachers Journal**, v. 46, n. 3, p. 21–28, 2000.

SHIN, Y. S. Virtual reality simulations in Webbased science education. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 10, p. 18–25, 2002.

SHIRTS, R. G. **Notes on defining “Simulation”**. In C. S. Greenblat & R. D. Duke (Eds.), *Gaming-simulation: Rationale, design and applications. A text with parallel readings for social scientists, educators, and community workers*. Toronto: Wiley & Sons, 1975.

SPROULL, L.; KIESLER, S. **Connections: New ways of working in the networked organization**. Cambridge, MA: MIT Press, 1991.

STAVY, R.; BERKOVITZ. Cognitive conflict as a a basis for teaching quantitative aspect of the concept of temperature. **Science Education**, v. 64, p. 679-692, 1980.

STEELE, W. Computer Simulations of Physical Adsorption: a historical review. **Applied Surface Science**, 196 - 312, 2002.

STRIKE, K.A.; POSER, G.J. **A revisionist theory of conceptual change**. In R.A. Duschl & R.J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*, p. 147–176. Albany: State University of New York Press, 1992.

TEARLE, P. **Implementation of ICT in UK secondary schools**. Implementation of ICT in UK secondary schools. Paper presented at the European Conference on Educational Research, University of Crete, 2004.

TEODORO, S. R. **A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional**. 2000. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) –, Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru.

THORLEY, N. C.; TREGUST, D. F. Conflict within dyadic interaction as a stimulant for conceptual change in physics. **International Journal of Science Education**, v. 9, 203 - 216, 1987.

TOTTER, A.; STUTZ, D.; GROTE, G. ICT and schools: Identification of factors influencing the use of new media in vocational training schools. **The Electronic Journal of e-Learning**, v. 4, n. 1, p. 95–102, 2006.

TYSON, L. M.; VENNVILLE, G. J.; HARRISON, A. G.; TREGUST, D. F. A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. **Science Education**, 81, 387–404, 1997.

VEEN, W. The role of beliefs in the use of information technology: implications for teacher education, or teaching the right thing at the right time. **Journal of Information Technology for Teacher Education**, v.2, n. 2, p. 139–153, 1993.

VIENNOT, L. Spontaneous Reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**, v. 1, n. 2, p. 205-221, 1979.

VILLANI, A., CARVALHO, L. M. O. Conflictos Cognitivos, Experimentos Cualitativos Actividades y Didácticas. **Enseñanza de las Ciencias**. v.13, n.3, p.279 – 294, 1995.

von GLASERSFELD, E. **Learning as a constructive activity**. In J. C. Bergeron and N. Herscovics (Eds.), *Proceedings of the Fifth Annual*



Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. Montreal: University of Montreal Press, 1983.

W. BOYCE, **Computers in Physics**, v. 11; p. 151, 1997.

WHITE, B.; FREDERIKSEN, J. **Technological tools and instructional approaches for making scientific inquiry accessible to all**. In M. Jacobson and R. Kozma (Eds.). *Innovations in Science and Mathematics Education: Advanced Designs for Technologies of Learning*, p. 321-359. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.

WIEMAN, C.E.; PERKINS, K.K. A Powerful Tool for Teaching Science. **Nature: Physics**, v. 2, n. 5, p. 290-292, 2006.

WOODWARD, J.; CARNINE, D.; GERSTEN, R. Teaching Problem Solving Through Computer Simulations. **American Educational Research Journal**, v. 25, n. 1, p. 72-86, 1988.

ZYLBERSZTAYN, A. revista de ensino de Física vol.5, n° 2, dez./1983, p.3-16.



## **ANEXO A – Carta de informação sobre a pesquisa e termo de consentimento esclarecido**

### **Carta de informação sobre a pesquisa e termo de consentimento esclarecido**

Por meio desta apresento uma breve descrição da pesquisa intitulada “*Uma estratégia para promoção de conflito cognitivo através das simulações do PhET*”, onde constam: seus objetivos, métodos e uma descrição de sua possível participação. Desde já, agradeço a sua atenção e colaboração.

*Uma estratégia para promoção de conflito cognitivo através das simulações do PhET*

Pesquisador: Mestrando Gabriel Siqueira Sombrio  
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica /  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Orientador: Prof. Dr. Frederico Firmo de Souza e Cruz  
Coorientador: Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos

As chamadas concepções espontâneas ou alternativas constituem um obstáculo ao aprendizado de ciências. O presente trabalho propõe utilizar um conjunto de atividades realizadas através de simulações desenvolvidas pelo PhET na tentativa de promover situações didáticas que levem os estudantes a identificar discrepâncias entre a sua previsão/explicação, baseadas nestas concepções, de um fenômeno ou evento e o que é observado. Posteriormente a presença destas discrepâncias pode facilitar o entendimento de concepções cientificamente aceitas.

O objetivo é identificar como os alunos observam estas discrepâncias e quais são as suas possíveis reações diante das situações didáticas apresentadas.

A pesquisa poderá envolver os seguintes instrumentos para a coleta de dados:

- Questionários.
- Entrevistas semi-estruturadas.
- Gravações em áudio e/ou vídeo.

Este material será analisado posteriormente, e será garantido sigilo absoluto sobre o nome dos participantes. Os resultados da pesquisa que tem objetivo acadêmico poderão divulgados através da dissertação, artigos científicos e comunicações em congressos.

Pretende-se que este trabalho traga contribuições para o ensino de ciências (em especial o ensino de física) possibilitando o desenvolvimento/avaliação de novas metodologias que facilitem a aprendizagem.

Desde já agradeço a colaboração,

---

Gabriel Siqueira Sombrio  
(email: mokotdm@gmail.com)

## **Termo de Consentimento Esclarecido**

Eu, \_\_\_\_\_,  
após a leitura da carta de apresentação, ciente do que será solicitado e  
sem dúvidas, CONCORDO em participar da pesquisa proposta.

Entendo que o estudo poderá incluir a utilização de questionários,  
entrevistas e gravações em áudio e/ou vídeo. Também entendo que a  
minha identidade não será revelada, que após a análise dos dados  
obtidos os resultados constarão de uma dissertação de mestrado e  
poderão ser utilizados em artigos e congressos científicos.

Entendo também que a qualquer momento posso me retirar do  
projeto sem nenhum prejuízo.

Data, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2013,

\_\_\_\_\_  
(Assinatura)



## ANEXO B – Roteiro das atividades

### Questões para identificação

1) Nome \_\_\_\_\_ completo:

2) Idade: \_\_\_\_\_

3) Cursou ensino fundamental em Instituição:

( ) Pública ( ) Privada ( ) Ambas

4) Cursou o ensino médio em Instituição:

( ) Pública ( ) Privada ( ) Ambas

5) Já utilizou recursos computacionais em sala de aula:

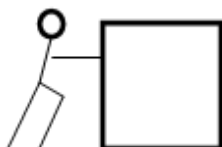
( ) Sim \_\_\_\_\_ Quais?

( ) Não

6) O que você acha do uso de recursos computacionais em sala?

7)

Na situação da figura um rapaz começa a aplicar uma força horizontal sobre um caixote, inicialmente em repouso, que se encontra sobre uma superfície horizontal.



Considerando que o atrito entre o caixote e a superfície não é desprezível, o que você pode afirmar sobre o valor da força aplicada para que o caixote entre em movimento? Por quê?

- 1) Se a força aplicada pelo rapaz para colocar o caixote em movimento for mantida constante, o que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?
- 2) Considere agora que o rapaz diminui a força até ficar igual ao atrito, e que a partir deste momento o valor da força seja mantida constante. O que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?
- 3) Agora a força aplicada irá diminuir ainda mais, tornando-se menor que a força de atrito (mas ainda diferente de zero). O que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?
- 4) Considere agora a situação inicial (na situação da figura...) só que o atrito entre o caixote e a superfície é desprezível.
  - a) Se o rapaz aplicar uma força constante sobre o caixote, o que acontecerá com o valor da velocidade? Por quê?
  - b) Se o rapaz deixar de aplicar a força, o que acontecerá com a velocidade do caixote? Por quê?



### **Roteiro de atividade (Simulação: força noções básicas)**

- 1) Vá para a seção atrito.
- 2) Clique em velocidade e em valores.
- 3) Coloque o caixote sobre a superfície.
  - a) Qual é o valor da força necessária para que o bloco se mova?
  - b) Coloque o caixote em movimento e mantenha a força aplicada constante. O que acontece com a velocidade do caixote?
  - c) Coloque o caixote em movimento e reduza a força até atingir o valor do atrito (e mantenha constante). O que acontece com a velocidade do caixote?
  - d) Coloque o caixote em movimento e reduza a força aplicada até tornar-se menor que o atrito, mas ainda diferente de zero. O que acontecerá com a velocidade do caixote?
- 4) Compare os resultados obtidos com as suas previsões. O que você observa?
- 5) Ainda na seção atrito reinicie a simulação.
- 6) Coloque nenhum atrito.
- 7) Clique novamente em velocidade e em valores.
- 8) Coloque o caixote sobre a superfície.
  - a) Qual é o valor da força necessária para que o caixote se mova?
  - b) Se a força aplicada acima for mantida constante, o que acontecerá com a velocidade do caixote.
  - c) Coloque o caixote em movimento. Se a força deixar de ser aplicada, o que acontecerá com a velocidade do caixote?
- 9) Compare os resultados obtidos com as suas previsões. O que você observa?
- 10) Refaça as atividades modificando os objetos (ou empilhando dois caixotes), tente prever o que vai acontecer, anote e compare com os resultados da simulação.



## **Roteiro para a entrevista**

Iniciar com um esclarecimento sobre o projeto de pesquisa (as questões norteadoras, alguns objetivos, etc.).

Apresentar o termo de consentimento esclarecido.

Roteiro para a entrevista

- 1) As questões formuladas estavam claras?
  - a) Como você interpretou o enunciado da primeira questão?
  - b) Como você interpretou o enunciado da segunda questão?
  - c) E o da terceira questão?
  - d) E o da quarta questão?
  - e) E o da quinta questão? Note que ela é composta de duas partes.
- 2) O roteiro do uso da simulação estava claro?
- 3) De maneira geral houve alguma diferença entre as suas previsões e as observações? Alguma coisa foi surpreendente? Explique um pouco mais.
- 4) Vamos ser mais específicos. Na primeira questão você afirmou que... e ao rodar a simulação o que foi observado... (Fazer o mesmo para as outras questões.)

E quando o atrito foi removido... A sua previsão coincidiu com a observação? Houve alguma surpresa? Explique um pouco melhor.