

Análise do processo de ensino e aprendizagem de conteúdos de física por meio do uso de simuladores e da argumentação de usuários

RESUMO

Fernanda Luíza de Sousa
fernandaluizadesousa@gmail.com
0000-0002-0922-1948
Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

Guilherme Tavares de Assis
gtassis@ufop.edu.br
0000-0003-2133-0845
Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

Silmar Antonio Travain
silmar.travain@unesp.br
0000-0002-5432-7258
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Guaratinguetá, São Paulo, Brasil.

Historicamente, nas últimas décadas, a principal metodologia utilizada por professores de Física em sala de aula é o método tradicional, voltado para a resolução de exercícios e exposição de conteúdos pelo professor por meio do quadro negro e de giz. Desta forma, o Ensino de Física precisa ser direcionado na busca pela contextualização e inserção de recursos didático-pedagógicos, como a utilização de novas tecnologias. Neste contexto, este trabalho possui, como objetivo geral, demonstrar como simuladores computacionais podem favorecer o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos de Física em sala de aula, a partir da argumentação. Para tanto, foi desenvolvida a primeira versão de uma plataforma, denominada Simulação, que promove o uso de simuladores computacionais voltados, inicialmente, para o ensino de conteúdos sobre Conservação da Energia Mecânica, e disponibiliza roteiros para utilização dos mesmos. Por meio de experimentos práticos realizados na plataforma Simulação, foi utilizado o modelo de Toulmin com a finalidade de analisar os argumentos dos alunos a partir das atividades práticas desenvolvidas pelos mesmos; adicionalmente, alunos e professores analisaram a usabilidade da plataforma Simulação por meio de um método baseado no questionário de avaliação de satisfação subjetiva do usuário. A partir dos resultados experimentais obtidos, verificou-se que o uso do processo da argumentação, provido pelo modelo de Toulmin, conduziu os alunos a descobrirem as relações entre os elementos de simulação, possibilitando a compreensão dos conceitos de Física envolvidos nas atividades propostas. Quanto à avaliação da plataforma Simulação, os resultados experimentais comprovaram que a usabilidade da plataforma e seus serviços, até o momento oferecidos, encontra-se entre o excelente e o melhor imaginável. A utilização de simuladores computacionais, como recurso didático no ensino, busca provocar os professores a fim de realizar mudanças em seus métodos de ensino, despertando o interesse e promovendo a interação da teoria com a prática de forma a favorecer a aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física. Simulações computacionais. Questionário SUS. Modelo de Toulmin.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Ensino de Física, tem sido alvo de muitas críticas, sendo considerado ineficiente e ultrapassado (MORAES, 2009), já que a disciplina de Física costuma ser lecionada a partir da utilização de métodos tradicionais de ensino com repetição mecânica de conceitos, memorização de equações e exposição do conteúdo por meio, simplesmente, do quadro negro e giz (DARROZ, ROSA e GHIGGI, 2015); tal metodologia torna o aluno receptor passivo de informações, impossibilitando sua interação na construção do conhecimento. Pesquisas (MORAN; MASETTO; BEHRENS, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2015) mostram que a participação ativa dos alunos nas atividades de ensino faz com que estes apresentem melhor desempenho em relação à aprendizagem. Desta forma, a busca por novas metodologias de ensino e a inserção de recursos tecnológicos em sala de aula podem melhorar o processo de ensino e aprendizagem, desde que o professor desempenhe adequadamente a função de mediador desse processo, possibilitando a reflexão e a investigação por parte dos alunos de forma a motivá-los e a favorecer a construção do conhecimento.

Sendo assim, a utilização de mídias educacionais, tais como animações, vídeos e simulações computacionais, propicia ao professor acesso a uma grande quantidade de recursos, que podem contribuir para tornar a aula com mais interação, possibilitando ao aluno maior envolvimento no processo de ensino, tal como mencionam Araújo e Veit (2004). Particularmente, o uso de simulações computacionais, no contexto escolar, é apoiado por possibilitar um ambiente interativo entre o aluno e o objeto de estudo, assim como entre os colegas de sala e o professor, tornando o aluno parte ativa do processo de ensino e aprendizagem, já que pode investigar hipóteses, obter respostas rápidas e potencializar habilidades e competências (COSTA, 2017).

Desta forma, neste trabalho, foi desenvolvida a primeira versão da plataforma SimulAção que consiste em uma ferramenta para auxiliar professores de Física, durante suas aulas, na utilização de metodologias inovadoras que podem favorecer o ensino e a aprendizagem; particularmente, nesta primeira versão, a plataforma disponibiliza simuladores computacionais de acesso livre, voltados para o ensino de conteúdos sobre Conservação da Energia Mecânica e desenvolvidos por PhET-*Interactive Simulations* e pelo Portal Educacional, e roteiros para utilização dos mesmos. Sendo assim, baseado na plataforma SimulAção, este artigo possui, como objetivo geral, demonstrar como simuladores computacionais podem favorecer o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos de Física em sala de aula, a partir da argumentação. Para tanto, considerando uma simulação de experimentos, foi utilizado o modelo de Toulmin com a finalidade de analisar os argumentos dos alunos nas atividades práticas desenvolvidas pelos mesmos; adicionalmente, alunos e professores analisaram a usabilidade da plataforma SimulAção por meio de um método baseado no questionário de avaliação de satisfação subjetiva do usuário.

As principais contribuições deste trabalho são: (a) desenvolvimento da plataforma SimulAção; (b) estabelecimento de um conjunto de simuladores correlacionados e relativos à aprendizagem do conteúdo Conservação da Energia Mecânica; (c) proposta de uma sequência de ensino envolvendo os simuladores estabelecidos e roteiros de atividades relacionados aos mesmos; (d) análise dos argumentos dos alunos durante a realização da sequência de ensino proposta; (e)

análise da usabilidade da plataforma Simulação por alunos e professores; e, por fim, (f) melhoria do processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos promovido pela plataforma Simulação.

O restante deste artigo encontra-se organizado como se segue. A Seção 2 apresenta os trabalhos diretamente relacionados ao objetivo principal deste trabalho. A Seção 3 apresenta a plataforma Simulação. A Seção 4 discute os instrumentos utilizados para análise dos resultados obtidos na experimentação realizada. A Seção 5 descreve a experimentação prática e analisa os resultados obtidos. Por fim, a Seção 6 apresenta as conclusões deste trabalho assim como perspectivas de trabalho futuro.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Com o intuito de contribuir para a aprendizagem, a tecnologia tem adquirido mais destaque no processo de ensino, tanto na área de Física, quanto em áreas como a Biologia, Química e Matemática em vários níveis de ensino; sendo assim, recursos digitais, tais como tecnologias móveis, simuladores computacionais, laboratório virtual, a gamificação e os jogos, vêm sendo cada vez mais utilizados em sala de aula e remotamente.

Quanto ao uso de tecnologias móveis, Monteiro (2016); Souza (2017); Medeiros, Fonseca Filho e Matos (2018) propuseram o ensino a partir da utilização de celulares em sala de aula, por meio de aplicativos direcionados a conteúdos de Física como Movimento Uniforme, Movimento Acelerado, Fenômenos Ondulatórios, Magnetismo, Leis de Newton e outros. Os resultados obtidos mostraram que a utilização de tecnologias móveis pode contribuir para a motivação, atração e envolvimento dos alunos durante as aulas.

Quanto ao uso de simulações computacionais, Schweder (2015); Braga (2016); Barbosa *et al.* (2017) mostraram que consistem em uma favorável opção para o ensino de Física Moderna, Energia e Lei de Faraday e outros, já que possibilitam a interação entre os alunos, promovendo o processo de ensino e aprendizagem.

Quanto ao laboratório virtual, Fonseca *et al.* (2013); Santos, Lopes e Feitosa, (2015); Sena, Silas e Silva (2018) demonstraram que consiste em uma opção adequada para abordar os conceitos abstratos do Ensino de Física de maneira experimental, promovendo o interesse dos alunos pelas aulas de Física, já que se sentem mais motivados para realizarem as tarefas solicitadas.

Por fim, quanto ao uso da gamificação e aos jogos, como apresentado por Silva e Sales (2017); Dantas e Perez (2018); Silva, Sales e Castro (2019), possibilitam o ensino de Ótica Geométrica, Formação de Imagens em Espelhos e Mecânica Clássica e outros. Por meio de tais recursos digitais, os resultados obtidos mostraram que os alunos apresentaram receptividade, engajamento e motivação o que contribuiu para a resolução de problemas e, assim, para a promoção da aprendizagem.

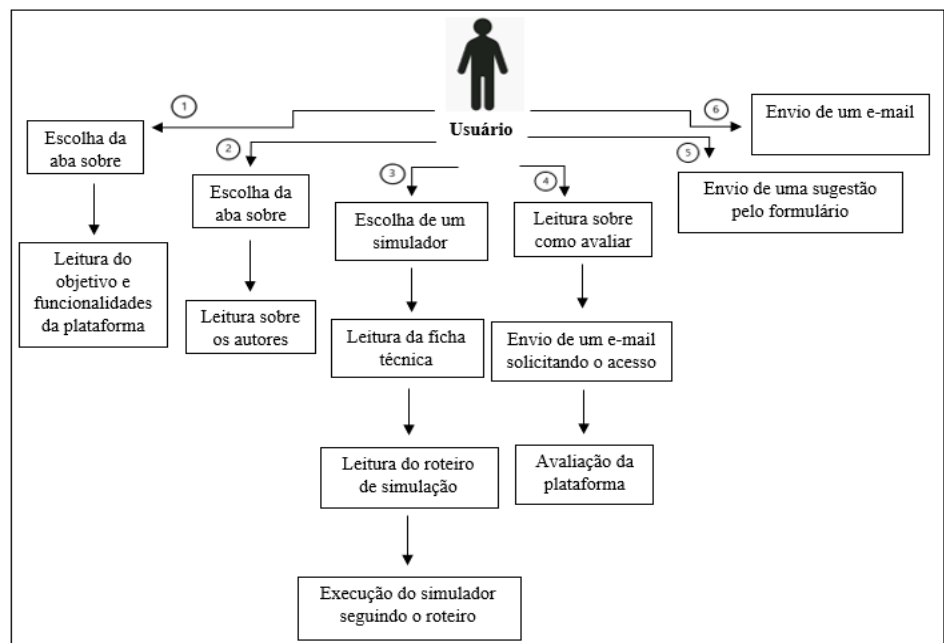
Diferentemente dos trabalhos apresentados, este trabalho analisa o ensino da Conservação da Energia Mecânica, em um primeiro momento, a partir do uso de simuladores disponibilizados na plataforma Simulação e da argumentação de usuários. Vale ressaltar que o conteúdo abordado na plataforma Simulação pode

ser estendido a qualquer área de conhecimento, desde que existam simuladores voltados para tais áreas.

3 PLATAFORMA SIMULAÇÃO

Uma das contribuições deste trabalho foi o desenvolvimento de uma plataforma, denominada Simulação¹, que promove a aprendizagem dos alunos e auxilia os professores na diversificação e inserção de metodologias inovadoras nas aulas de Física. Em sua primeira versão, já que se encontra voltada para o ensino de conteúdos sobre Conservação da Energia Mecânica, o público alvo corresponde a alunos do 1º ano do Ensino Médio. A Figura 1 ilustra a arquitetura de funcionamento da plataforma Simulação que se encontra disponível em: <https://sitesimulacao.wixsite.com/simulacaoambienteweb>.

Figura 1 – Arquitetura de funcionamento da plataforma Simulação



Fonte: Autores (2020).

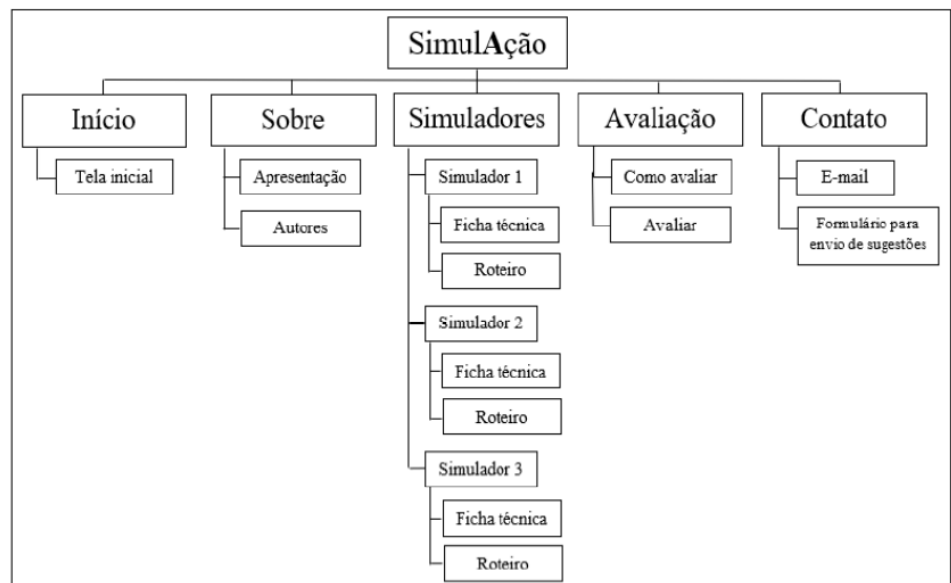
De acordo com a Figura 1, as funcionalidades 1 e 2 correspondem à ação do usuário quanto ao esclarecimento sobre a plataforma, podendo o mesmo realizar a leitura do objetivo e das funcionalidades da mesma, e de informações sobre seus autores, respectivamente. A funcionalidade 3 representa a atuação do usuário quanto à utilização dos simuladores presentes na plataforma: o primeiro passo consiste em escolher o simulador desejado; em seguida, fazer a leitura da ficha técnica e do roteiro de simulação do simulador escolhido; e, por fim, executar o simulador seguindo as orientações do roteiro. A funcionalidade 4 corresponde a atuação do usuário quanto à avaliação da usabilidade da plataforma: o primeiro passo constitui em realizar a leitura sobre como avaliar a plataforma, caso queira realizar uma avaliação; em seguida, enviar um e-mail solicitando a senha de acesso ao formulário de avaliação; após obter a senha de acesso, realizar a avaliação propriamente dita da plataforma. Por fim, as funcionalidades 5 e 6 correspondem à atuação do usuário quanto ao acesso ao contato, podendo realizar o envio de um

e-mail ou preencher um formulário enviando sugestões, comentários e propostas de atividades.

Os simuladores, pertencentes à primeira versão da plataforma Simulação, são: A Rampa, A Montanha-Russa e Pista de Skate, que se encontram disponíveis para uso público. O simulador A Rampa² possui, como objetivo, explicar o movimento de um objeto em um plano inclinado; assim, é possível compreender de que forma as forças atuam sobre diferentes corpos e reconhecer o trabalho de uma força até em situações que envolvem forças de atrito. O simulador A Montanha-Russa³ possui, como objetivo, identificar a influência de diversos parâmetros na trajetória percorrida por um carrinho numa montanha russa. Por fim, o simulador Pista de Skate⁴ possui, como objetivo, explicar o conceito de conservação da energia mecânica, usando energia cinética e energia potencial gravitacional, e as possíveis causas da influência do atrito. Vale mencionar que o uso desses simuladores representa uma sequência de ensino voltada ao estudo de Conservação da Energia Mecânica.

Para desenvolver a plataforma Simulação, foi utilizada a ferramenta Wix⁵ pelo fato de tal ambiente possuir um design diferenciado, didático e de fácil entendimento. A Figura 2 apresenta uma visão geral da interface da plataforma Simulação.

Figura 2 – Visão geral da interface da plataforma Simulação



Fonte: Autores (2020).

De acordo com a Figura 2, observa-se que a plataforma Simulação é composta por 5 eixos principais, a saber: Início, Sobre, Simuladores, Avaliação e Contato. O eixo Início apresenta a tela inicial de cada um dos simuladores que compõe a plataforma. O eixo Sobre apresenta o objetivo da plataforma Simulação e os autores da mesma. O eixo Simuladores apresenta, para cada simulador pertencente à plataforma, o próprio simulador, sua ficha técnica e o roteiro elaborado para utilização do mesmo. O eixo Avaliação possibilita a avaliação dos serviços prestados pela plataforma, por meio de um questionário SUS. Por fim, o eixo Contato possibilita aos usuários da plataforma o envio de sugestões, comentários e propostas de atividades, via e-mail.

4 INSTRUMENTOS PARA ANÁLISE DE RESULTADOS EXPERIMENTAIS

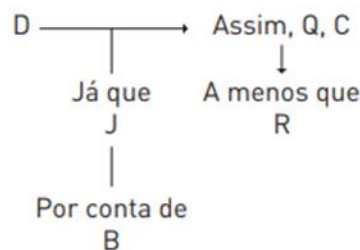
Nesta seção, são apresentados os instrumentos utilizados para análise dos resultados obtidos na experimentação realizada neste trabalho. Na Subseção 4.1, é descrito o Modelo de Toulmin, utilizado para analisar os argumentos dos alunos nas atividades práticas desenvolvidas. E, na Subseção 4.2, é apresentado o questionário de avaliação de satisfação subjetiva do usuário, utilizado para avaliar a usabilidade da plataforma Simulação.

4.1 Modelo de Toulmin

O modelo de Toulmin é uma ferramenta de análise muito usada para investigar a “argumentação científica” construída por alunos em situações do Ensino de Ciências (JIMÉNEZ ALEIXANDRE *et al*, 1998; SÁ, KASSEBOEHMER e QUEIROZ, 2014). Para analisar a validade ou não de um argumento, Toulmin (2001) propõe que se deve representar o argumento em uma estrutura ou modelo. Este modelo possui, como função, apontar as evidências a partir da construção de afirmações, associando dados e conclusões por meio de justificativas de natureza hipotética, além de destacar os limites de uma dada teoria e seu suporte em outras (CAPECCHI; CARVALHO, 2000).

De acordo com o modelo de Toulmin (2001), os elementos que constituem a organização de um argumento são: o dado (D), a justificativa (J), a conclusão (C), o conhecimento básico (B), os qualificadores modais (Q) e a refutação (R). A Figura 3 apresenta os elementos fundamentais de um argumento e as relações existentes entre esses elementos.

Figura 3 – Modelo de Toulmin para análise de um argumento



Fonte: Toulmin (2001).

De acordo com a Figura 3, a organização básica de um argumento pode ser composta usando três dos elementos apresentados, possuindo a seguinte estrutura: "a partir de um dado (D), já que se justifica (J), assim se conclui (C)". Entretanto, para que um argumento seja considerado completo, pode-se determinar em que situações a justificativa apontada é válida ou não. Dessa forma, podem ser incluídos ao argumento qualificadores modais (Q), ou seja, especificações das situações essenciais para que uma justificativa seja válida. Do mesmo modo, é possível descrever em que situações a justificativa não é válida ou suficiente para dar apoio à conclusão. Diante disso, é apresentada uma refutação (R) da justificativa. Além dos elementos citados, a justificativa, que apresenta característica hipotética, pode ser fundamentada em uma alegação categórica ou em uma lei; por exemplo, conhecimento básico (B) refere-se a uma alegação que dá apoio à justificativa (SÁ; QUEIROZ, 2007).

O método baseado no modelo de Toulmin foi utilizado na experimentação desse trabalho com a finalidade de analisar os argumentos dos alunos a partir das atividades práticas desenvolvidas por meio do uso dos simuladores presentes na plataforma Simulação.

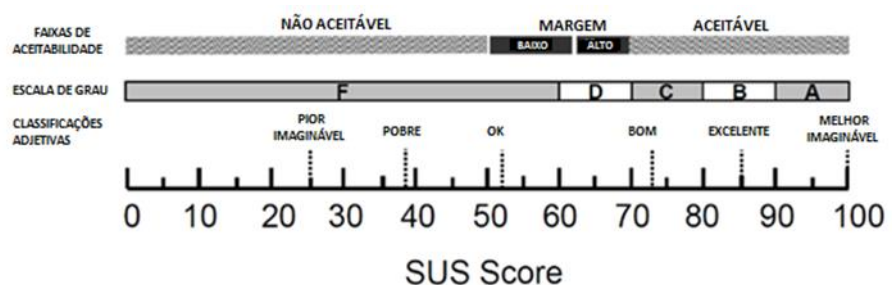
4.2 Questionário de avaliação de satisfação subjetiva do usuário

O questionário de avaliação de satisfação subjetiva do usuário ou system usability scale (SUS), desenvolvido por Brooke (1996), tem como objetivo, a avaliação da usabilidade de produtos e serviços como produtos de hardware, websites, sistemas de informação. Possui aplicação rápida e simples, sendo muito utilizado devido ao seu alto grau de confiabilidade. É constituído por 10 questões originais definidas por Brooke (1996), que podem ser adequadas para o contexto de um determinado produto ou serviço. Para cada questão, o formato de resposta segue o padrão Likert. Um item Likert geralmente é usado para medir o nível de discordância ou concordância a partir de determinada afirmação, sendo utilizados normalmente níveis de resposta (BABBIE, 1999) com escala de 1 a 5, onde 1 significa “discordo totalmente” e 5 significa “concordo totalmente”.

De acordo com Sousa, Travain e Assis (2019), para realizar o cálculo da pontuação final de um questionário SUS, após o preenchimento do mesmo, utilizam-se as seguintes regras. Para as questões ímpares (questões relacionadas a pontos positivos sobre a utilização dos serviços), a pontuação da questão equivale à escala (posição) da resposta selecionada pelo usuário menos 1. Já para as questões pares (questões relacionadas a pontos negativos sobre a utilização dos serviços), a pontuação da questão equivale a 5 menos a escala (posição) da resposta selecionada pelo usuário. Assim, para se obter a pontuação final (SUS Score) relativa ao preenchimento de um questionário SUS, deve-se somar as pontuações resultantes de cada questão do questionário e multiplicar tal soma por 2,5, gerando assim o valor do nível de usabilidade.

Em um processo experimental de avaliação de um produto ou serviço, após obter a pontuação final produzida para cada questionário SUS preenchido por um usuário participante de tal processo, é possível estabelecer a pontuação geral de usabilidade por meio da média entre as pontuações finais produzidas. Desse modo, a partir do valor obtido para a pontuação geral, pode-se concluir a respeito da usabilidade do produto ou serviço avaliado pelo usuário, seguindo as faixas de aceitabilidade e as classificações adjetivas definidas pelo estudo de Bangor, Kortum e Miller (2009), como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Classificação da pontuação do SUS



Fonte: Bangor, Kortum e Miller (2009) [Traduzida].

Assim, de acordo com a Figura 4, para um determinado produto ou serviço avaliado por um usuário com pontuação geral 80, por exemplo, é possível dizer que a usabilidade de tal produto ou serviço para tal usuário é aceitável e encontra-se, de acordo com as classificações adjetivas, entre bom e excelente.

Para prévio conhecimento, o método baseado no questionário SUS foi utilizado na experimentação deste trabalho com a finalidade de avaliar, adicionalmente, a usabilidade da plataforma Simulação segundo Bangor, Kortum e Miller (2009).

5 ANÁLISE EXPERIMENTAL

Nesta seção, é realizada a descrição da experimentação (vide Subseção 5.1) e são apresentados e analisados os resultados obtidos (vide Subseção 5.2).

5.1 Descrição da experimentação

A partir da utilização prática da plataforma Simulação, foi possível verificar os resultados gerados pelo uso dos simuladores, tanto em relação ao ensino e aprendizagem de conteúdos sobre Conservação da Energia Mecânica, quanto ao uso geral da própria plataforma, referente ao seu funcionamento e à sua usabilidade. A simulação de experimentos da plataforma foi realizada com dois grupos de usuários, a saber: um grupo de usuários não-especialistas, constituído por 30 alunos, com idades entre 15 e 17 anos, de uma turma do turno matutino do 1º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública estadual; e um grupo de usuários especialistas, constituído por 12 professores de Física e 2 alunos do 8º período de um curso de Licenciatura em Física. Vale mencionar que esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa CEP/UFOP, nº 3.294.785.

Com o grupo de usuários não-especialistas, foi realizada a simulação de experimentos, envolvendo o uso dos três simuladores (ou seja, a sequência de ensino completa), por meio de seus roteiros propostos de atividades, e a aplicação do questionário SUS, visando avaliação da usabilidade da plataforma Simulação. Para análise dos registros escritos obtidos a partir de tais roteiros, foi utilizado o modelo de Toulmin, resultando na avaliação dos processos de argumentação dos usuários; para tanto, os textos e as falas foram reestruturados com base nos elementos propostos pelo modelo de Toulmin. Vale mencionar que as atividades de experimentação foram desenvolvidas no laboratório de informática da escola e que os usuários foram distribuídos em grupos de três. No entanto, verifica-se que, nos modelos de Toulmin construídos a partir das transcrições das atividades, aparecem falas de alunos de distintos grupos: apesar da definição de três alunos por grupo, devido à proximidade no laboratório entre os grupos, alunos de grupos distintos deram sugestões nas atividades de um determinado grupo, contribuindo assim no desenvolvimento do argumento. Considerando a interação entre os pares que se ascendeu durante as atividades, será apresentado um recorte dos resultados experimentais obtidos a partir da aplicação das atividades envolvendo cada um dos três simuladores: a análise do modelo de Toulmin foi realizada apenas para alguns grupos, já que os resultados foram parecidos e, em algumas transcrições, apareceram ruídos que são considerados como respostas iguais.

Quanto ao grupo de usuários especialistas, a experimentação foi realizada a partir da divulgação da plataforma Simulação via e-mail e redes sociais, com o

objetivo de se obter um maior alcance possível. Para os interessados, foi criado um formulário Google Docs no qual foram apresentados o termo de consentimento e informações relativas à plataforma Simulação. Após o aceite, foi divulgado aos participantes o link de acesso à plataforma onde, após navegarem pela plataforma da forma desejada e livre, responderam o questionário SUS e registraram sua opinião quanto ao uso da plataforma.

5.2 Análise dos resultados

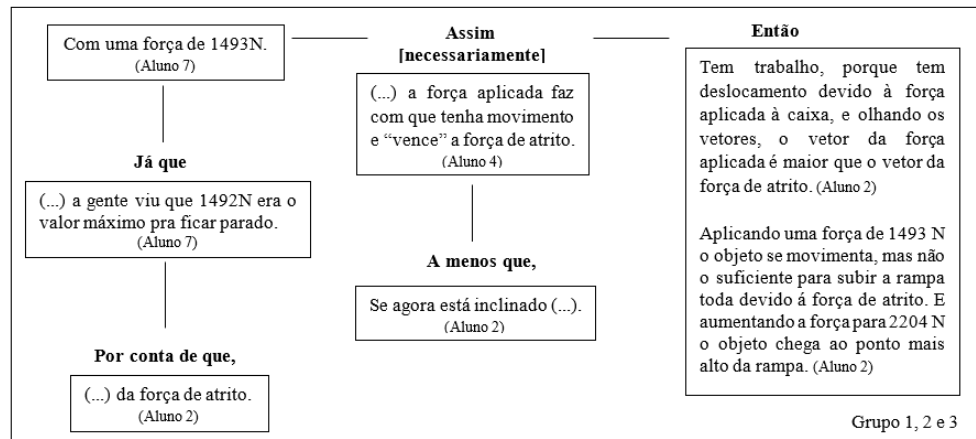
A análise dos resultados experimentais obtidos pelos usuários não-especialistas e usuários especialistas ocorreu em etapas distintas. Para os usuários não-especialistas, foram analisadas as transcrições realizadas para a simulação de experimentos referente aos simuladores, a partir do modelo de Toulmin, e as respostas quanto às questões do questionário SUS. Já para os usuários especialistas, foram discutidas as considerações realizadas por alguns participantes quanto ao uso da plataforma e foram analisadas as respostas quanto às questões do questionário SUS. Desta forma, na Subseção 5.2.1, são apresentados os modelos de Toulmin para a simulação de experimentos, referente aos simuladores, realizada pelos usuários não-especialistas. Na Subseção 5.2.2, são discutidas as considerações realizadas por alguns usuários-especialistas quanto ao uso da plataforma. E por fim, na Subseção 5.2.3, é apresentada uma análise geral a respeito dos resultados relativos ao questionário SUS, gerados pelos usuários não-especialistas e especialistas.

5.2.1 Análise dos processos de argumentação dos usuários não-especialistas

Nesta subseção, são apresentados e analisados os processos de argumentação dos usuários não-especialistas, segundo a proposta do modelo de Toulmin, a partir da simulação de experimentos realizada para cada simulador.

O simulador A Rampa, como já mencionado, descreve o movimento de um objeto em um plano inclinado, sendo possível compreender de que forma as forças atuam sobre diferentes corpos e reconhecer o trabalho de uma força até em situações que envolvem forças de atrito. Para exemplificação, a partir das transcrições realizadas, a Figura 5 apresenta a análise baseada no modelo de Toulmin para as atividades 2 e 3 do roteiro; essas atividades buscam analisar a influência das forças e a realização de trabalho sobre um objeto em movimento, sob um plano horizontal (atividade 2) e sob um plano inclinado (atividade 3).

Figura 5 – Modelo de Toulmin para as atividades 2 e 3 do simulador A Rampa

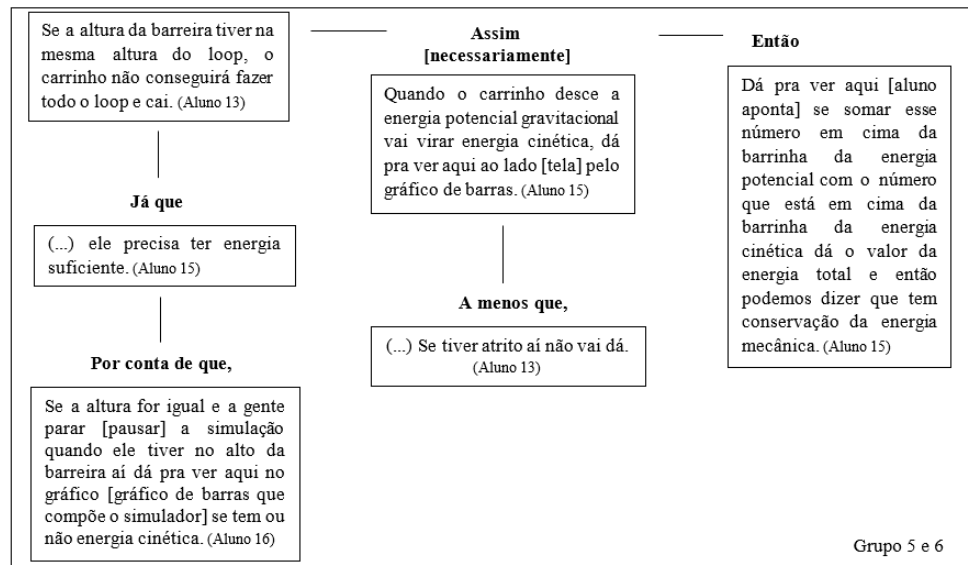


Fonte: Autores (2020).

Conforme mostra a Figura 5, pode-se observar que o Aluno 7, pertencente ao Grupo 3, ao mencionar “com uma força de 1493N”, ele apresenta sua hipótese para o problema, um dado (D); ao enunciar “ (...) a gente viu que 1492N era o valor máximo pra ficar parado”, ele aponta a evidência, sua garantia (Q). Então, relacionando as hipóteses e as evidências, os alunos de distintos grupos chegam a uma conclusão compartilhada (C). Nota-se também, que o Aluno 2, pertencente ao Grupo 1, contribui para a construção do argumento ao mencionar “[A menos que] se agora está inclinado (...)”, apresentando uma refutação (R). Dessa forma, de acordo com a interação durante o experimento, verificou-se que o uso do simulador A Rampa pode ser um mecanismo que auxilia a aprendizagem, possibilitando discutir a relação existente entre força aplicada e o deslocamento de um corpo para conceituar trabalho.

O simulador A Montanha-Russa, como já mencionado, identifica como diversos parâmetros podem influenciar na trajetória percorrida por um carrinho numa montanha russa. Para exemplificação, a partir das transcrições realizadas, a Figura 6 apresenta o modelo de Toulmin para as atividades 2 e 3 do roteiro, no qual os alunos concluem sobre a Conservação da Energia Mecânica modificando parâmetros como barreira inicial e central, velocidade inicial, raio do loop e massa do carrinho.

Figura 6 – Modelo de Toulmin para as atividades 2 e 3 do simulador A Montanha-Russa



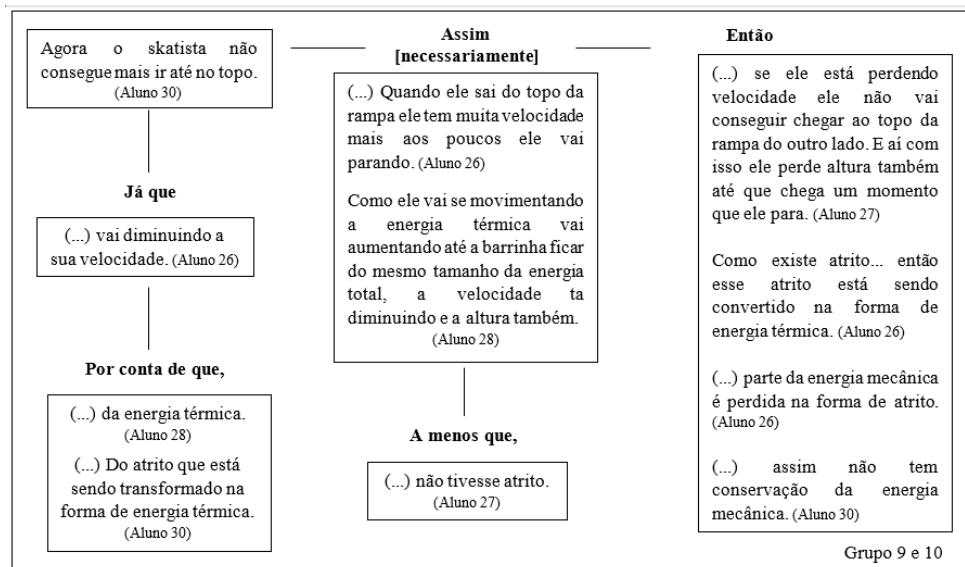
Fonte: Autores (2020).

A partir da Figura 6, pode-se observar que o Aluno 13, pertencente ao Grupo 5, ao mencionar “Se a altura da barreira tiver na mesma altura do loop, o carrinho não conseguirá fazer todo o loop e cai”, ele apresenta sua hipótese para o problema, elaborando um dado (D); assim, o Aluno 15, pertencente ao mesmo grupo, ao enunciar “(...) ele precisa ter energia suficiente”, aponta uma evidência, sua justificativa (J). Já o Aluno 16, pertencente ao Grupo 6, apoiando-se no conhecimento básico (B) menciona “Se a altura for igual e a gente parar [pausar] a simulação quando ele tiver no alto da barreira aí dá pra ver aqui no gráfico [gráfico de barras que compõe o simulador] se tem ou não energia cinética”. A partir disso, apresentam-se qualificadores modais para validar a justificativa (J) quando o Aluno 15, pertencente ao Grupo original 5, especifica “quando o carrinho desce a energia potencial gravitacional vai virar energia cinética, dá pra ver aqui ao lado [tela] pelo gráfico de barras”; além disso, o próprio Aluno 15 propõe uma refutação (R) “(...) se tiver atrito aí não vai dá”. Nesse caso, os alunos conseguiram observar que, se houver a presença de atrito no sistema, a energia potencial gravitacional e a energia cinética vão sofrer alterações e a energia mecânica não será conservada. Desta forma, a partir dos argumentos tanto de alunos do Grupo 5 quanto do Grupo 6, foi possível chegar a uma conclusão como menciona o Aluno 16, pertencente ao Grupo 5, “dá pra ver aqui oh [aluno aponta] se somar esse número em cima da barrinha [valor de energia fornecido pelo gráfico de barras] da energia potencial com o número que está em cima da barrinha [valor de energia fornecido pelo gráfico de barras] da energia cinética dá o valor da energia total e então podemos dizer que tem conservação da energia mecânica”. Nesse sentido, a utilização do simulador A Montanha-Russa e as ações de mediação da professora favoreceram a aprendizagem, possibilitando realizar um estudo quantitativo sobre a Energia Mecânica e suas condições para Conservação de Energia, e problematizar, contextualizar e sistematizar os conceitos relacionados a Trabalho e Energia Mecânica.

Por fim, o simulador Pista de Skate, como já mencionado, explica o conceito de conservação da energia mecânica, usando energia cinética e energia potencial gravitacional, e as possíveis causas da influência do atrito. Para exemplificação, a

partir das transcrições realizadas, a Figura 7 apresenta o modelo de Toulmin para as atividades 2 e 3 do roteiro; essas atividades buscam analisar a influência do atrito e, conseqüentemente, da energia térmica sobre a conservação da energia mecânica.

Figura 7 – Modelo de Toulmin para as atividades 2 e 3 do simulador Pista de Skate



Fonte: Autores (2020).

A partir da Figura 7, pode-se observar que o Aluno 30, pertencente ao Grupo 10, ao mencionar “agora o skatista não consegue mais ir até no topo”, apresenta uma hipótese para o problema, um dado (D); a partir disso, o Aluno 26, pertencente ao Grupo 9, aponta uma evidência, justificando (J) “(...) vai diminuindo a sua velocidade”; diante disso, o Aluno 30, pertencente ao Grupo 10, apoia-se no conhecimento básico (B) ao argumentar por conta de que, “ (...) da energia térmica. Do atrito que está sendo transformado na forma de energia térmica”. Além disso, os Alunos 26 e 28, pertencentes aos Grupos 9 e 10 respectivamente, ao mencionarem que “(...) quando ele sai do topo da rampa ele tem muita velocidade [análise a partir da representação de um velocímetro que compõe a simulação] mais aos poucos ele vai parando. (...)”. Como ele vai se movimentando a energia térmica vai aumentando até a barrinha [do gráfico] ficar do mesmo tamanho da energia total, a velocidade está diminuindo e a altura também”, pode-se notar a presença de qualificadores modais (Q). E diante disso, o Aluno 27, pertencente ao Grupo 9, apresenta uma refutação (R) para a justificativa mencionando que o skatista perde velocidade em função do atrito, ao mencionar a menos que “não tivesse atrito”. Por fim, os Alunos 27, 26 e 30, pertencentes aos Grupos 9 e 10, a partir dos argumentos, chegam à conclusão (C) “(...) se ele está perdendo velocidade ele não vai conseguir chegar ao topo da rampa do outro lado. E aí com isso ele perde altura também até que chega um momento que ele para. (...) Como existe atrito... então esse atrito está sendo convertido na forma de energia térmica. Aí parte da energia mecânica é perdida na forma de atrito. (...) assim não tem conservação da energia mecânica”. Desta forma, nota-se que, a partir dos processos de argumentação, questionamentos e mediação, os alunos conseguiram alcançar conclusões sobre o conteúdo de Conservação da Energia Mecânica.

É importante ressaltar que, durante a aplicação das atividades, a professora acompanhou as mesmas, promovendo a mediação para a resolução das questões e propondo novas situações, porém tomou o devido cuidado para não interferir nas atividades, mesmo quando o aluno utilizou um termo/conceito equivocadamente. Desta forma, o processo de interação por meio da argumentação foi desenvolvido entre os alunos e a professora e entre grupos distintos de alunos. Na proposta experimental deste trabalho, não se esperava a inter-relação que se promoveu entre os grupos; porém, naturalmente, os alunos sentiram-se mais à vontade para participarem da discussão de outros grupos, uma vez que, por exemplo, a ideia de uma explicação para um dado científico surgira na interlocução de um colega externo ao seu grupo, evidenciando a troca de experiências entre os grupos de alunos. Baseado nas atividades realizadas, foi observada a dominação de conceitos por parte de alguns alunos; porém, dependendo da atividade, a ajuda externa se faz mais presente. Para Vygotsky, é no caminho desses dois pontos, entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele pode aprender por meio da interação e da troca de experiências entre seus pares (no caso, contribuições entre grupos distintos de alunos), que se possibilita o desenvolvimento da aprendizagem (VYGOTSKY, 1978).

Sabe-se que a discussão provocada, durante a interlocução de um professor, favorece o desenvolvimento da aprendizagem, numa situação em que os alunos pensam juntos, oportunizando a condição daquele que possui “mais experiência” interagir com aquele que possui “menos experiência” e ocasionando o desenvolvimento da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), como descrito por Vygotsky (1978). Na simulação de experimentos proposta neste trabalho, a partir da interação entre os envolvidos, observou-se a clara troca de conhecimentos uma vez que, durante os encontros de experimentação, a professora ocupava-se em fazer o papel de mediadora, seguindo o que propõe a teoria de Vygotsky (1998) para a situação de estímulo da aprendizagem. Os alunos foram orientados por meio da mediação e interação dos sujeitos (alunos) com os simuladores, nesse caso, objeto de conhecimento. À medida que as dificuldades foram surgindo, os alunos recebiam as orientações da professora; assim, em muitos casos, buscavam a inter-relação entre os próprios parceiros, ou seja, a discussão sobre os conteúdos de ciências físicas abordados entre aluno-aluno e aluno-professor. Desta forma, os alunos adquiriram progressivamente o controle e a responsabilidade na resolução das atividades, promovendo o desenvolvimento cognitivo dos envolvidos neste processo.

5.2.2 Análise das considerações dos usuários especialistas quanto ao uso da plataforma

Quanto às considerações realizadas pelos usuários especialistas no que se refere ao uso da plataforma Simulação, são apresentadas, nesta subseção, a análise e/ou adequações na plataforma, que evidenciam uma síntese das sugestões, problemas identificados pelos usuários especialistas e consequentes necessidades de adequação.

Após análise das considerações realizadas pelos usuários especialistas que deixaram sua opinião quanto ao uso da plataforma Simulação, observou-se que foram feitas várias ocorrências positivas voltadas para a pesquisa desenvolvida neste trabalho, mostrando a importância da plataforma Simulação como uma

ferramenta que pode auxiliar o professor durante as aulas e melhorar o processo de ensino e aprendizagem. Foram também observadas:

- duas ocorrências que sugerem adequações em relação aos roteiros disponibilizados, sendo uma direcionada especificamente às questões propostas nos roteiros de atividades e uma relacionada ao modo de acesso dos roteiros online;
- duas ocorrências sobre o tipo de aplicativo utilizado como extensão nos simuladores;
- uma ocorrência sobre a existência de inconsistência quanto ao tipo de navegador utilizado para acesso a plataforma Simulação;
- uma ocorrência negativa no sentido de que a utilização de simuladores pode impossibilitar a manipulação dos experimentos de forma concreta.

Considerando as observações listadas, foram realizadas as seguintes adequações:

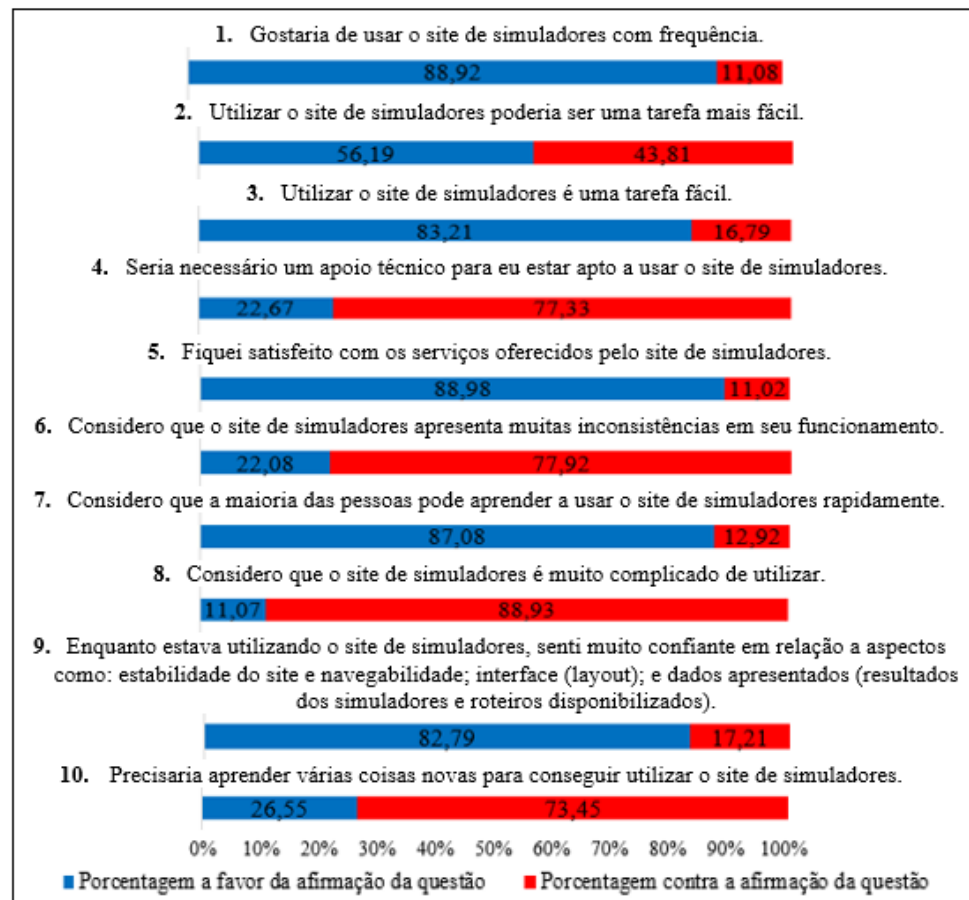
- na ficha técnica de cada um dos simuladores, adição de um item, denominado Características do navegador Web, tendo, como função, recomendar o tipo de navegador e especificar que tipo de aplicativo é utilizado como extensão no simulador em questão;
- alteração de algumas atividades dos roteiros dos simuladores de acordo com as orientações apontadas, no intuito de favorecer ainda mais a aprendizagem dos alunos;
- ressaltamos que o uso de simuladores computacionais constitui um recurso adicional que pode ser favorecer a aprendizagem, tendo, como objetivo, complementar o ensino e não substituir as aulas teóricas e/ou aulas experimentais em laboratórios.

5.2.3 Análise do questionário SUS aplicado aos usuários não-especialistas e especialistas

Nesta subseção, os resultados obtidos, a partir das respostas dos usuários não-especialistas e especialistas quanto ao questionário SUS, são apresentados de forma geral, considerando todos os usuários. Conforme definição apresentada na Subseção 4.2, a partir dos valores relacionados às respostas escolhidas por um determinado usuário para as 10 questões do questionário SUS, obtém-se a pontuação final (SUS Score). Com base nas pontuações finais geradas, apresenta-se a pontuação geral, relativa à metodologia proposta pelo questionário SUS para análise de usabilidade.

De uma forma geral, considerando os 44 usuários não-especialistas e especialistas, a pontuação geral obtida, quanto ao uso da plataforma Simulação, foi de 82,72 que representa, segundo a classificação de Bangor, Kortum e Miller (2009), que a usabilidade da plataforma Simulação é aceitável, quanto às faixas de aceitabilidade, e que se encontra entre o excelente e o melhor imaginável, quanto às classificações adjetivas. A Figura 8 apresenta a pontuação geral obtida, separadamente, para cada questão proposta pelo questionário SUS.

Figura 8 – Pontuação geral obtida para cada questão SUS



Fonte: Autores (2020).

Considerando o resultado apresentado na Figura 8, nota-se que apenas a questão 2 não atingiu a classificação adjetiva acima de bom, de acordo com a classificação de Bangor, Kortum e Miller (2009), o que implica que a execução da plataforma Simulação, de uma forma geral, pode ter sido um pouco complicada para os usuários, já que estes não estão habituados com a utilização desse tipo de ferramenta. Em contrapartida, a pontuação relativa à questão 3 mostra que os usuários não tiveram dificuldade em usar a plataforma, demonstrando contradição entre tais pontuações. Assim, não é possível afirmar, por meio dessas duas questões, o que os usuários acham em relação à facilidade de uso da plataforma. Para os demais quesitos de usabilidade, os resultados foram bem favoráveis ao uso da plataforma Simulação.

6 CONCLUSÃO

A partir da experimentação prática realizada, foi possível verificar que, de acordo com o modelo de Toulmin, aplicado apenas aos usuários não-especialistas, a partir da análise referente à simulação de experimentos envolvendo os três simuladores, foi possível compreender o processo de argumentação desenvolvido pelos alunos durante a realização das atividades. As atividades relacionadas ao conteúdo de Conservação de Energia Mecânica, analisadas a partir dos argumentos dos estudantes, mostraram-se como recurso que beneficiou a

compreensão desse conteúdo. As atividades possibilitaram aos alunos manipular e testar suas hipóteses em conjunto com as intervenções e a mediação da professora. A partir dessas intervenções e mediações, os estudantes foram conduzidos a perceber algumas relações e características sobre o conteúdo estudado. Nesse sentido, a prática da argumentação apresentou-se como um método que contribuiu para o entendimento dos conceitos físicos estudados. As atividades desenvolvidas nos simuladores possibilitaram que os alunos compartilhassem ideias e identificassem os fenômenos científicos envolvidos nas experimentações realizadas, possibilitando ainda o desenvolvimento de argumentos a partir da discussão promovida por alunos de um mesmo grupo e pertencentes a outros grupos. O uso do processo da argumentação, no decorrer da solução dos problemas propostos, conduziu os alunos a descobrirem as relações entre os elementos de simulação, possibilitando a compreensão dos conceitos de ciência envolvidos nas atividades propostas.

Ademais, em meio aos processos argumentativos desencadeados pelos questionamentos colocados pela professora, a discussão dos fenômenos científicos, observados experimentalmente por meio da argumentação de Toulmin, possibilitou a construção do conhecimento e o desenvolvimento da aprendizagem entre os parceiros envolvidos. Baseado na teoria da ZDP proposta por Vygotsky (1978), a troca de experiências, entre os alunos menos experientes com os mais experientes, possibilitou o processo de maturação dos alunos menos capazes.

Quanto ao método de questionário SUS, aplicado adicionalmente, considerando todos os usuários de uma maneira geral, foi possível verificar que a plataforma Simulação apresentou uma pontuação geral de 82,72, indicando que a usabilidade da plataforma e seus serviços, até o momento oferecidos, é aceitável, encontrando-se entre o excelente e o melhor imaginável. De acordo com o método do questionário SUS, a plataforma atendeu satisfatoriamente os critérios eficiência, satisfação, facilidade de aprendizagem, facilidade de memorização e minimização de erros.

Como perspectivas de trabalho futuro, têm-se: (a) aplicação de alguma técnica de mineração de dados e/ou aprendizado de máquina nos dados experimentais obtidos, no intuito de encontrar padrões significativos; (b) revisão e aperfeiçoamento da plataforma Simulação no que se refere à usabilidade; (c) inserção de outros simuladores e roteiros de atividades na plataforma Simulação, visando novas sequências de ensino.

ANALYSIS OF THE TEACHING AND LEARNING PROCESS OF PHYSICS CONTENTS THROUGH SIMULATORS AND ARGUMENTATION OF USERS

ABSTRACT

In the last decades, it has been historically noticed that the main methodology used by Physics teachers in the classroom is the traditional method, which is aimed at solving exercises and exposing contents by the teacher through the use of the blackboard and chalk. Thus, Physics Education needs to be directed towards the search for contextualization and insertion of didactic-pedagogical resources, such as the use of new technologies. In this context, the general objective of this work is to demonstrate how computer simulators can favor the process of teaching and learning Physics contents in the classroom based on argumentation. For this purpose, the first version of a platform, called Simulação, was developed. This platform promotes the use of computer simulators initially aimed at teaching contents on Conservation of Mechanical Energy, and provides scripts for their use. Through practical experiments carried out on the Simulação platform, the Toulmin's model was used to analyze the students' arguments based on the practical activities they had developed. In addition, students and teachers analyzed the usability of the Simulação platform through a method based on the assessment questionnaire for the user's subjective satisfaction. From the experimental results obtained, it was found that the use of the argumentation process, provided by the Toulmin's model, led students to discover the relationships between the elements of simulation, thereafter enabling them to understand the concepts of Physics involved in the proposed activities. As for the evaluation of the Simulação platform, the experimental results have proven that the usability of the platform and its services, heretofore offered, is between the excellent and the best imaginable. The use of computer simulators as a teaching resource seeks to instigate teachers in order to make changes in their teaching methods, arousing interest and promoting the interaction between theory and practice in order to favor learning.

KEYWORDS: Physics Education. Computer simulations. SUS questionnaire. Toulmin's model.

NOTAS

1 Para mais detalhes sobre a plataforma Simulação, acesse: <https://br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/8751>. Acesso em: 20 fev. 2021.

2 Simulador de acesso livre, disponibilizado por PhET-*Interactive Simulations* e criado pelos autores Wendy Adams, Tris Lobelina, Kathy Perkins, Sam Rei, Carl Wieman e Danielle Barlow. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/the-ramp. Acesso em: 20 fev. 2021.

3 Simulador de acesso livre, disponibilizado por Portal Educacional e sem especificação dos autores. Disponível em: http://www.educacional.com.br/Recursos/ConteudoMultimedia/scorm/06_080/06/01/Principal.htm. Acesso em: 20 fev. 2021.

Observação: necessária habilitação de aplicativos *Flash* para o seu funcionamento. Para isso, por exemplo, considerando o navegador *Web* Google Chrome, selecione: “Configurações” - “Extensões” - “Abrir a Chrome Web Store”. Na página que será aberta, pesquise por Flash Player 2021. Em seguida, selecione: a extensão propriamente dita - “Usar no Chrome” - “Ativar extensão”.

4 Simulador de acesso livre, disponibilizado por PhET-*Interactive Simulations* e criado pelos autores Ariel Paul, Noah Podolefsky, Sam Rei, Michael Dubson, Bryce Gruneich, Patricia Lobelina, Emily B. Moore, Kathy Perkins, Sharon Siman-Tov e Amanda McGarry. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-skate-park-basics. Acesso em: 20 fev. 2021.

5 <https://editor.wix.com>. Acesso em: 20 fev. 2021.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Educação em Ciências**, v.4, n.3, p.5-18, 2004.

BABBIE, E. **Métodos de pesquisas de survey**. Ed. da UFMG, 1999.

BANGOR, A.; KORTUM P.; MILLER J. Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale In: **Journal of Usability Studies**, v. 4, Issue 3, May 2009, pp. 114-123.

BARBOSA, C. D.; GOMES, L. M.; CHAGAS, M. L.; FERREIRA, F. C. L. O uso de simuladores via smartphone no ensino de física: O experimento de Oersted. **Revista Scientia Plena**, v. 13, n. 1, 2017.

BRAGA, A. S. **O uso de simuladores computacionais como recurso didático nas aulas de Física: antes ou depois?**. 231 f. Dissertação (Mestrado Profissional em

Ensino de Ciências e Matemática) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo 2016.

BROOKE, J.; SUS: A **'Quick and Dirty' Usability scale**. In: JORDAN, P.W. *et al.* (Orgs.). Usability Evaluation in Industry. London: Taylor & Francis, 1996. cap. 21, p. 189 – 194.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Interações discursivas na construção de explicações para fenômenos físicos em sala de aula. In: **Atas** do VII Encontro de Pesquisa e Ensino de Física, Florianópolis: SC, 2000.

COSTA, M. Simulações computacionais no ensino de física: revisão sistemática de publicações da área de ensino. In: **Atas** do XII Congresso Nacional de Educação. Paraná, 2017. Disponível em:
https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24200_12224.pdf Acesso em: 10 set. 2020.

DANTAS, M.; PEREZ, S. Gamificação e jogos no ensino de mecânica Newtoniana: uma proposta didática utilizando os aplicativos bunny shooter e socrative. **Revista do Professor de Física**, v. 2, n. 2, 2018.

DARROZ, L. M.; ROSA, C. W.; GHIGGI, C. M. Método tradicional x Aprendizagem significativa: investigação na ação dos professores de Física. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 5, p. 70-85, 2015.

FONSECA, M.; MAIDANA, N. L.; SEVERINO, E.; BARROS, S.; SENHORA, G.; VANIN, V. R. O laboratório virtual: uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica. **Revista Brasileira de Ensino Física**, v.35 n.4, São Paulo, 2013.

JIMÉNEZ A. M.P.; PÉREZ, V. A.; CASTRO, C.R. Argumentación en El laboratorio de Física. In: **Atas** do VII Encontro de Pesquisa e Ensino de Física, Florianópolis: SC, 1998.

MEDEIROS, J. S. R.; FONSECA FILHO, H. D.; MATOS, R. S. Uso de celular no ensino de ciências exatas: um estudo de caso. **Science and Knowledge in Focus**, v. 1, n. 2, p. 37-47, dec. 2018.

MONTEIRO, M. A. A. O uso de tecnologias móveis no ensino de física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 1, 2016.

MORAES, J. U. P. A visão dos alunos sobre o Ensino de Física: um estudo de caso. **Revista Scientia Plena**, v.5, n.11, p. 1-7, 2009.

MORAN, M. J.; MASETTO, M.; BEHRENS, M. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. 16ª ed. Campinas: Papirus, 2009, p. 12-17.

OLIVEIRA, C.; MOURA, S. P.; SOUSA, E. R. Tic's na Educação: A Utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação na Aprendizagem do aluno. **Revista Pedagogia em Ação**, v. 7, n. 1, p. 75-95, jun. 2015.

SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Esquema de argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. **Revista Ensaio**, v.16, n. 03, p. 147- 170, set-dez, 2014.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. **Revista Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.

SANTOS, R. S.; LOPES, R. P; FEITOSA, E. S. Uso de experimentos virtuais no ensino de física. *In: Atas do 8º Congresso de extensão universitária da UNESP*, p. 1-5, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/142736> . Acesso em 10 set. 2020.

SCHWEDER, S. **Uso de simuladores em atividades de laboratório de física moderna: Análise de sua contribuição para o ensino e aprendizagem na modalidade de Educação à Distância**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.138f. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2015.

SENA, M. J. C.; SILAS, A.; SILVA, R. Um laboratório didático virtual de física pela Amazônia. **Revista do Professor de Física**, v. 2, n. 1, 2018.

SILVA, J. B.; SALES, G. L. Gamificação aplicada no ensino de Física: um estudo de caso no ensino de óptica geométrica. **Revista Acta Scientiae**, v.19, n.5, set./out. 2017.

SILVA, J. B.; SALES, G. L.; CASTRO, J. B. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, 2019.

SOUSA, F. L.; TRAVAIN, S. T.; ASSIS, G. T. Simulação: Plataforma web de simuladores voltados ao Ensino de Física. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO*, 30, 2019, Brasília, **Anais eletrônicos...**Brasília:

Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 469-478. Disponível em: <https://br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/8751>. Acesso em 10 set. 2020.

SOUZA, S. H. **Celular em sala de aula: de vilão à solução – construção de atividades no contexto CTS..** 154 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

TOULMIN, S. **Os usos do argumento.** Trad. Reinaldo Guarany. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VYGOTSKY L. S. **Mind in Society – The Development of Higher Psychological Processes.** Cambridge MA: Harvard University Press, 1978.

Recebido: 09 set. 2020.

Aprovado: 02 mar. 2021.

DOI: 10.3895/rbect.v14n1.13146

Como citar: SOUSA, F. L.; ASSIS, G. T.; TRAVAIN, S. A. Análise do processo de ensino e aprendizagem de conteúdos de física por meio do uso de simuladores e da argumentação de usuários. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v.14, n. 2, p. 37-57, mai./ago. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/13146>>. Acesso em: XXX.

Correspondência: Fernanda Luíza de Sousa- fernandaluizadesousa@gmail.com

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

