



EDMYLSON SILVA JÚNIOR

MobileMech:

UM SOFTWARE EDUCACIONAL PARA O ENSINO
DE MECÂNICA

LAVRAS-MG

2013

EDMYLSON SILVA JÚNIOR

MOBILEMECH:

UM SOFTWARE EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE MECÂNICA

Monografia de Graduação apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Ciência da Computação para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Informática na Educação.

Orientador: Dr. Heitor Augustus Xavier Costa

Coorientador: Msc. Igor Ribeiro Lima

LAVRAS – MG

2013

EDMYLSON SILVA JÚNIOR

MobileMech:

UM SOFTWARE EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE MECÂNICA

Monografia de graduação apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Ciência da Computação para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovada em 26/08/2012

Profa. Dra. Solange Gomes Faria Martins UFLA

Prof. Dr. Raphael Winckler de Bettio UFLA

Msc. Igor Ribeiro Lima

Coorientador



Prof. Dr. Heitor Augustus Xavier Costa

Orientador

LAVRAS – MG

2013

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai e à minha mãe pelo suporte e por terem tido me acompanhado durante minha graduação.

Agradeço à minha irmã pela amizade e companheirismo.

Ao professor e orientador Heitor pelo rigor, assistência e pela a aprendizagem.

Ao coorientador Igor por ter me ajudado durante a realização desse trabalho.

E ao restante de meus familiares que de alguma forma contribuíram para minha formação.

RESUMO

Há muito é explorada a possibilidade de utilização de recursos tecnológicos na educação. Com novos recursos sendo disponibilizados quase que diariamente verifica-se a quantidade de ferramentas disponíveis capazes de agregar no ensino. Esse trabalho desenvolveu um software educacional para o ensino de Física, mais precisamente, o ensino de Mecânica, a nível de ensino médio. Esse software foi implementado sobre o sistema operacional Android. O principal motivo de se trabalhar sobre o contexto do Android é a possibilidade desse software estar agregado a um dispositivo móvel. Os dispositivos móveis, mais especificamente, um tablet, possibilitam uma maior flexibilidade ao aluno, e assim, incrementam os locais onde possa ser possível o aprendizado. Além disso, um tablet é capaz de criar ambiente lúdico, motivando o processo de aprendizagem. Acredita-se que um software educacional nesse contexto venha a contribuir para a aprendizagem possibilitando um meio acessível ao conhecimento.

Palavras Chaves: Informática na Educação. Software Educacional. Dispositivos móveis. Ensino de Física.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Tipos de Pesquisa Científica.....	14
Figura 5-1 Exemplo da primeira atividade	55
Figura 5-2 Exemplo da segunda atividade	55
Figura 5-3 Exemplo da terceira atividade.....	55
Figura 5-4 Diagrama de Casos e Usos	57
Figura 5-5 Barra de navegação	57
Figura 5-6 Diagrama de navegação.....	58
Figura 5-7 Cenário 1	61
Figura 5-8 Cenário 2	61
Figura 5-9 Cenário 3	61
Figura 5-10 Cenário 4	61
Figura 5-11 Cenário 5	65
Figura 5-12 Cenário 6	65
Figura 5-13 Cenário 7	65
Figura 5-14 Cenário 8	65
Figura 5-15 Cenário 9	66
Figura 5-16 Cenário 10	66
Figura 5-17 Cenário 11	66
Figura 5-18 Cenário 12	68
Figura 5-19 Cenário 13	68
Figura 5-20 Cenário 14	68
Figura 5-21 Cenário 15	68
Figura 6-1 Usabilidade do MobileMech.....	74

Figura 6-2 Aceitação dos Cenários do MobileMech.....	76
Figura 6-3 Aceitação do MobileMech como Ferramenta para Apoiar o Processo de Ensino-Aprendizagem em Física.....	77
Figura A-1 Cenário 16.....	91
Figura A-2 Cenário 17.....	91
Figura A-3 Cenário 18.....	91
Figura A-4 Cenário 19.....	91
Figura A-5 Cenário 20.....	92
Figura A-6 Cenário 21.....	92
Figura A-7 Cenário 22.....	92
Figura A-8 Cenário 23.....	92
Figura A-9 Cenário 24.....	93
Figura A-10 Cenário 25.....	93
Figura A-11 Cenário 26.....	93
Figura A-12 Cenário 27.....	93
Figura A-13 Cenário 28.....	94

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Motivação	11
1.2 Objetivo	11
1.3 Metodologia de Desenvolvimento.....	13
1.3.1 Tipos de Pesquisa	13
1.3.2 Procedimentos Metodológicos	15
1.4 Estrutura do Trabalho	16
2. TRABALHOS RELACIONADOS	17
3 PRINCÍPIOS DE MECÂNICA	20
3.1 Considerações Iniciais	20
3.2 Conceitos de Força e Força Gravitacional	20
3.3 Força Normal, Força de Atrito e Resistência do Ar	23
3.4 Impulso de uma Força e Quantidade de Movimento.....	23
3.5 Leis de Newton	25
3.5.1 Primeira Lei	25
3.5.2 Segunda Lei	26
3.5.3 Terceira Lei e a Conservação do Momento Linear	28
3.6 Conservação da Energia Mecânica: Energia Cinética e Energia Potencial Gravitacional.....	28
3.7 Trabalho.....	29
3.8 Considerações Finais	30
4 INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO E SUA IMPORTÂNCIA.....	32
4.1 Considerações Iniciais	32
4.2 Conceitos e Utilizações da Informática na Educação.....	32
4.3 Teorias de Aprendizagem	35
4.4 Taxonomia de Bloom	39
4.5 Tipos de Jogos.....	41
4.6 Projeto de Software Educacional	43
4.7 Integração de Software Educacional em Sala de Aula	47

4.8 Considerações Finais	50
5. SOFTWARE EDUCACIONAL MobileMech.....	51
5.1 Considerações Iniciais	51
5.2 Descrição do MobileMech.....	51
5.3 Modelagem do Software.....	56
5.3.1 Diagrama de Casos de Uso	56
5.3.2 Diagrama de navegação	57
5.4 Funcionamento do Software	58
5.4.1 Cenários para explanação teórica	58
5.4.2 Cenários de Experimentação.....	60
5.4.3 Cenários de Exercitação	64
5.5 Considerações Finais	69
6. AVALIAÇÃO.....	71
6.1 Considerações Iniciais	71
6.2 Metodologia da Avaliação	71
6.3 Resultados.....	73
6.4 Considerações Finais	77
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
7.1 Conclusões	79
7.2 Contribuições	80
7.3 Limitações.....	81
7.4 Trabalhos Futuros.....	82
REFERÊNCIAS.....	84
ANEXO A – OUTROS CENÁRIOS DO MobileMech.....	91

1 INTRODUÇÃO

A informática vem sendo considerada uma ferramenta de suporte para a aprendizagem por diversos profissionais envolvidos no processo de ensino-aprendizagem [Lazzarotto *et al.*, 2011]. Os alunos sentem motivados a buscar novos conhecimentos quando inseridos em um contexto onde tecnologia e educação estão aliadas. A combinação da utilização do computador e do quadro negro/branco pelos professores, geralmente por meio de animações, visualizações e verificações e a adoção de novas metodologias têm se mostrado razoável acelerador no processo de ensino-aprendizagem [Oliveira *et al.*, 2011].

Nesse contexto, apresenta-se o objeto de aprendizado que consiste em uma unidade reutilizável para ensino, o qual pode ser (i) qualquer objeto digital ou não digital cujo objetivo é ser utilizado durante o processo de ensino-aprendizagem e (ii) referenciado como estimulador da criatividade, principalmente pelo fato de agregar diversas mídias, o que causa flexibilidade nas formas de enxergar diversas situações [Oliveira, 2010]. A ideia fundamental de objetos de aprendizado é criar pequenos componentes que possam ser reutilizados e adaptados de forma a acomodar diferentes contextos envolvidos nesse processo. Dessa forma, desperta-se o interesse de educadores pelo fato de objetos de aprendizagens não se enquadrarem em paradigmas de integração como CD-ROM ou DVD [Camerom; Bennet, 2010].

Com utilização da informática na educação, surge a possibilidade da aprendizagem extensa e autônoma, sem a necessidade da presença física das partes envolvidas. Isso se consolidou no século XIX por meio de cursos a distância, os quais tiveram impulso com o desenvolvimento dos meios de comunicação na época, propiciando a alfabetização científica e evitando o surgimento de conceitos espontâneos que não se enquadram nos padrões impostos pelo paradigma da comunidade científica [Tavares, 2010]. Na literatura, pode-se encontrar alguns esforços cujo objetivo é apresentar métodos de ensino de disciplinas de física com a proposta de tornar esse ensino eficaz e eficiente com a utilização da tecnologia. O aprendizado por meio da criação de um modelo mental e a possibilidade das experimentações virtuais proporcionam

visão natural dos conceitos concernentes ao assunto tratado pelo objeto de aprendizagem; neste caso, a disciplina de Física (assunto abordado neste trabalho).

1.1 Motivação

A principal motivação deste trabalho é a possibilidade de disponibilizar acesso ao conhecimento de alguns tópicos abordados na disciplina de Física em um ambiente não usual, mas com capacidade de gerar interação com o usuário e apresentar o conteúdo com determinada independência de outros meios. Outras motivações deste trabalho são:

- capacidade de criar um ambiente lúdico por meio de um dispositivo móvel;
- crescente interesse por aparatos tecnológicos;
- dificuldade dos alunos aprenderem conceitos de Física e de os contextualizarem;
- dificuldade de mostrar conceitos abstratos sobre o qual os alunos não tenham exemplos práticos acessíveis;
- possibilidade de realizar experimentos e modelar computacionalmente conceitos de Física fazendo uma representação virtual desses conceitos para facilitar a compreensão do aluno e a imersão dos conceitos em diferentes situações;
- fato da produção de um software para dispositivos móveis apresentar a possibilidade de razoável acessibilidade ao conteúdo, o que implica em disponibilidade do conteúdo para várias pessoas em diversos locais.

1.2 Objetivo

Não é comum encontrar software para dispositivos móveis cujo objetivo está no processo de ensino-aprendizagem em tópicos relacionados à disciplina de Física. Dessa forma, o caráter lúdico que pode ser incorporado na utilização de um *tablet* pode influenciar na motivação do aprendiz e,

consequentemente, contribuir para um aprendizado mais conciso. Além disso, é importante viabilizar a possibilidade de interações com outras mídias para (i) dar suporte ao processo de ensino-aprendizagem, (ii) influenciar em aprendizado mais dinâmico em que os alunos investigam o conteúdo e (iii) aumentar o interesse pelo conhecimento científico, procurando informações em outras fontes.

Em geral, pode-se perceber que os alunos no contexto da disciplina de Física, apesar de enunciarem uma determinada lei da Física, podem não ser capazes de explicitar adequadamente o significado dessa lei. Além disso, pode-se observar que não ocorre confronto ou reformulações mediante a comparação dos conhecimentos obtidos por meio de experiências diárias e o conhecimento obtido em sala de aula. Os alunos não percebem a estrutura teórico-conceitual que explica um determinado fenômeno [Batista, 2004]. A falta de material compacto de simples interação e adaptado para dispositivos móveis para fazer uso dos recursos interativos que esses dispositivos dispõem e o fato dos alunos estarem imersos no ambiente tecnológico levam a acreditar que a produção de um software educativo possa viabilizar o aprendizado de tópicos da disciplina de Física. A fim de cobrir as necessidades apresentadas, este trabalho apresenta algumas metas:

- proporcionar ao usuário um ambiente de aprendizado agradável/aprazível, de fácil compreensão, com interface intuitiva e com características que não comprometam a qualidade do aprendizado;
- motivar a investigação do usuário dos conceitos aprendidos em diferentes ambientes propostos pelo software;
- criar pequenos jogos onde a correta aplicação dos conceitos físicos é necessária para a conclusão de um objetivo;
- proporcionar interesse ao usuário na interação com o software para o usuário ter interesse em continuar a utilizá-lo;
- proporcionar aspecto lúdico durante a utilização do software por parte do usuário;

- motivar o aprendizado da disciplina de Física e a aquisição de conhecimento, no contexto científico, apresentando a funcionalidade e o desenvolvimento desse conhecimento;
- proporcionar aprendizado do conteúdo e otimizar a aquisição do conteúdo sem comprometer a qualidade do aprendizado.

1.3 Metodologia de Desenvolvimento

A metodologia de pesquisa é um conjunto de métodos, técnicas e procedimentos cuja finalidade é viabilizar a execução da pesquisa que tem como resultado um novo produto, processo ou conhecimento [Jung, 2009].

1.3.1 Tipos de Pesquisa

Uma pesquisa pode ser classificada em (Figura) [Jung, 2009]:

- Quanto a Natureza: i) Pesquisa Básica (gerar conhecimento sem finalidades de aplicação) e ii) Pesquisa Aplicada (gerar conhecimento sem finalidades de aplicação);
- Quanto aos Objetivos: i) Exploratória (descobrir/innovar); ii) descritiva (como?); e iii) explicativa (por que?);
- Quanto as Abordagens: i) Quantitativa e ii) Qualitativa;
- Quanto aos Procedimentos: i) Survey; ii) Pesquisa-Ação; iii) Estudo de Caso Único ou Múltiplos; iv) Operacional; e v) Experimental.

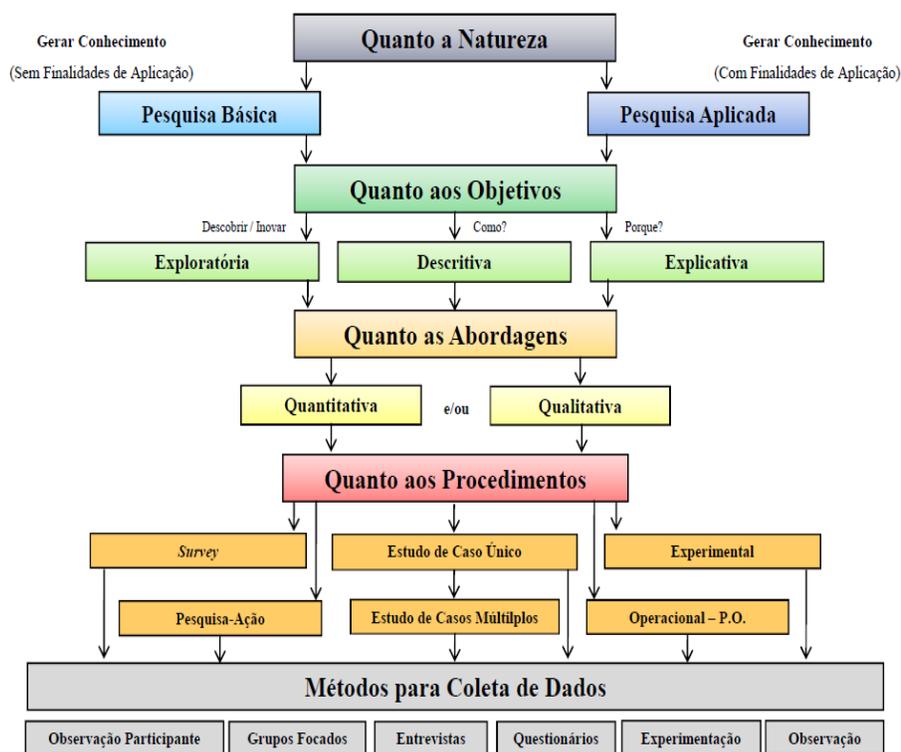


Figura 1-1 - Tipos de Pesquisa Científica

Fonte Jung (2009)

Além disso, os métodos para a coleta dos dados podem ser por meio de (i) observação do participante, (ii) grupos focados, (iii) entrevistas, (iv) questionário, (v) experimentação e (vi) observação.

Quanto a natureza, este trabalho pode ser classificado como pesquisa aplicada, pois o objetivo é disponibilizar e aplicar um software educacional para ensino de Física para alunos de ensino Médio. Quanto aos objetivos, esse trabalho pode ser classificado como pesquisa exploratória, pois visa inovar o ensino de Física através do uso de recursos computacionais. A respeito da abordagem, este trabalho é uma pesquisa quantitativa, onde sua veracidade é baseada na análise de parâmetros qualificados por alunos que se dispuseram a testar o MobileMech. Quanto aos procedimentos, essa trabalho pode ser classificada como experimental pois procura desenvolver um novo software educacional. Quanto aos métodos utilizados para coleta de dados, foi feito uso de questionários.

1.3.2 Procedimentos Metodológicos

Inicialmente, foi realizada uma busca por artigos com trabalhos relacionados objetivando o melhor entendimento do processo de produção de um software educacional e conhecimentos específicos para a realização desse trabalho. Após, foi discutido sobre qual plataforma esse software deveria ser desenvolvido considerando os prós e contras, e assim, direcionando algumas necessidades desse trabalho. Em seguida, foi realizada a busca de bibliografias a serem utilizadas como referenciais teóricos no contexto da Física. Posteriormente, foi orientado a construção do capítulo referente a Física. Após o término do capítulo de Física, foram discutidos referenciais teóricos no contexto de Informática na Educação. Buscas por artigos e livros correspondentes foram realizadas. Após, foi definido os parâmetros para a construção desse capítulo. Posteriormente, o capítulo de Informática na educação foi construído. Em seguida, o texto foi submetido a sucessivas revisões.

Os próximos passos foram direcionados a programação para Android. Foi realizado um levantamento de bibliografias para o desenvolvimento em Android. Após a leitura e estudo das bibliografias, foi desenvolvido alguns exemplos relacionados com esse trabalho no sentido de se familiarizar com o desenvolvimento. Em seguida, foi feito um planejamento de como o software seria. Foram realizadas projeções através de desenhos de cenários e levantada necessidades para a construção desses cenários. Foi realizada uma estimativa de tempo necessário para o desenvolvimento e determinado prazos. Iniciou o desenvolvimento do software. Testes foram realizados periodicamente à medida que o software era desenvolvido.

Após o desenvolvimento, um teste para a avaliação do MobileMech foi aplicado a alunos de Física da Ufla. Esses fizeram uso do software e responderam um questionário de avaliação. Os dados foram analisados e a partir dessa análise foram tiradas conclusões sobre o MobileMech. Algumas observações apontadas pelos alunos foram aplicadas numa breve revisão do software.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está organizado da seguinte forma.

Trabalhos relacionados são apresentados no Capítulo 2.

Conceitos de Física abordados no processo de ensino-aprendizagem contemplado pelo software desenvolvido, MobileMech, estão contemplados no Capítulo 3.

Conceitos e formas de utilizar a informática na educação, bem como breve relato de algumas teorias de aprendizagem e questões de projetos de software educacional e formas de se integrar o software educacional em sala de aula são tratados no Capítulo 4

O software MobileMech, apresentando modelagem e funcionamento com relato de alguns cenários relevantes, é descrito no Capítulo 5.

Análise dos resultados são apresentadas no Capítulo 6.

Conclusões, contribuições, limitações existentes e sugestões de trabalhos futuros são discutidas no Capítulo 7.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Na literatura, encontram-se alguns esforços para apresentar disciplinas de diversas áreas com recursos tecnológicos presentes diariamente no ambiente dos estudantes. Alguns desses trabalhos são apresentados a seguir.

Em decorrência da dificuldade dos alunos na disciplina de Física entenderem fenômenos abstratos ou com poucas referências de conhecimentos usualmente adquiridos nos ambientes em que eles se encontram, um dos trabalhos [Anderson; Barnett, 2011] propôs o jogo Supercharged!. Nesse jogo, o objetivo é auxiliar no processo de ensino-aprendizado por apresentar abstrações utilizando tecnologia computacional disponível. Além do caráter imersivo, são relatados que o jogador interage intensamente com o jogo e o jogo possui caráter experimental no sentido de apresentar os princípios sobre tópicos da disciplina de Física por meio de experiências realizadas em laboratórios. As disciplinas abordadas pelo jogo são referentes ao tópico Eletromagnetismo.

Em outro trabalho [Brom *et al.*, 2009], há relato do jogo Europe 2045. Esse jogo é *multiplayer*, em que cada jogador representa um membro da União Europeia, e pode ser jogado por 8 a 24 pessoas. O jogo é iniciado com base em situações reais ocorridas na Europa em 2008, ocorre em turnos correspondentes a um ano e emprega princípios corporativos e competitivos relacionados ao aprendizado da disciplina de Ciências Sociais. Na avaliação desse jogo, percebeu-se que ele tem sido aceito e bem integrado a aspectos formais no ambiente escolar e os professores e alunos o viram como uma ferramenta útil para o aprendizado. Com base nisso, foi proposto isolar as razões para a aceitação do software e formular um *framework* teórico para o desenvolvimento de jogos similares.

Estudantes do ensino fundamental regularmente possuem dificuldades para entenderem representações numéricas. Estudos revelam que alunos sabem contar de 1 até 20, mas alguns deles não compreendem que 20 representa duas dezenas ou que 11 representa uma dezena e mais um [Arcavi, 1994; Gelman;

Gallistel, 1978]. A fim de tornar a compreensão mais simples e interessante, foi proposto um jogo [Lindström *et al.*, 2011] para o aprendizado sem relacionar diretamente ao ensino tradicional desse conteúdo. O jogo é baseado em uma metáfora para aritmética, sendo os números objetos gráficos e as operações aritméticas as ações entre estes objetos.

Em outro trabalho [Heck, 2009], é proposto um jogo chamado Coach. Esse jogo é um ambiente computacional para o ensino-aprendizagem nas escolas primária e secundárias que oferece aos estudantes e professores versatilidade em ferramentas integradas para a coleta de dados (por exemplo, vídeos, imagens e informações processadas por sensores) com o objetivo de construir, simular e validar modelos computacionais no processo de ensino-aprendizagem das disciplinas de Física, de Matemática e de Ciências.

Em uma pesquisa [Ross *et al.*, 2011] no ensino de trigonometria, revelou-se a necessidade de conduzir o aprendizado em um novo formato; para isso, foi proposto o uso de objetos de aprendizado. Nessa pesquisa, percebeu-se que a utilização desses objetos, após os estudantes terem sido introduzidos na disciplina, melhora a compreensão do conteúdo, mas não obteve diferenças estatísticas de acordo com um teste aplicado. Em um estudo qualitativo, notou-se que os alunos estavam habituados a utilizarem certos artifícios que funcionavam bem com os tipos de exercícios empregados, mas não apresentavam de fato o conteúdo. Os alunos resolviam os problemas, mas não sabiam corretamente o que estavam fazendo. O software se chama CLIPs:Trig, cujo objetivo é definir funções trigonométricas utilizando exemplos práticos.

Em outro trabalho [Silva *et al.*, 2008] foi desenvolvido um jogo chamado SOO Brasileiro. SOO Brasileiro é um jogo para o aprendizado relacionado entre disciplinas de biologia e geografia para crianças na faixa etária de 6-12 anos. O software educacional é utilizado sobre um computador desenvolvido para o ensino. Essa máquina é nomeada de XO. A vertente pedagógica se baseia na utilização de materiais concretos para a assimilação das disciplinas. Nesse trabalho, o aluno utiliza do computador como meio para aprender sem dispensar

o auxílio do professor. O conteúdo principal desse trabalho é a fauna brasileira. O aluno precisa colocar os animais em seu *habitat* correto a fim de preservar sua espécie. O jogo é entre duas pessoas, buscando criar um aspecto competitivo com o objetivo de estimular a busca de conhecimento nas disciplinas do jogo. Cada jogador recebe uma espécie e precisa colocá-la no bioma correto a fim de que essa espécie não entre em extinção. Aquele que obtiver maior taxa de acerto vence.

Esse trabalho se difere dos outros por ser desenvolvido para um dispositivo móvel tendo como objetivo disponibilizar maior flexibilidade ao aluno em relação ao local de aprendizagem. Além disso, busca-se desenvolver o software considerando três aspectos base para telas (interfaces): i) com finalidade unicamente teórica, apresentando textos, vídeos ou recursos sonoros para transmitir o conhecimento; ii) para apresentar experimentos físicos. O aluno realiza pequenas experiências virtuais para verificar o que foi aprendido; iii) para estimular a retenção do conhecimento aprendido por meio de "pequenos" jogos. Apesar dos trabalhos relacionados apresentarem esses aspectos, eles não apresentam conjuntamente uma estrutura base para o ensino do conteúdo.

3 PRINCÍPIOS DE MECÂNICA

3.1 Considerações Iniciais

A Física é uma das ciências que investiga os fenômenos da natureza, destacando-se na análise de aspectos da matéria, da energia e dos movimentos mecânicos, térmicos, elétricos e magnéticos. Além do seu próprio campo de pesquisa, a Física se relaciona com outras ciências da natureza, como por exemplo, a Química, a Geografia e a Biologia, entre outras.

Os conceitos de força e alguns exemplos de forças existentes na natureza, essenciais para o entendimento da mecânica, são apresentados nas Seções 3.2 e 3.3, respectivamente. Conceitos de impulso e quantidade de movimento, ou momento linear, são apresentados na Seção 3.4. As Leis de Newton são apresentadas na Seção 3.5. A conservação da energia mecânica e as diferentes formas de energia mecânica (energia cinética e energia potencial) são discutidas na Seção 3.6. O conceito de trabalho é apresentado na Seção 3.7.

3.2 Conceitos de Força e Força Gravitacional

A utilização da palavra "Força" no dia-a-dia possui vários significados, geralmente, relacionados com a mudança de alguma situação inicial ou estado inicial de um corpo. Por exemplo, quando alguém diz que fez força para passar no exame está implícito que houve uma ação para passar no exame. Já na Física, "Força" surge quando há algum tipo de interação entre os corpos. Existem diferentes tipos de interação entre os corpos interagentes, como por exemplo, gravitacional, elétrica, magnética, e nuclear [Filho; Toscano, 2009].

Existem diferentes maneiras de se medir a intensidade de uma força. Uma possibilidade é através de um dinamômetro, o qual é basicamente formado por uma mola. Em alguns casos, a força aplicada na extremidade de um dinamômetro produz uma deformação visível na mola e, desde que esta deformação não seja permanente, sua intensidade pode ser obtida através da Lei

de Hooke. Segundo esta lei, a força aplicada tem uma intensidade diretamente proporcional à deformação da mola, sendo a constante de proporcionalidade denominada constante elástica da mola. Neste caso, temos [Lemos, 2007]:

$$\vec{F} = -k \cdot \vec{x}$$

sendo F a intensidade da força, k a constante elástica da mola e x a medida da compressão ou distensão da mola (deformação da mola). A unidade da constante elástica da mola é definida pela unidade de força pela unidade de comprimento que corresponde a N/m (Newton por metro) no sistema Internacional de unidades (SI) . Assim, uma mola com constante elástica igual a 1.000N/m apresenta deformação de 1,0 cm para uma força de 10N.

Os objetos que sofrem deformação e não voltam a sua forma original são chamados de materiais plásticos, enquanto os objetos que retornam ao seu formato original após sofrerem deformação são chamados de materiais elásticos. Porém, qualquer material não pode ser considerado perfeitamente elástico, por exemplo, uma lâmina de serra é perfeitamente elástica para forças com baixa intensidade; por outro lado, forças com alta intensidade podem provocar deformidade permanente [Junior *et al.*, 1993].

Em decorrência das massas estarem em constante interação, surgem as explicações para o fato dos planetas do sistema solar estarem girando em torno do Sol e a Lua em torno da Terra; a esse tipo de interação, foi dado o nome de força gravitacional [Chaves; Sampaio, 2011]. No livro de Newton intitulado “Do Sistema do Mundo”, há a seguinte afirmação: "não hão de admitir mais causas das coisas naturais do que as que sejam verdadeiras e, ao mesmo tempo, bastem para explicar os fenômenos de tudo". Com isso, foi caracterizado um dos aspectos fundamentais da sua teoria: universalidade do conceito de interação gravitacional. Por razão da força gravitacional, a Lua gira em torno da Terra, pela a mesma razão, a Terra gira em torno do Sol e os corpos caem na superfície terrestre [Moysés, 1996].

Nos séculos XVIII e XIX, a Física continuou a avançar o que permitiu a explicação de outros fenômenos naturais e a elaboração de novos conceitos. O

conceito de campo se revelou útil no estudo de fenômenos que envolviam a interação entre corpos; por esse motivo, esse conceito foi aplicado às interações gravitacionais, sendo chamado de campo gravitacional. Assim, pode-se exemplificar essa interação considerando a interação da Terra com outros corpos. Qualquer corpo colocado próximo a ela ficará sujeito a uma força gravitacional, quanto mais próximo o corpo estiver da Terra maior será sua interação com ela [Serway; Jewett; 2005].

A força mais comum na experiência cotidiana é a força da atração gravitacional da Terra sobre os corpos, popularmente conhecida como “peso” do corpo. Quando um corpo cai nas proximidades da superfície da Terra e quando se pode desprezar a resistência do ar, de modo que a única força que atua sobre o corpo é a gravidade, o corpo possui aceleração aproximada de $9,81 \text{ m/s}^2$. Em um determinado ponto no campo gravitacional, essa aceleração é a mesma para todos os corpos, independente da sua massa [Tipler, 1996]. No SI, a unidade de força é Newton. Um Newton poder ser interpretado como a força necessária para segurar um corpo com massa igual a um quilograma [Halliday *et al.*, 1996].

O centro de massa ou centro de gravidade pode ser definido como o centro de aplicação do peso do corpo. O movimento desse corpo pode ser estudado considerando toda a massa do corpo concentrada em um ponto específico, o centro de massa do corpo [Serway, Jewett; 2005]. Este é um tratamento extremamente interessante quando se deseja tratar do movimento de um corpo extenso. Neste caso, todo o movimento do corpo pode ser estudado como se fosse de uma única partícula, o seu centro de massa.

De acordo com a segunda lei de Newton (as leis de Newton são apresentadas com mais detalhes posteriormente), a massa de cada partícula multiplicada pela sua aceleração é igual a força resultante que atua sobre a partícula. Segundo a terceira lei de Newton, para cada força agindo sobre uma partícula, haverá outra força de mesma intensidade, direção e sentido oposto, aplicada sobre o corpo que aplicou força sobre aquela partícula [Moysés, 1996].

Estas duas forças, aplicadas em corpos diferentes, constituem um par ação-reação.

3.3 Força Normal, Força de Atrito e Resistência do Ar

Na Terra, quando um corpo está em contato com a superfície, ela exerce uma força sobre o corpo. A componente desta força perpendicular à superfície de contato denomina-se força normal de contato. Nas situações em que a superfície é plana e horizontal, o módulo da força normal é o mesmo do peso do objeto. Normal e peso são, nesta situação, duas forças de mesma direção e sentidos contrários. No entanto, não constituem um par ação-reação, uma vez que estão aplicadas sobre o mesmo corpo [Chaves; Sampaio, 2011]. Já a componente da força tangencial à superfície de contato, denomina-se força de atrito.

A força de atrito pode ser do tipo estático ou dinâmico (cinético). No caso de atrito em uma superfície seca, por meio de experiências, é observado que o objeto fica na iminência de entrar em movimento, prestes a sair do estado de repouso, quando a intensidade da força aplicada se igualar à força de atrito estático. Após o corpo entrar em movimento, é verificado que a força necessária para mantê-lo em movimento tem intensidade menor que a força de atrito estático. Neste caso, a força é chamada de força de atrito dinâmico [Junior *et al.*, 1993].

A intensidade da força de atrito depende, entre outros fatores, do material das superfícies em contato, ou seja, o quanto o material e/ou a superfície estão polidos, se há água ou algum lubrificante na superfície ou no objeto entre outros fatores [Feynman *et al.*, 1964]. A força de atrito é proporcional à força normal de contato e a constante de proporcionalidade entre elas denomina-se coeficiente de atrito. O valor deste coeficiente depende da natureza das superfícies em contato e são de dois tipos, coeficiente de atrito estático e coeficiente de atrito

dinâmico. As forças de atrito estático e a de atrito dinâmico são obtidas através das seguintes equações:

$$\vec{F}_{AT} = \mu_{est} \vec{N} \text{ForçadeAtritoEstático}$$

$$\vec{F}_{AT} = \mu_{din} \vec{N} \text{ForçadeAtritoDinâmico}$$

Um objeto abandonado de uma determinada altura sofre, inicialmente, a ação da força gravitacional, a qual varia com a velocidade. Quando a resistência do ar é desprezível, qualquer objeto em queda aumenta, aproximadamente, sua velocidade em 9,8 m/s a cada segundo. Na maioria dos casos, a queda dos corpos sofre a ação de uma força de atrito com o ar, denominada força de resistência do ar. A intensidade desta força depende do módulo da velocidade do objeto, de sua forma e da maior área da seção transversal do objeto, perpendicular à direção do movimento [Filho; Toscano, 2009]. Para gotas de água, pode-se assumir a força de resistência do ar proporcional à velocidade da gota de água. Já para um paraquedas, a força de resistência do ar é proporcional ao quadrado da velocidade do paraquedas. No momento em que a força de resistência do ar e a força gravitacional se igualam em intensidade (observe que a força de resistência do ar é uma força em sentido contrário ao movimento), o objeto passa a se deslocar com velocidade constante. Nesse instante, dizemos que o objeto atingiu a velocidade limite.

3.4 Impulso de uma Força e Quantidade de Movimento

Dois fatores contribuem para a alteração do estado de movimento de um objeto: i) a força aplicada; e ii) o tempo de sua aplicação. O Impulso é definido como o produto de uma força aplicada sobre um objeto, multiplicada pelo tempo durante o qual a força está sendo aplicada. Quanto maior o tempo em que uma força é aplicada sobre um corpo e/ou quanto maior a intensidade da força exercida em um mesmo intervalo de tempo, maior será o impulso. O impulso, tal como a força é uma grandeza vetorial [Lemos, 2007], e sua unidade no SI é N.s.

Seja um corpo de massa m se deslocando com uma velocidade v . Entende-se que quanto maior a massa ou a velocidade deste corpo, maior será a dificuldade para colocá-lo em repouso. A quantidade de movimento de um corpo é uma grandeza vetorial cuja intensidade é dada pelo produto da massa pela velocidade do corpo e, sua unidade no sistema SI é $\text{kg}\cdot\text{m/s}$. Se um objeto estiver parado, a quantidade de movimento é o vetor nulo e se o corpo estiver em movimento retilíneo uniforme, a quantidade de movimento é um vetor constante diferente de zero. Para alterar o estado de movimento de um corpo é necessário gerar uma variação na sua quantidade de movimento. A variação na quantidade de movimento de um corpo corresponde ao impulso da força aplicada, já definido anteriormente [Serway; Jewett; 2005].

3.5 Leis de Newton

As três leis de Newton são apresentadas resumidamente nessa seção.

3.5.1 Primeira Lei de Newton

Vamos imaginar uma situação ideal onde uma bola é lançada sobre um plano horizontal perfeitamente polido (sem atrito) e sem considerar a resistência do ar. Neste caso o movimento da bola não será acelerado e nem desacelerado; a bola irá se deslocar em movimento retilíneo uniforme [Feynman *et al.*, 1964]. Essa situação é difícil de ser experimentada na prática. Em um ambiente de laboratório, costumam-se utilizar discos com alto grau de polidez, os quais deslizam sobre uma camada de ar ou de gás carbônico (proveniente da evaporação de gelo seco) que saem de pequenos orifícios. Assim, é produzido um “colchão de gás” sobre o qual o disco flutua, fazendo com que o efeito do atrito seja mínimo. Nessas condições, pode ser verificada, com boa proximidade, a primeira lei de Newton ou lei da inércia [Moysés, 1996]. Segundo a primeira lei de Newton, “Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de

movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele.”

3.5.2 Segunda Lei de Newton

É importante observar que o estado diz respeito a uma condição vetorial, ou seja, caso haja mudança de direção haverá mudança de estado, pois o corpo não estará sobre movimento retilíneo uniforme mesmo que a intensidade da velocidade seja constante [Lemos, 2007]. Essa lei pode não ser válida sobre qualquer referencial, sendo válida em referenciais inerciais. Por exemplo, uma estrela parada no espaço e visível da superfície terrestre passa a impressão que ela está em movimento, mas isso não acontece, pois é a Terra que está em constante movimento [Halliday *et al.*, 1996].

A quantidade de movimento de um objeto varia nas situações em que ocorrem mudanças de velocidade. Apesar de a massa permanecer constante, a variação da velocidade em módulo, direção ou sentido corresponde a uma variação da sua quantidade de movimento. Na Física, essa variação pode ser explicada da seguinte maneira [Filho; Toscano, 2009]: a variação da quantidade de movimento de um objeto ocorre durante a interação entre ele e outro objeto. Essa interação pode ser dada quando eles mantêm ou não contato, pois dois corpos exercem forças entre si, mesmo que não exista contato entre eles. A Lua exerce força sobre a Terra e a Terra sobre a Lua o que é responsável, em parte, pelo movimento da Terra em torno da Lua. Observa-se que a força é responsável pela alteração do estado entre os dois.

Uma implicação da segunda lei sobre a primeira lei é o corpo sofrer variação de estado podendo ou não voltar ao seu estado inicial, quando esse corpo estiver em um estado inicial e for aplicada uma força. Pode-se observar relação entre força e variação de estado; no caso da mecânica, essa variação pode ser entendida como a variação da velocidade como grandeza vetorial. Frear um carro requer força maior do que parar uma bicicleta, para a mesma variação

de velocidade, entretanto as consequências de uma colisão com um ou com outro, para a mesma velocidade, são bem diferentes. Em geral, um carro tem inércia maior que uma bicicleta, resistindo mais a variações de velocidade. Assim, pode-se perceber que forças diferentes são necessárias para a variação de velocidade ser a mesma para corpos de massa diferente. Um coeficiente de proporcionalidade é adicionado na equação para ter correspondência de igualdade, pois, caso seja exercida mesma força para dois objetos diferentes e com massas diferentes, a variação de velocidade não será a mesma. Esse coeficiente corresponde a própria massa dos objetos [Lemos, 2007].

A ideia implícita na segunda lei é a massa inercial ser uma peculiaridade do corpo, podendo ser mensurada quando uma força atua sobre esse corpo; implicitamente, uma massa inercial é independente da posição e da velocidade do corpo pelo menos enquanto as suas características não se alteram [Moysés, 1996]. Na relatividade restrita, observa-se que a massa depende da velocidade da partícula, porém isto é desprezível enquanto essa massa não atinge velocidade próxima à velocidade da luz no vácuo [Junior *et al.*, 1993].

Quando diversas forças são aplicadas em um corpo, a soma vetorial dessas forças corresponde à força resultante responsável pela ação que o corpo sofre. Este resultado experimental é conhecido como princípio de superposição de forças [Chaves; Sampaio, 2011]. A formulação original da segunda lei de Newton não corresponde a formulação usual na qual a força corresponde ao produto da massa pela aceleração, pois, inicialmente, foi definida como a taxa de variação da quantidade de movimento [Feynman *et al.*, 1964]. Isto significa que, se a quantidade de movimento se mantém constante, então a resultante das forças que atua sobre o corpo é nula e, portanto, o corpo está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme.

3.5.3 Terceira Lei de Newton

Seja a colisão de duas esferas. As forças de interação entre estes dois objetos ao colidirem têm a mesma direção, a mesma intensidade, porém são de sentidos opostos. As forças que os corpos entre si é chamada de par de ação-e-reação.

Esta lei também é conhecida como o “Princípio da ação e reação”. É importante notar que a ação e a reação estão sempre aplicadas a corpos diferentes. Por exemplo, uma força quando aplicada sobre um balão com o dedo, a deformação do balão corresponde a força exercida pelo dedo; do mesmo modo, a deformação sobre o dedo corresponde à força do balão sobre o dedo, embora não seja muito perceptível na prática. Outro exemplo é a reação à força Peso. Como a força Peso representa o efeito da atração gravitacional da Terra sobre uma partícula, a reação seria aplicada à Terra que representa a atração gravitacional exercida pela partícula sobre a Terra [Moysés, 1996]. Mais um exemplo, se um cavalo puxa uma corda amarrada a uma pedra, o cavalo é igualmente puxado para trás pela corda.

3.6 Conservação da Energia Mecânica: Energia Cinética e Energia Potencial Gravitacional

O conceito de energia é um dos conceitos mais importantes na ciência e nas engenharias. A energia encontra-se em forma de combustíveis utilizados para transportes, energia elétrica e alimentos para o consumo e está associada a necessidade de realizar um determinado trabalho [Feynman *et al.*, 1964]. O conceito de energia é importante, pois pode ser relacionada a fenômenos naturais (p. e. químicos, elétricos, mecânicos e luminosos), sendo utilizada como moeda de troca da Física. Embora não exista definição completa e definitiva para o conceito de energia, as formas e os diferentes tipos de energia são facilmente caracterizados, podendo ser mensuradas. A possibilidade de calcular a

quantidade de energia e suas transformações é mais importante do que uma definição precisa [Junior *et al.*, 1993].

Considerando que a energia total do Universo é a mesma, pode-se entender etapas de alguns processos e verificar o seu funcionamento. Por exemplo, a queima de combustível em um motor de um automóvel gera energia, a quantidade dessa energia está relacionada com a capacidade desse motor gerar energia do movimento. Caso a energia gerada não seja convertida em movimento, parte dela é convertida em outras energias (p. e., calor). O princípio de energia não se perder (conservação da energia) aplicado às leis de Newton é útil em análises de algumas situações físicas [Chaves; Sampaio, 2011].

Uma das formas de energia do Universo é a energia mecânica. A energia mecânica de um sistema é a soma das energias cinética, potencial gravitacional e potencial elástica. A energia cinética existe quando há velocidade e é obtida pela metade do produto da massa pela velocidade ao quadrado. A energia potencial gravitacional é obtida pelo produto da massa pela aceleração da gravidade; a energia potencial elástica é obtida pela metade do produto da constante elástica da mola pela deformação da mola ao quadrado. A unidade da energia no sistema SI é Joule (J).

3.7 Trabalho

Trabalho não é definido na Física com o mesmo sentido coloquial normalmente referenciado. Ao segurar um corpo em repouso no ar, pode-se estar exercendo trabalho fisiológico, mas não há trabalho sendo exercido do ponto de vista da Física, pois não existe deslocamento [Halliday *et al.*, 1996]. O trabalho na Física está relacionado ao deslocamento do objeto e à intensidade de força necessária para realizar esse deslocamento. É importante salientar que embora força e deslocamento sejam grandezas vetoriais, o trabalho é uma grandeza escalar, definido como o produto escalar entre os vetores força e deslocamento. O trabalho é positivo caso a força tenha o mesmo sentido do deslocamento e

negativo caso a força tenha sentido contrário ao deslocamento. Com o conceito de trabalho, pode-se medir a quantidade de energia transferida/transformada de um sistema para outro ou a energia transformada dentro de um mesmo sistema. De acordo com o teorema trabalho-energia cinética, o trabalho realizado pela força resultante corresponde à variação de energia cinética do sistema.

Quando sobre um sistema atuam somente forças conservativas, tais como força peso, força elástica em uma mola, dizemos que a energia mecânica do sistema se conserva. A energia mecânica de um sistema é a soma de sua energia cinética com a energia potencial (energia potencial gravitacional e energia potencial elástica). No caso de sistemas conservativos, o trabalho de uma força resultante corresponde também à variação de energia potencial do sistema.

Seja um corpo sujeito exclusivamente à força gravitacional. Num movimento de descida o trabalho realizado pela força peso corresponde à variação de energia cinética do corpo. O aumento na energia cinética do corpo corresponde neste caso à redução da energia potencial do sistema massa-Terra. Como a variação da energia cinética de um corpo em queda corresponde à diminuição de sua energia potencial gravitacional, o trabalho pode ser calculado em módulo, pela diferença entre a energia potencial gravitacional inicial e a energia potencial gravitacional final [Filho, Toscano; 2009].

Considerando as situações em que há forças dissipativas, tais como, resistência do ar e força de atrito, a conservação da energia mecânica não é verificada; caso haja variação da energia cinética, ela não corresponderá à diferença entre a energia potencial gravitacional final e inicial. Nesse caso, a variação da energia mecânica corresponde ao trabalho realizado pelas forças dissipativas [Serway, Jewett; 2005].

3.8 Considerações Finais

O conteúdo apresentado compreende as disciplinas, geralmente, ministradas no primeiro ano do Ensino Médio, mais especificamente as

disciplinas de Mecânica, no contexto da Dinâmica. A apresentação da universalidade dos conceitos físicos e o poder explicativo dessa filosofia é uma meta para tornar o aprendizado do aluno mais produtivo e mais interessante. Procura-se motivá-lo para entender esses conceitos por meio da apresentação do poder explicativo do método científico na Física.

4 INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO E SUA IMPORTÂNCIA

4.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo, são apresentadas a importância da utilização da informática na educação, algumas ponderações em diferentes ambientes, experiências de aplicações da informática na educação e as informações consequentes dessas experiências.

Breve histórico da informática na educação e conceitos de objeto de aprendizado, aplicações, implicações e a importância do uso de dispositivos móveis para o aprendizado são discutidos na Seção 4.2. Algumas teorias da aprendizagem e o papel de professor e de aluno são abordados na Seção 4.3. A taxonomia de Bloom é abordada na Seção 4.4. Tipos de jogos são apresentados na Seção 4.5. Questões a serem observadas durante o desenvolvimento de um software educacional, por exemplo, o que deve ser considerado no *design* de um software educacional, como o conteúdo deve ser apresentado e a utilização de *framework* para o projeto de um software educacional, são tratadas na Seção 4.6. A importância e o papel do professor no processo de integração de um software educacional e argumentações dos professores na utilização desse software são discutidas na Seção 4.7.

4.2 Conceitos e Utilizações da Informática na Educação

Entre as décadas de 60 e 70, a tecnologia computacional induziu a mudanças na forma de produção de conhecimento. O termo educação computacional apareceu antes de informática na educação. A computação educacional cresceu paralelamente com o crescimento da indústria de computadores e compreendia a solução de problemas matemáticos cujo foco era em soluções com aplicações reais voltados para a indústria. Na época, as possibilidades de ensino eram pouco exploradas; posteriormente, houve gradual mudança de pensamento na computação educacional, passando a ter foco no

processamento de informações. Por consequência da reformulação de regularizações curriculares e de disciplinas de educação computacional, houve maior espaço para a utilização computacional no processamento de informações, surgindo o termo informática educacional [Moreno; Marquéz, 2008].

Atualmente, o cenário é outro. Encontrar computadores nas escolas é comum, mas isso se tornou frequente após o enfoque no processamento de informações. Nos anos 80, a quantidade de computadores cresceu e as autoridades perceberam a influência que os computadores poderiam ter nas salas de aula. A questão cultural era frequentemente abordada como fator importante para o projeto de um software educacional. Um exemplo foi um jogo chamado Lemonade, disponibilizado pela Apple, o jogo consiste na produção e na venda de limonadas. Apesar de parecer extremamente interessante, proporcionando alguns conhecimentos de como se fazer negócios, não havia conhecimento sobre uma banca de limonadas em outros países. Na Austrália, houve interesse de empregar computadores para funções educacionais, tendo como ênfase a questão cultural, pois se acreditava que o fato do software ser desenvolvido localmente era fundamental para a implantação e o sucesso de software educacional [Tatnall; Leonard, 2010].

Existem algumas defesas de que os melhores métodos de ensino e de aprendizado, em algum momento no século XXI, serão por meio do uso de computadores. Por outro lado, há severas críticas onde os computadores são vistos como intrusos no currículo e não como uma inevitável consequência do progresso tecnológico. O questionamento é se um software pode abstrair o conhecimento ou apenas criar estereótipos; outros questionamentos são a respeito da formação de indivíduos que se isolam e passivos em demasia [Moreno; Marquéz, 2008]. Independente das questões levantadas a respeito da utilização de computadores para o ensino, as possibilidades encontradas com eles têm sido exploradas e, conseqüentemente, a teoria da informática na educação tem sido aplicada. Uma das definições teóricas importantes é o *m-learning* que consiste na capacidade da utilização de dispositivos portáteis para

acessar recursos de aprendizagem [Kinshuk *et al.* 2003]. O *m-learning* é extensão do *e-learning*, mas especificamente para dispositivos móveis, sendo uma entidade que disponibiliza informação digital e capaz de se adequar em diferentes contextos. Um *m-learning* deve permitir acesso a aprendizagem em qualquer lugar e hora e simular situações de aprendizagem, permitindo ao aluno participar no processo [Rachid; Ishitani, 2012; Brown, 1989].

Uma das razões para utilizar dispositivos móveis no ensino é a possibilidade de aproveitar o tempo improdutivo, por exemplo, quando um estudante está a caminho da escola ou a outro local ou esperando por algo. A utilização de software educacional em dispositivos móveis podem contribuir para o aprendizado [Liu *et al.*, 2010a]. Recursos educacionais computacionais têm sido cada vez mais frequentes, por exemplo, uma professora no Quênia utiliza um software projetado por um físico com prêmio Nobel disponível na internet para auxiliar na sala de aula, existem aulas de álgebra linear *online* disponibilizadas pelo *Massachusetts Institute of Technologie* e, nos Estados Unidos, estudantes utilizam um *website* para auxiliar nos deveres de casa.

A muito se especula sobre a construção de uma biblioteca *online* de altíssima qualidade que provê cursos para ensino médio. Estima-se que os custos sejam em torno de 300 milhões de dólares, outros 100 milhões de dólares para as avaliações e outros 50 milhões de dólares para manter e atualizar os cursos. Quando disponível, qualquer aluno teria acesso a um conteúdo de alta qualidade tendo em vista que os custos seriam bem menores do que os gastos no mundo para produção de materiais didáticos [Smith, 2009].

A utilização de dispositivos móveis para apoiar o processo de ensino-aprendizagem tem sido relatada por estudantes como estimulante e interessante. Em pesquisa sobre a utilização desses dispositivos como ferramenta para o aprendizado, a maioria se sentiu confortável, aprovando a sua utilização em salas de aula [Uzunboylu *et al.*, 2009].

4.3 Teorias de Aprendizagem

É fato que a educação envolve um processo de transferência do conhecimento. A regularidade desse processo é perceptível de diversas formas e há tempos que vem sendo praticada. Atividades em organizações, clubes, igrejas e em família são facilmente identificadas e eram comuns por volta do século XVIII, entretanto alguns estudiosos da educação defendiam a implementação de um novo sistema educacional [Marrou, 1956]. O sistema educacional moderno foi influenciado por três fatores chaves:

- Inclusão. A inclusão se refere a universalização do sistema para ser acessível a todos. A consequência foi a criação de instituições responsáveis pelo ensino em “massa”;
- Nacionalização. A nacionalização diz respeito à administração dessas instituições, normalmente, vinculadas ao estado e assumindo características próprias de acordo com cada país;
- Articulação interna do sistema. A articulação interna diz respeito às políticas adotadas no sistema. Um legado importante nesse processo de construção da articulação foi a criação de uma “escada” do conhecimento, subdividindo o aprendizado em diferentes níveis [Schriewer; Nóvoa, 2001].

O Behaviorismo de Skinner é parte da teoria psicológica que designa o comportamento humano como o principal motivo de estudo da psicologia. O comportamento pode ser entendido como a resposta a determinado estímulo. Um ambiente de aprendizagem que faça uso dessa teoria busca observar o comportamento, sendo recompensado caso seja apresentado um bom comportamento. Caso mau comportamento seja observado, ele é punido. Esse processo é repetido até que o comportamento considerado bom seja automático [Delprato; Midgley, 1992]. O aluno é um objeto passivo nessa teoria, não cabe a ele discutir ou questionar, mas desenvolver um comportamento. O professor tem papel de detentor do conhecimento e o responsável pela transmissão do conhecimento. A única fonte de conhecimento vem do professor, responsável

por punir/recompensar um comportamento segundo a sua avaliação. A atividade é geralmente repetitiva, sendo um método comum em cursos operacionais [Araujo, 2009].

A teoria de aprendizagem de Ausubel tem a característica de agregar conhecimento novo relacionando-o com conhecimentos existentes. Uma aprendizagem significativa diz respeito ao envolvimento substancial do conhecimento à estrutura cognitiva. Desse modo, a aprendizagem deve ser organizada a fim de que exista assimilação que relacione esse conhecimento a outros conhecimentos, assimilação substancial. Para facilitar o processo de ensino-aprendizagem, recomenda-se a utilização de materiais que sirvam de introdução ao conhecimento. Esses materiais seriam responsáveis por fazerem uma relação inicial entre o conhecimento a ser aprendido e os conhecimentos existentes. A prática constante do conhecimento aprendido é estimulada com o objetivo de contribuir para melhor aprendizado [Moreira; Masini, 1982]. O professor pode ser visto como mediador, o responsável por facilitar o processo de ensino-aprendizagem. Além disso, o professor deve ter cuidado de observar os conhecimentos existentes do aluno para evitar estruturação cognitiva inconveniente. O professor deve evitar que o processo de ensino-aprendizagem vire uma rotina. Na teoria de aprendizagem de Ausubel, o aluno possui a característica de estar participando ativamente desse processo [Ivie, 1998].

A teoria de Vygotsky diz que o conhecimento é construído por causa das interações sociais. Com essas interações, novas experiências e conhecimentos são gerados e agregados. Ao longo do processo de ensino-aprendizagem, a comunicação entre aluno e professor é realizada por meio de signos e mediada por instrumentos, caso necessário. Signo é "algo" que possui significado, por exemplo, linguagem, sons e imagens. O aluno se comunica com o seu professor que responde à sua comunicação. Durante a comunicação, o aluno é capaz de realizar determinadas tarefas que não conseguiria sozinho. Esse processo ocorre entre o conhecimento que o aluno possui e o conhecimento que ele pode alcançar em decorrência da interação social. Após um período de tempo dessa

interação, o conhecimento é agregado e o indivíduo torna-se independente da interação com o seu professor [Kozulin *et al.*, 2003]. Nesse tipo de aprendizagem, o professor desempenha o papel de mediador e parceiro nesse processo; parceiro no sentido de haver afinidade e companheirismo entre aluno e professor. O professor deve instruir o aluno para as interações sociais que surgem no processo de ensino-aprendizagem. O aluno está extremamente envolvido e tem participação constante na aprendizagem [Gredler, 2012].

A teoria do construtivismo de Piaget diz que o conhecimento é adquirido de duas formas: i) por assimilação; e ii) por acomodação. Na assimilação, o aluno não aprende algo novo; uma relação com algum conhecimento pré-existente é feita. Suponha que o aluno possua o conhecimento sobre variação, quando ele aprende o conceito de velocidade, uma relação entre velocidade e variação é criada. Na acomodação, o aluno aprende algo que não pode ser ligado a algum conhecimento pré-existente. Nesse caso, as estruturas cognitivas são reestruturadas para acomodar o conhecimento novo. Há aprendizado de fato caso haja acomodação; para isso, são propostas atividades desafiadoras capazes de exigir reorganização do conhecimento nas estruturas cognitivas [von Glasersfeld, 1982]. O professor tem o papel de reorganizar, de causar um desequilíbrio, de provocar um pouco de caos para o aluno poder reestruturar as estruturas cognitivas e de ser o mediador no processo de ensino-aprendizagem. O aluno é ativo nessa teoria, procurando indagar e agregar novos conhecimentos com certa autonomia [Inskip, 1972]. Essa teoria se adapta bem a implantação da Internet como suporte ao aprendizado e, principalmente, pela possibilidade de criar vários grupos distintos para discutir o aprendizado e interrogar esse aprendizado, com o objetivo de causar o desequilíbrio necessário para a reestruturação cognitiva. Desse modo, cursos de educação a distância que utilizam Internet como meio de comunicação podem aplicar a teoria construtiva de Piaget.

Outra teoria de aprendizagem é o Conectivismo que pode ser aplicada utilizando recursos tecnológicos e possui proximidade com a teoria de

Vygotsky, mas a sua principal característica é a construção do conhecimento por meio de nós e conexões entre esses nós. Os nós são objetos como sons, imagens, cheiros ou qualquer informação que possa se conectar, tendo cada conexão o seu próprio peso. Essa teoria é recente, foi descrita como a teoria da era digital e busca viabilizar a relação de um novo método de aprendizagem ao impacto das tecnologias disponíveis [Siemens, 2005]. A utilização de computadores se acomoda bem a essa teoria, os quais desempenham um papel de tutor e nos quais o professor faz sugestão ao aluno sem explicar diretamente, contribuindo ao aprendizado e sendo um importante modelo para o século XXI [Bjork, 2001]. A contribuição da Internet é criar interações sociais mais ricas, pois possibilita comunicação mais abrangente e com grande diversidade cultural. A quantidade de informações diversificadas contribui para mais possibilidades de conexões, entretanto há a necessidade de construir uma arquitetura que crie discussão crítica e relevante com conhecimentos que estejam de fato relacionados [Ravenscroft, 2011].

Em algumas pesquisas, há relatos que alunos que não conseguem bom desempenho na escola buscam aprender utilizando recursos não formais disponíveis na Internet; por outro lado, os alunos que possuem bom desempenho não fazem o mesmo. Os alunos que utilizam a Internet para o aprendizado normalmente realizam inovação no processo de ensino-aprendizagem, fazendo uso de diferentes perspectivas no processo. Também há um processo de domesticação, quando o aluno cria uma relação do conhecimento mais familiar. Esse aprendizado sem um ator mediador pode ser inconveniente, sendo sugerida a presença de um orientador, pois a figura do professor não é dispensável no conectivismo [Bell, 2011]. No processo de ensino-aprendizagem, o professor indica o caminho da aprendizagem e projeta interações e fornece suporte a elas, com o objetivo de criar conexões entre conhecimentos novos e os existentes. Professores e alunos devem discutir o conteúdo a ser estudado e planejar melhorias do conteúdo. No conectivismo, sugere-se aos alunos passarem esse

conhecimento aos professores e, quando for o caso, os professores passarem esse conhecimento aos alunos, havendo cooperação mútua [Anderson; Dron, 2011].

4.4 Taxonomia de Bloom

A taxonomia de objetivos educacionais, conhecida como Taxonomia de Bloom, é um *framework* sobre o que se pretende alcançar no aprendizado do aluno. Inicialmente, ela foi utilizada como meio facilitador para classificar questões de provas a fim de auxiliar na elaboração de avaliações relacionadas com o que foi ensinado. Porém, Bloom viu mais do que uma simples ferramenta para esse propósito; ele observou que essa taxonomia poderia ser utilizada como linguagem comum aos objetivos de aprendizagem e facilitar a comunicação entre pessoas envolvidas, assuntos a serem abordados e divisão de grades de ensino. Na taxonomia de Bloom, os objetivos são organizados em três áreas do conhecimento [Krathwohl, 2002]:

- **Cognitivo.** São habilidades mentais, estão em torno do conhecimento, da compreensão e do pensamento crítico sobre determinado assunto. Geralmente, é o campo mais explorado, tendo em vista que a maioria das instituições de ensino o enfatizam primordialmente [Bloom, 1984];
- **Afetivo.** São habilidades emocionais, estão em torno da forma como as pessoas reagem emocionalmente, como reagem a dor ou alegria de outras pessoas. Correspondem a habilidades de comportamento, atitude, responsabilidade, respeito, emoção e valores. Objetivam o desenvolvimento dessas habilidades [Bloom, 1984];
- **Psicomotor.** São habilidades musculares ou motoras, estão em torno da capacidade de manipular um objeto como um martelo ou algum membro do corpo humano, ou seja, está em torno de movimento físico, coordenação e uso de habilidades motoras. A qualidade nesse domínio é avaliada de acordo com a velocidade, a precisão, a distância, as técnicas em execução, entre outras [Simpson, 1972].

Esse trabalho se concentra no domínio cognitivo. Nesse domínio, na taxonomia de Bloom, há seis categorias [Anderson; Krathwohl, 2001; Ferraz; Belhot, 2010; Krathwohl, 2002; Bloom, 1984]:

- **Conhecimento.** São informações memorizadas, por exemplo, dados, acontecimentos, teorias, procedimentos e fatos. A capacidade de lembrar os conhecimentos classifica a qualidade do conhecimento. O objetivo é trazer à consciência esses conhecimentos. Algumas palavras-chave: reconhecer, relembrar, recordar, listar, descrever, identificar, rotular, nomear, localizar, encontrar e memorizar;
- **Compreensão.** É a capacidade de entender o conhecimento e atribuir significado a ele. A capacidade de compreensão pode ser verificada ao fazer a tradução do conhecimento para outra linguagem. Por exemplo, tradução da forma escrita para diagramas. Algumas palavras-chave: classificar, descrever, discutir, explicar, identificar, traduzir, selecionar, parafrasear, generalizar e ilustrar;
- **Aplicação.** Solução de problemas utilizando conhecimento compreendido em novas situações concretas; ou seja, aplicações de dados, acontecimentos, teorias, procedimentos, fatos, entre outros. Algumas palavras-chave: escolher, demonstrar, empregar, interpretar, operacionalizar, usar, praticar, usar e construir;
- **Análise.** Corresponde à habilidade de dividir um conhecimento, encontrar partes menores que constituem o conhecimento. Também inclui a habilidade de relacionar essas partes, fazer inferências, encontrar evidências. Algumas palavras-chave: analisar, comparar, diferenciar, examinar, experimentar, questionar, testar, inferir e relacionar;
- **Síntese.** Combinação de partes de conhecimento para criar novo conhecimento. Combinar informações de forma diferente criando novo padrão ou soluções alternativas. Combinação de partes não combinadas entre si anteriormente para formar novo todo. Algumas palavras-chave:

argumentar, categorizar, combinar, criar, formular, reorganizar, revisar, sistematizar, desenvolver e estruturar;

- **Avaliação.** Apresentar e defender opiniões. Julgar o conhecimento em um propósito específico. O julgamento é feito internamente analisando a estrutura do conhecimento e, externamente, analisando a relevância desse conhecimento no contexto empregado. Pode ser entendida como apontar um valor para o conhecimento. Algumas palavras-chaves: avaliar, concluir, criticar, defender, justificar, validar e contrastar.

A taxonomia de Bloom é entendida como um modelo sequencial de ensino. Desse modo, os professores tendem a ensinar os alunos de maneira linear, sendo necessário adquirir certos níveis de conhecimento para avançar na disciplina. Outra maneira de enxergar a taxonomia de Bloom é considerá-la apenas como um modelo de classificação. Assim, os professores podem utilizar um modelo de ensino não sequencial, onde o professor pode iniciar com atividades práticas que iriam prover informações sobre habilidades, conhecimento e interesses do aluno. Tais informações podem auxiliar no desenvolvimento de um método mais adequado para um aluno [Ferraz; Belhot, 2010].

4.5 Tipos de Jogos

Há forte crença de jogos estarem presentes na maioria dos grupos sociais, representarem um comportamento e expressarem culturas, crenças, filosofias que podem fornecer informações de uma sociedade. Além disso, eles se apresentam como uma linguagem capaz de transmitir essas informações para outras gerações e estendem-se desde o imaginário da pessoa às atividades físicas. Um forte consenso de diversão está vinculado aos jogos, mas eles possuem objetivos educacionais. Parte desses jogos possui relação com as artes, o quebra-cabeça tem forte apelo a questão estética; no ambiente dos vídeo-games, o *layout* artístico serve de componente decisivo na classificação de um

jogo [Roberts *et al.*, 1959]. Não existe consenso em uma definição formal para jogos, mas há características aceitáveis [Salen, 2006]: i) Liberdade. O jogador não é obrigado a jogar; caso contrário, o jogo perderia a sua atração; ii) Separação. Os jogos possuem seu próprio espaço e tempo limitados; iii) Incerto. Não é possível determinar o curso de um jogo; iv) Regras. O jogo é governado por leis criadas por meio de um acordo entre os jogadores; e v) Ficção. O jogador tem uma forte ideia de estar em outra realidade.

Os dados existem, pelo menos, há 5.000 anos sendo utilizado como elemento central do jogo ou como ferramenta. Os jogos com dados estão normalmente associados a alto grau de sorte, entretanto, em alguns jogos, a sorte pode ser controlada dependendo de escolhas estratégicas feitas pelo jogador. Os jogos de tabuleiros não são recentes, há relatos no Egito por volta de 3.500 a.C., podem ser completamente determinísticos (p. e. o jogo de Xadrez), podem ter a sorte como o único elemento determinístico e são organizados em turnos em que definem-se ações a serem realizadas pelos jogadores registrados no tabuleiro utilizando algum componente físico [Hofer, 2003]. Os jogos de cartas têm origem na China por volta de 900 a.C e podem utilizar tabuleiros para fornecer suporte ao jogo. Em geral, há regras diferentes para o mesmo jogo que variam de acordo com as pessoas que jogam, as quais envolvem ordem do turno para os jogadores, como deve ser feita uma negociação, quantidade de turnos, quantidade de jogadores, entre outros [Parlett, 1991].

Os jogos computacionais se tornaram interessantes aos jogadores no momento que há resposta quase imediata entre comandos e ações. Com isso, surgiram os Arcades e, posteriormente, os consoles que podiam ser ligados em um televisor. Os jogos para computadores pessoais se desenvolveram ao mesmo tempo [Carr, 2003]. Sobre jogos computacionais, uma das características é possuírem narrativa interativa, entretanto parte deles não possui (p. e. o jogo Tetris). Alguns teóricos defendem que a narrativa se apresenta implicitamente nesse tipo de jogo; no caso do Tetris, a narrativa está nos eventos durante o jogo sobre os quais a noção de vitória ou derrota pode ser aplicada. Há também a

particularidade da narrativa se apresentar de forma não linear, permitindo ao jogador influenciá-la. Outra característica importante é a sensação de prazer associada durante o jogo, o caráter lúdico do jogo. Geralmente, esses jogos estão associados a ficção interativa, sendo possível interagir com objetos fictícios, contudo essa seria uma definição aproximada para um jogo computacional [Tavinor, 2008].

4.6 Projeto de Software Educacional

No projeto de um software educacional, é importante observar a diferença entre a dramaturgia dos jogos e outras mídias. As características que diferenciam jogos de computadores de filmes e teatro é o fato de haver interação entre usuário e máquina. O modelo dramático de Aristóteles não foca na dimensão da interatividade e, conseqüentemente, não oferece ferramenta apropriada para a análise dos computadores. A particularidade do fato do jogador estar envolvido no jogo, de tal forma que ele faz parte do ambiente aonde a ação acontece, faz com que ele se torne um dos atores do jogo e a forma como esse ator enxerga, interpreta e influencia nas ações individualiza as experiências [Vangsnes *et al.*, 2012]. Há duas características relevantes no projeto de um software educacional: i) deve focar no ensino e na aprendizagem o que implica em empenhos de diferentes áreas; e ii) não deve ser desenvolvido somente por uma pessoa nem mesmo por um grupo com uma única área de experiência.

Dizer que, em um software, o objetivo é o ensino e o aprendizado é mais do que definir este estado. Convém à equipe responsável converter a interpretação teórica desses processos em interfaces para o usuário no contexto de um projeto de instrução do conteúdo [Perry; Schnaid, 2012]. Algumas ponderações são fundamentais na hora de projetar um software educacional [Horton, 2006], por exemplo:

- Deve ser feito um projeto funcional da tela e uma revisão do que foi projetado, deve ser implementado e, em seguida, realizar análise da implementação. Caso haja algo a ser melhorado, o processo é repetido;
- Há maior ênfase na questão estética, pois possui características funcionais. Os alunos tendem a permanecerem mais dispostos em frente a um software que possuem aparência mais agradável;
- É especificado como será feita a navegação para acomodar os alunos em um formato no qual são consideradas as habilidades e as capacidades do usuário em compreender e em interagir com a navegação;
- São abordados os objetos do projeto, tais como, botões, fontes, cores e *layouts*. As variações dos padrões estabelecidos durante a execução do software são aceitáveis, mas mudanças constantes não são recomendadas;
- É realizado teste no software. Caso esteja difícil de compreender a proposta do software, uma revisão é feita; caso contrário, o projeto é considerado satisfatório.

Existem trabalhos que objetivam auxiliar no projeto de interfaces para o aprendizado, cujo principal objetivo é propor uma série de diretrizes para auxiliar o desenvolvimento de melhores interfaces [Perry; Schnaid, 2012]. Uma das observações é a interface ser modularizada e flexível para que ela possa ser adaptada em diferentes ambientes e integrada a outras partes do software [Rubens *et al.*, 2005]. Aprofundando mais a respeito da navegação, existem boas práticas que auxiliam no projeto da navegação do software educacional, por exemplo [Horton, 2006]:

- Fazer com que a navegação seja previsível, os botões devem levar ao local esperado pelo usuário, a navegação pelo software deve ser exatamente como o usuário prevê e é recomendada a realização de testes com protótipos ao longo do desenvolvimento para esclarecer a qualidade da navegação;
- Disponibilizar navegação em tópicos e sub-tópicos, o que facilita a modelagem mental de como se organiza a navegação;

- Disponibilizar atalhos para melhor adaptação à velocidade de aprendizagem de cada usuário, sendo recomendado que não haja mais do que 3 a 5 pontos de decisão, para atingir qualquer componente do software.

No âmbito dos dispositivos móveis, o fator técnico é de forte influência no projeto de um software educacional, pois é preciso investigar o hardware mais adequado para atender aos alunos, tendo em vista que ele afeta diretamente no processo de construção e limita as possibilidades de desenvolvimento. Além disso, deve-se levar em consideração o ambiente de um dispositivo móvel, por exemplo, largura de banda, tamanho da tela e interface do dispositivo. Outras questões dizem respeito (i) a fatores externos que podem vir a serem necessários como dar suporte ao uso de SMS (*Short Message Service*) para comunicações entre os estudantes, (ii) como será feito o acesso no contexto dos dispositivos móveis e (iii) quais as políticas necessárias para a utilização dos recursos, caso seja aplicado em um ambiente escolar [Gedik *et al.*, 2012]. Na literatura, existem alguns *frameworks* para *m-learning*, um deles é um *framework* pedagógico para dispositivos móveis com quatro aspectos chaves [Ozdamli, 2012; Race, 2001; Ktoridou; Eteokleous, 2005; Kuiper; Volman, 2008; Bonk; Graham, 2006; Peck *et al.*, 2010]:

- Integração de ferramentas. Nessa abordagem, há duas abordagens para integração de dispositivos móveis como: i) suporte: comunicação, compartilhamento de arquivos, discussões entre estudantes e professores; e ii) ferramenta instrucional (*e-books*);
- Abordagem pedagógica. Normalmente, a responsabilidade da aprendizagem é dos alunos. Essa abordagem está dividida em: i) aprendizagem construtivista, que constrói o conhecimento com base em conhecimento prévio, integrando-o; ii) aprendizagem mista, que combina instruções de sala de aula com *m-learning* para maximizar os benefícios de ambos; iii) aprendizagem colaborativa, que utiliza internet para formar grupos para colaborarem no aprendizado; e iv) aprendizagem ativa, que permite os alunos

adquirem conhecimento por meio de tarefas como análises, sínteses e avaliação;

- Métodos de avaliação. Há três métodos: i) baseado em computador. As avaliações são aplicadas *on-line* com a vantagem da flexibilidade disponibilizada pela internet; ii) avaliação pessoal ou em grupo. Os alunos fazem avaliação do que aprenderam e é feito um acordo entre os alunos para qualificar a avaliação; e iii) avaliação por um tutor. O tutor é responsável por avaliar o desempenho dos alunos;
- Treinamento de professores. O principal objetivo é conseguir que os professores se familiarizem com o software e deixem de lado pré-conceitos sobre a utilização de um software educacional.

Uma maneira de apresentar o conteúdo é com a utilização de tutoriais clássicos, a maioria dos *e-learning* são estruturados dessa forma. Nesses tutoriais, o estudante inicia o tema com uma introdução e prossegue para os demais tópicos, aprendendo conceitos mais avançados progressivamente. No final, o estudante faz breve revisão do conteúdo e realiza uma atividade avaliativa para verificar se atingiu os objetivos. Algumas boas práticas são [Horton, 2006]: i) importância de fazer tópicos concisos, objetivando o estritamente necessário; ii) disponibilização de atividades práticas, permitindo ao estudante aplicar o que aprendeu o mais breve possível; iii) possibilidade de navegar pelos tópicos livremente, não obedecendo a qualquer ordem pré-estabelecida; e iv) disponibilização de exemplos que relatam ao estudante aplicação prática do que aprendeu.

Após o desenvolvimento do software educacional, é preciso integrá-lo aos ambientes onde será utilizado. A integração da tecnologia ao ambiente escolar tem sido discutida há mais de trinta anos e alguns artigos [EBSCO, 2011] foram publicados com o objetivo de facilitar essa integração, boa parte deles com o propósito de eliminar as barreiras encontradas por professores nas salas de aulas durante o processo de integração. Dois tipos de barreiras que impactam essa integração são [Ertmer *et al.*, 2012]: i) de caráter externo, correspondendo a

recursos de software, hardware, treinamento e suporte; e ii) de caráter interno, confiança e crenças dos professores de como os alunos aprendem e o valor da tecnologia aplicada a educação.

4.7 Integração de Software Educacional em Sala de Aula

O professor tem o importante objetivo de potencializar a utilização de um software educacional. Além disso, ele deve ser capaz de criar e coordenar suporte educacional com sutileza, de elaborar métodos de avaliações mais específicos e com mais adaptabilidade e de identificarem e solucionarem problemas emocionais que impactam no aprendizado. O fato da informática na educação ser um novo desafio aos professores resulta em recusa à implementação da informática em salas de aula. Geralmente, é argumentado que a instrução dos professores para estarem aptos a utilizar as possibilidades e as vantagens oferecidas da informática no processo de ensino-aprendizagem são fatores cruciais na integração do software nesse processo [Kent, 2003]. A resistência à tecnologia apresentada pelos professores implica em busca de melhor caminho para a aceitação da informática nas salas de aula. Viabilizar essa aceitação tem sido desafio crítico aos defensores da utilização da informática no processo de ensino-aprendizagem [Hu *et al.*, 2003].

Com o objetivo de introduzir os recursos computacionais disponíveis na educação, é sugerido aos professores utilizarem a informática no processo de ensino-aprendizagem em um ambiente onde há sucinta disponibilização de materiais complementares sem muitos recursos de multimídia, sem distanciar do contexto dos *e-books*. Há indicação da exploração do ambiente da informática nesse processo ocorrer gradativamente após curto período de uso. Para desenvolver suas habilidades, não devem existir limitações na utilização do software educacional. Os professores envolvidos no aprendizado da utilização desses recursos tendem a compô-los ao alterar a sua configuração inicial [Turvey, 2010].

Em diversos estudos, há a apresentação da aceitação da forma como um software educacional se comporta ter forte influência sobre a integração dos computadores na educação, principalmente no fator de aceitação dos professores. Essa aceitação está diretamente relacionada à afinidade com o software e a sua utilidade na sala de aula. Manuais, suporte técnico, treinamento no uso de um software educacional específico e consultoria são fatores com influências positivas para o encorajamento do professor na utilização da informática no processo de ensino-aprendizagem. Três fatores para a aceitação da operabilidade de um software educacional por parte dos professores podem ser observados [Pynoo *et al.*, 2011]:

- Comportamento do uso. Caso haja grau mediano de experiência para utilizar a tecnologia, o software é considerado sem comportamento de uso;
- Intenção comportamental do usuário. Isso deve corresponder com a ação do software educacional;
- Expectativa do comportamento. Comumente confundida com a intenção comportamental, a diferença é: na expectativa do comportamento, é medida a possibilidade de ocorrência de alguma interferência entre a intenção e a ação normal do software educacional.

Professores não têm feito uso de software educacional como principal ferramenta no aprendizado, sendo mais comum ser utilizado como ferramenta de apoio. Há certa concordância de que o principal motivo da aceitação dos professores por um software educacional não está relacionada a familiaridade com aparatos tecnológicos. Os professores tendem a ter certo pré-conceito ao uso de software educacional por acreditarem mais no ensino tradicional. Por essa razão, a integração das tecnologias nas salas de aula deve ser com atenção especial para que a aceitação e a adequação dos professores sejam satisfatórias [Liu *et al.*, 2010b].

Pesquisas que focam na reformulação do foco da educação enfatizam a importância na prática da experimentação no ensino de Física. Uma alternativa de atingir essa demanda é a utilização de recursos computacionais, tendo em

consideração o crescimento das experimentações virtuais. Nesse contexto, a fisicabilidade (capacidade de um ambiente virtual reproduzir fielmente a física) pode ser um fator de impacto no aprendizado. A principal questão é os dispositivos utilizados no aprendizado serem capazes de transmitirem a mesma informação que em um ambiente real. O papel da assistência no aprendizado, normalmente realizado por um professor, torna-se fundamental nesse ambiente [Zacharia; Olympiou, 2011]. A assistência do professor é de proporcionar melhor exploração do software educacional e os alunos poderem utilizar o software implementando ideias não possíveis no mundo real, o que pode ocasionar desvios do objetivo do aprendizado. O fato de o experimento virtual permitir possibilidades para as experimentações implica em uma tarefa a mais para os professores. Essa tarefa consiste em evitar explicações ou deduções inadequadas e conduzir os alunos a terem conhecimento satisfatório do tópico abordado pelo software e a fazerem previsões das causas de uma lei da Física que não condizem com a própria física [Marshall; Young, 2006].

O consenso da utilização da informática no processo de ensino-aprendizagem ser capaz de potencializar o aprendizado é forte, porém a aceitação e as limitações computacionais são entraves nesse avanço, tais como, barreiras culturais dos professores e distorções no aprendizado que o software educacional pode causar. Para sedimentar essa utilização, deve-se entender os fatores chaves para a aceitação do software educacional na escola e a constante observação para identificar as razões de possível rejeição. Para evitar essa rejeição ou para potencializar o uso do software educacional, assistência constante ao professor é uma solução mais viável. Portanto, a utilização adequada de um software educacional e o seu acompanhamento e sua aceitação são fundamentais [Hu *et al.*, 2003].

4.8 Considerações Finais

A utilização dos recursos tecnológicos na educação é uma tendência e a sua capacidade em proporcionar integração entre diversas formas de ensino é visto com bons olhos pelos profissionais na área de educação. Os dispositivos móveis se apresentam como o ambiente mais provável para utilizar o software educacional como principal vantagem a mobilidade. É preciso estar atento às teorias e às heurísticas existentes na literatura para o desenvolvimento no software educacional. O fato de utilizar dispositivos móveis requer desenvolvimento que leva em consideração algumas características, tais como, projeto gráfico, característica de hardware, comunicação em rede e forma como se apresenta o conteúdo. No processo de integração do software educacional dois fatores devem ser cuidadosamente tratados: i) a aceitação por parte dos professores; e ii) o acompanhamento da utilização do software. Assim, o aproveitamento desse recurso pode ser potencializado e não ter distorções no aprendizado.

5. SOFTWARE EDUCACIONAL MobileMech

5.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo, é apresentado o software MobileMech. São feitas descrições do projeto do software, apresentados os cenários descrevendo os objetivos no ensino de Física, metodologia utilizada, interface entre outros assuntos. Além disso, são apresentadas opções de navegabilidade disponíveis ao usuário e uma abordagem sobre as tecnologias e recursos utilizados no desenvolvimento.

Breve descrição do software MobileMech, como ele foi desenvolvido, seus objetivos e o Diagrama de Casos e Usos são apresentados na Seção 5.2. A funcionalidade do MobileMech é discutida na Seção 5.3. Alguns cenários relevantes disponíveis no MobileMech são descritos na Seção 5.4.

5.2 Descrição do MobileMech

O software MobileMech é um software educacional para o ensino de Física para alunos do ensino médio, sendo uma das características não proporcionar completa independência de um tutor. Como mencionado anteriormente, não há na literatura uma afirmação de que seja possível utilizar um software educacional eficaz sem a presença de um tutor para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem. No MobileMech, há conhecimentos teóricos apresentados em capítulos para torná-lo mais adequado ao ensino. Para isso, diretrizes de interfaces, de navegação, de integração do software junto à sala de aula, teorias de aprendizagem e outros aspectos abordados pela informática na educação são observados. O MobileMech foi desenvolvido para dispositivos móveis; mais especificamente, para o sistema operacional Android. O objetivo é permitir ao aluno utilizar facilidades disponibilizadas pelo MobileMech para tornar a aprendizagem mais prazerosa. Além disso, a mobilidade foi fator importante na escolha de dispositivos móveis. O MobileMech apresenta algumas

atividades interativas, cujo objetivo é cativar o usuário para ser utilizado constantemente.

Para o desenvolvimento do software, foi utilizado o *kit* de desenvolvimento de aplicativos para o sistema operacional Android: Android SDK¹. Esse *kit* oferece APIs e ferramentas utilizadas para construção, teste e *debug* do aplicativo. Além disso, foram utilizados o IDE Eclipse² que oferece suporte ao desenvolvimento de aplicativos para o sistema operacional Android e um emulador virtual disponibilizado no *kit* de desenvolvimento. O MobileMech foi desenvolvido tendo como base um dispositivo móvel de tela de 10,1 polegadas.

No MobileMech, são abordados tópicos em Mecânica no nível de ensino médio. Os conceitos abordados são conceitos de força, força gravitacional, força normal, força de atrito, resistência do ar, impulso de uma força, quantidade de movimento, as leis de Newton, energia cinética, energia potencial gravitacional, conservação da energia mecânica e trabalho. No MobileMech, há breve explanação sobre estes conceitos a fim de possibilitar o seu uso adequado e três tipos de atividades interativas, as quais o aluno tem que executar. A primeira atividade diz respeito a explicação teórica de um conceito. A segunda consiste na experimentação do conceito apresentado, ou seja, ambiente onde aluno é motivado a fazer experiências virtuais sobre o que foi explicado. A terceira é um pequeno jogo no qual o aluno tem que aplicar o que foi aprendido para completar um objetivo. A segunda atividade não está necessariamente em todos os conceitos abordados, tendo em vista que, em alguns casos, considerou-se que a experimentação não era relevante.

A primeira atividade é apresentada de forma textual, cujo texto é simples e direto para evitar que a leitura se torne enfadonha ou cansativa, podendo haver animações para exemplificar o texto. O conteúdo a ser explicado não ocupa mais do que uma tela (não há rolagem de tela), salvo raras exceções. Com isso,

¹ <http://developer.android.com/sdk/index.html>

² <http://www.eclipse.org>

acredita-se que a interação do usuário fique menos cansativa proporcionando melhor aproveitamento do tempo. A primeira atividade está vinculada à segunda ou terceira atividade. A ideia é, logo após concluir a primeira atividade, o aluno cumpra a atividade seguinte em sequência para assimilar o conceito aprendido e motivar o questionamento desse conceito. A primeira atividade não necessariamente apresenta todo o conteúdo a ser abordado naquela fase; algumas vezes, optou-se por encadear a teoria a ser aprendida, apesar de grande parte estar na primeira atividade. Assim, pode-se evitar o desgaste do aluno diante de conceitos "difíceis" de aprender. Por isso, apresentá-los gradualmente na segunda e terceira atividades balanceia o processo de aprendizagem e motiva a constante indagação do aluno do conceito a ser aprendido. Essa constante indagação pode proporcionar melhor entendimento do conteúdo. Um exemplo de interação do usuário com o MobileMech da primeira atividade é apresentado na Figura 5-1.

Na segunda atividade, a ideia é o aluno possuir um laboratório virtual onde ele possa realizar experimentações necessárias para verificar (ou sedimentar) um conceito. Essa atividade é altamente interativa para o aluno fazer algumas inferências como são feitas na prática. Caso necessário, cabe ao professor aguçar as inferências e/ou separar as que sejam relevantes impedindo uma compreensão errada da teoria. As atividades experimentais não são rigorosamente iguais aos que ocorrem na prática. Na maioria dos cenários, são apresentadas situações ideais nos quais o conceito físico encontra-se isolado. Outros fatores não relevantes para aprendizagem do conteúdo, que podem impactar em uma experimentação real, não influenciam no entendimento do conceito. Por exemplo, caso esteja querendo explicar a segunda lei de Newton, a principal preocupação é o aluno entender a relação entre força e massa (inversamente proporcionais) e de que a aceleração é a medida nessa relação. Geralmente, o cenário da atividade possui parte da tela disponível a interação em que aparecem "botões" ou outros elementos de interação (animação). As informações que o usuário passa ao software com a tela de interação são

capturadas e executadas fielmente por meio da animação dos objetos na tela. Pode haver pequenas explicações durante a execução dessas atividades a fim de evidenciar algo relevante ou sedimentar conteúdo. Um exemplo de interação do usuário com o MobileMech da segunda atividade é apresentado na Figura 5-2. Nesse exemplo, o usuário tem que deslizar o dedo sobre a barra para que ele aplique uma força na caixa na direção horizontal e no sentido da esquerda para a direita. Há atrito entre o solo e a caixa. Ao realizar essa atividade, o usuário percebe a necessidade de uma força mínima para movimentar o objeto. Assim, é possível observar, com a realização dessa atividade virtual, as implicações do conceito de atrito estático. Com isso, o aluno interage com os objetos para experimentar os conceitos apresentados na primeira atividade.

Na terceira atividade, o objetivo é aplicar o que foi aprendido realizando exercícios. Busca-se semelhança com os jogos de computadores, nos quais os alunos se sentem motivados para alcançar o objetivo proposto. Essa atividade é baseada nos benefícios que o caráter lúdico de um jogo de computador pode proporcionar no processo de ensino-aprendizagem. Enquanto o aluno está realizando esta prática, diversos fatores influenciam para a melhor aceitação. O fato de a atividade possuir caráter desafiador pode influenciar a aprendizagem e o aluno tende a ter maior concentração nesse tipo de prática, além de potencializar a quantidade de tempo em que ele ficará fazendo uso da mesma, influenciando no aprendizado com a fixação e adequação dos conceitos para completar determinados objetivos. Nessa atividade, há uma parte da tela dedicada a interação do usuário na qual os objetos ficam em outro espaço da tela, onde as ações do usuário são executadas. O aluno tem o objetivo de utilizar o conhecimento adquirido para realizar uma determinada tarefa que pode ter pequenas explicações sobre o conteúdo para relembrar/sedimentar um conceito. Um exemplo de interação do usuário com o MobileMech da terceira atividade é apresentado na Figura 5-3. Nessa interação, o aluno exerce uma força sobre a primeira caixa da esquerda para a direita de tal forma que a primeira caixa atinja



Figura 5-1 – Exemplo da primeira atividade



Figura 5-2 - Exemplo da segunda atividade



Figura 5-3 – Exemplo da terceira atividade

a segunda. Há então uma colisão entre as caixas. O objetivo é que após a colisão a segunda caixa alcance o alvo proposto.

5.3 Modelagem do Software

Nessa seção, são apresentados o Diagrama de Casos de Uso e o Diagrama de Navegação do MobileMech.

5.3.1 Diagrama de Casos de Uso

O Diagrama de Casos de Uso é apresentado na Figura 5-4 para explicar as funções disponíveis no MobileMech. Por exemplo,

- o caso de uso *Selecionar Capítulo* corresponde à ação de escolher o tópico que o usuário deseja estudar;
- o caso de uso *Alterar Página* consiste em selecionar uma página para navegar;
- o caso de uso *Interagir com a Experimentação* permite executar uma atividade investigativa em que o usuário pode alterar variáveis para verificar um determinado comportamento de diferentes pontos de vista;
- o caso de uso *Alterar Parâmetros* possibilita definir dados para realizar atividades;
- o caso de uso *Ativar Animação* corresponde a alguma ação do usuário que implique em uma animação na tela;
- o caso de uso *Interagir com a Exercitação* é semelhante a *Interagir com a Experimentação*, porém o usuário é desafiado a cumprir um objetivo;
- o caso de uso *Alterar Parâmetros Dinâmicos* é semelhante ao caso de uso *Alterar Parâmetros*, mas as variáveis são alteradas durante alguma ação;

- o caso de uso *Alterar Informações* é para alterar dados que o usuário pode vê-los mas não pode alterá-los diretamente.

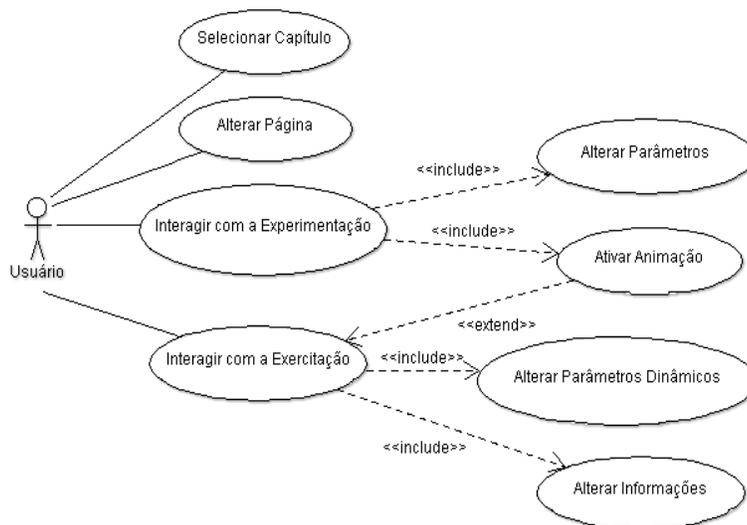


Figura 5-4 - Diagrama de Casos de Uso

5.3.2 Diagrama de navegação

No MobileMech, o usuário tem navegabilidade livre entre os assuntos abordados, os quais não são obrigatoriamente sequenciais, embora seja sugerido a utilização do MobileMech dessa forma. Caso o usuário possua conhecimento de algum assunto, ele pode acessar outros assuntos de forma direta. A navegabilidade entre os assuntos é auxiliada por uma barra de navegação na parte superior da tela.



Figura 5-5 - Barra de navegação

Quando o MobileMech é iniciado a primeira tela que o usuário tem acesso é o HOME. Nessa tela, o usuário tem acesso aos demais assuntos (capítulos) abordados. Ao acessar os capítulos, o usuário pode navegar entre as páginas

desse capítulo utilizando uma barra de navegação. Na barra de navegação, há a possibilidade de acessar dois tipos de conteúdo, um deles não proporciona (Cenário 1 - Experimentação) e outro proporciona (Cenário 2 - Exercitação) interação com o usuário. Não há navegação quando o usuário se encontra em um capítulo. Ao invés disso, parte da tela é alterada para o usuário acessar o conteúdo das referidas páginas. Em um capítulo, o usuário pode retornar HOME para acessar outros capítulos. Não é impossível acessar outros capítulos quando se encontra em um capítulo. A Figura 5-6 ilustra o diagrama de navegação do MobileMech. Por exemplo, no Capítulo 1, há uma barra de navegação que permite acessar o Cenário 1 ou o Cenário 3 desse capítulo. De maneira análoga, existe navegabilidade para outros dois capítulos.

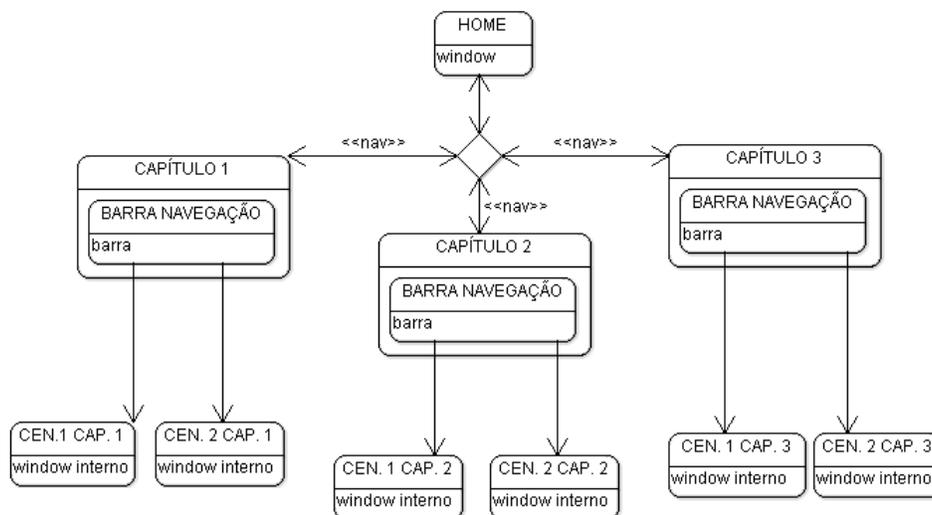


Figura 5-6 - Diagrama de navegação

5.4 Funcionamento do Software

5.4.1 Cenários para explanação teórica

Na explanação teórica, o objetivo é apresentar aos usuários a teoria para melhor compreensão dos outros cenários, onde os conceitos físicos são descritos textualmente; para isso, buscou-se utilizar linguagem menos formal. São

utilizadas metáforas para elucidar situações cotidianas que têm relações diretas com o conteúdo abordado.

No cenário apresentado na Figura 5-7, é apresentada uma referência a força e a capacidade de uma força causar alteração de um estado inicial para um estado final. Esse estado inicial é definido como o estado de estar brincando. O usuário é lembrado de uma situação comum e, possivelmente, vivenciada. Essa situação refere-se à realização de uma "força" a fim de largar uma atividade inicialmente mais prazerosa para passar a realizar uma atividade inicialmente menos prazerosa. Ou seja, estado inicial refere-se à ação de "estar brincando" e estado final à ação de "estar estudando". O usuário é estimulado a relacionar força com mudança de estado.

No cenário apresentado na Figura 5-8, é discutido o conceito de Inércia. Nesse cenário, são apresentados exemplos em que há lei da inércia, por exemplo, quando uma pessoa está em pé dentro de um ônibus em movimento e, repentinamente, ele freia. O usuário provavelmente vivenciou essa situação. O objetivo é o usuário compreender que um objeto tende a permanecer em um estado até acontecer algum evento que afete esse estado. No caso do ônibus, frenagem brusca; no caso da física, força.

No cenário apresentado na figura 5-9, é discutido o conceito de Trabalho e Energia. Inicialmente, o usuário é estimulado a lembrar de uma situação vivenciada, por exemplo, uma explosão, e é realizado um paralelo entre explosão e energia. Assume-se que o usuário possua uma ligação direta entre explosão e energia. Em seguida, é explicado o que uma explosão pode vir a causar e é discutida uma variável importante nesse processo de explosão responsável por uma consequência, sem mencionar formalmente força (conceito de força foi explicado em capítulos anteriores). É feito um paralelo entre a variável que causa mudança e força. Termina-se a explanação informando que força é uma das consequências em uma explosão. Uma imagem é apresentada para facilitar e estimular a compreensão dos conceitos.

No cenário apresentado na figura 5-10, é discutido o conceito de Impulso. Similarmente aos outros cenários, o usuário é estimulado a lembrar de uma situação experimentada. Essa situação refere-se ao impulso necessário para dar um salto, sendo mais reforçada quando é feito um paralelo com condições onde o impulso demanda uma quantidade de tempo razoável, tal como pular sobre uma cama-elástica. É informado ao usuário que a relação entre força e tempo pode ser chamada de impulso. As imagens são importantes para a explicação dos conceitos. Demais cenários estão na seção Anexos.

5.4.2 Cenários de Experimentação

Nesses cenários, o objetivo é o usuário fazer experimentos utilizando os conceitos apresentados na Explicação Teórica. Em um desses cenários (Figura 5-11), o objetivo é o usuário experimentar as variáveis força e massa, ou seja, incentivar o usuário a perceber como uma força impacta no comportamento de um objeto tendo em consideração a sua massa. Na parte superior, é apresentado breve enunciado explicando o que se pretende abordar nessa experimentação. A barra de força e de massa são as que não apresentam valor numérico; assim, o usuário precisa ter a intuição de preencher as barras em uma proporcionalidade adequada ao que ele pretende fazer. Ao selecionar o botão Lançar, é calculada a velocidade da caixa. Desse modo, o usuário pode observar o comportamento da caixa após a aplicação de uma força em um determinado tempo. O tempo de aplicação da força é o mesmo independente dos valores atribuídos às variáveis. O fato do usuário não ser informado a respeito dos valores numéricos de força e massa é para o usuário se concentrar nas proporcionalidades entre as variáveis envolvidas no experimento: força e massa.

No cenário apresentado na Figura 5-12, o objetivo é o usuário experimentar o conceito de atrito. Na parte superior, é apresentado um enunciado a respeito do que se trata esse experimento. A caixa ao meio é o objeto que faz parte desse experimento. A barra na parte inferior da tela é uma barra de força cuja



Figura 5-7 – Cenário 1

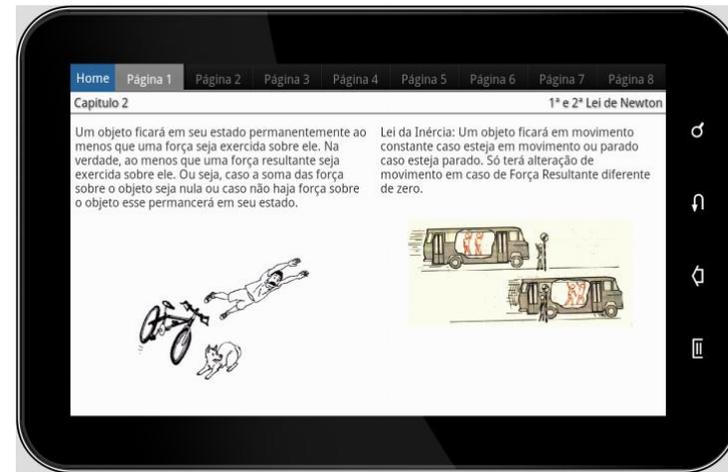


Figura 5-8 – Cenário 2



Figura 5-9 - Cenário 3



Figura 5-10 – Cenário 4

magnitude cresce da esquerda para a direita. É proposto ao usuário realizar uma força sobre a caixa utilizando a barra de força. A força é aplicada na direção horizontal e sentido da esquerda para a direita. A proposta é essa força iniciar em zero e ser aumentada gradualmente. A partir do momento que a força atinja um determinado valor, o objeto começa a se mexer. Quando em movimento, caso seja aplicada uma força menor que a anterior (não muito menor), o objeto permanece em movimento. O movimento é retardado quando uma força consideravelmente menor é aplicada ao objeto. Com isso, espera-se que o usuário perceba os conceitos de atrito e as particularidades de atrito estático e atrito dinâmico.

No cenário apresentado na Figura 5-13, o objetivo é o aluno realizar experimentação alterando as variáveis massa, gravidade e grau de inclinação da superfície, ou seja, compreender a influência da força gravitacional no objeto em uma situação de plano inclinado. Na tela, na parte superior, há um enunciado descrevendo a atividade e as variáveis a serem manipuladas pelo usuário; no meio, está o objeto a sofrer a experimentação; e, na parte inferior, está a barra de força. O usuário realiza uma força sobre a barra em diferentes situações e a força exercida pela barra é sempre paralela a superfície que o objeto se encontra. Quando o objeto ultrapassa a distância do plano, ele é colocado na sua posição inicial. No plano, não existe atrito sendo a força gravitacional e a força exercida na barra as únicas forças que atuam no objeto.

No cenário apresentado na Figura 5-14, o usuário é apresentado ao comportamento de um objeto antes e após a atuação de uma força resultante. O objetivo é o usuário observar que o comportamento de um objeto se altera quanto há atuação de uma força resultante diferente de nula. Na tela, na parte superior, há o enunciado; e, na parte inferior, há uma caixa sobre uma superfície com cores diferentes. O objeto se move da esquerda para a direita. Quando sobre a superfície azul, não há ação de uma força sobre o objeto; por outro lado, quando sobre a faixa verde, há ação de uma força resultante na direção e no sentido do movimento. Desse modo, o usuário pode observar a alteração do

comportamento do objeto no momento em que há ação de uma força resultante atuando sobre ele. Nessa tela, são alteradas as superfícies quando o objeto termina de percorrê-la e a posição do objeto é alterada para a sua posição inicial. A velocidade do objeto não é alterada, sendo a mesma ao terminar de percorrer a superfície e ao reiniciar o movimento sobre nova superfície. A nova superfície pode ser a mesma ou alguma com cor diferente. Superfície de cor vermelha representa ação de força na direção e sentido contrário ao movimento do objeto, superfície de cor verde representa ação de força na direção e sentido do movimento do objeto e superfície de cor azul indica que não há ação de força sobre o objeto.

No cenário apresentado na Figura 5-15, o objetivo é auxiliar a compreensão do trabalho realizado por uma força a fim de acelerar um objeto de uma velocidade inicial a uma velocidade final. Na tela, na parte superior, há um enunciado sobre o exercício; no centro, há uma roda com várias hastes (no meio da roda, há um número indicando a sua velocidade); e, no canto inferior, há um botão Lançar. Ao selecionar esse botão, uma caixa é colocada em uma haste da roda; com isso, há aceleração e aumento da velocidade da roda. Após instantes, a caixa "cai" da haste e o usuário pode selecionar novamente o botão Lançar para colocar nova caixa na haste a fim de acelerar a roda. Dessa forma, a ideia é o usuário observar que, à medida que a velocidade aumenta, a quantidade de caixas, necessárias para realizar uma mesma variação de velocidade, também aumenta.

No cenário apresentado na Figura 5-16, o objetivo é apresentar a relação entre trabalho e energia, ou seja, abordar a relação entre trabalho e energia cinética com demonstração da possibilidade da energia se transformar em trabalho exercido por uma força. Na tela, na parte superior, são mostrados ao usuário dados sobre diferentes estados que a caixa venha a se encontrar; no meio, é apresentada uma caixa com um "pincel atrelado"; e na parte inferior, há uma espécie de régua. Cada bloco da régua corresponde ao comprimento de dois tijolos. A caixa possui velocidade inicial na direção horizontal e no sentido da

esquerda para a direita; no momento que o "pincel" toca a régua, é exercida força de atrito sobre o "pincel". Essa força é responsável por desacelerar a caixa e, à medida que a caixa é desacelerada, é "pintada" determinada área da régua que corresponde a quantidade de trabalho exercida e energia cinética inicial da caixa.

No cenário apresentado na Figura 5-17, o objetivo é clarear o conceito de energia potencial. Na tela, na parte superior, há um enunciado descrevendo; no canto esquerdo, há um arco e uma flecha; no lado direito, há um medidor da energia cinética da flecha; e, na parte inferior, há uma barra de força na qual o usuário pode "estender" a corda do arco. Ao estender a corda, energia potencial é armazenada no arco para acelerar a flecha. Não é especificado qual energia potencial, o objetivo é que o aluno entenda o conceito de uma energia em potencial. Após "lançar" a flecha, ela vai em direção ao medidor que mede a energia cinética da flecha e a mostra ao usuário. Nesse cenário, não é considerado o atrito com ar e força gravitacional. A única força exercida sobre a flecha é a força da corda do arco.

5.4.3 Cenários de Exercitação

No cenário apresentado na Figura 5-18, o objetivo é o usuário exercitar o conceito da influência da força Peso no objeto em um plano inclinado. Na tela, na parte superior, são apresentadas algumas variáveis para execução do exercício; nas laterais, há um conjunto de planos com inclinações diferentes e com um objeto no qual o usuário interage; no meio, há uma máquina que indica qual será o plano selecionado e informações que influenciam na execução da tarefa, tais como: gravidade e massa do objeto. Além de haver um tempo para execução da tarefa. No inferior da tela, há uma barra de força. O usuário é motivado a fazer o cálculo correto para que a força resultante aplicada sobre o objeto, paralelamente ao plano, seja nula ou próxima de nula. Em seguida o usuário precisa aplicar essa força fazendo uso da barra de força. A força aplicada

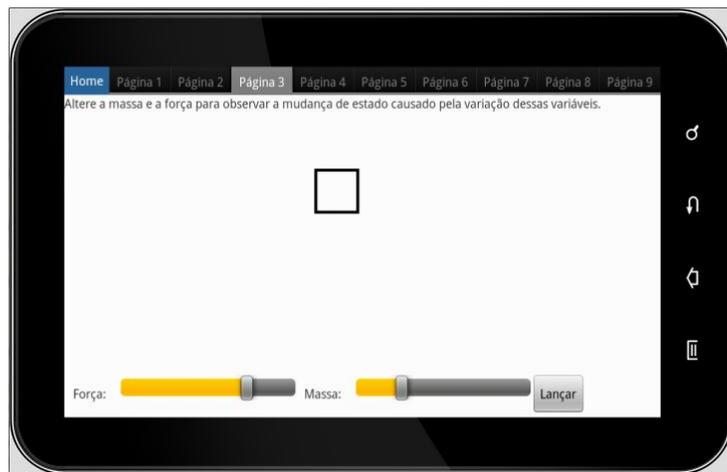


Figura 5-11 – Cenário 5



Figura 5-12 – Cenário 6

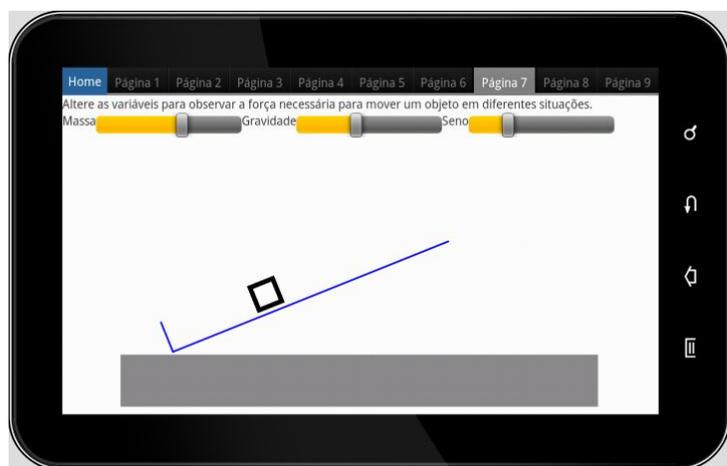


Figura 5-13 – Cenário 7



Figura 5-14 - Cenário 8

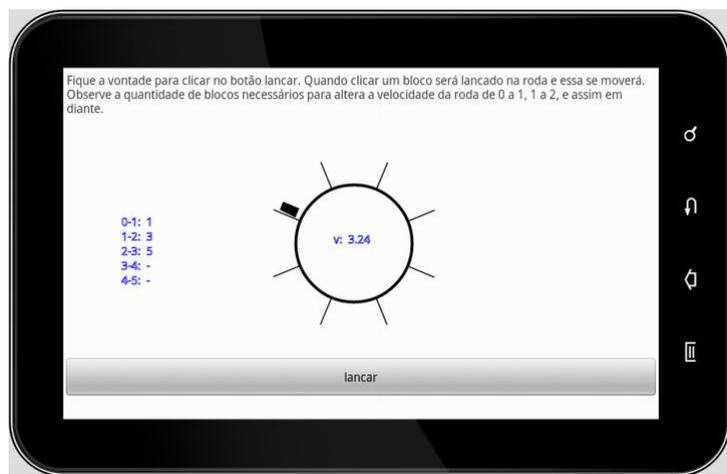


Figura 5-15 - Cenário 9

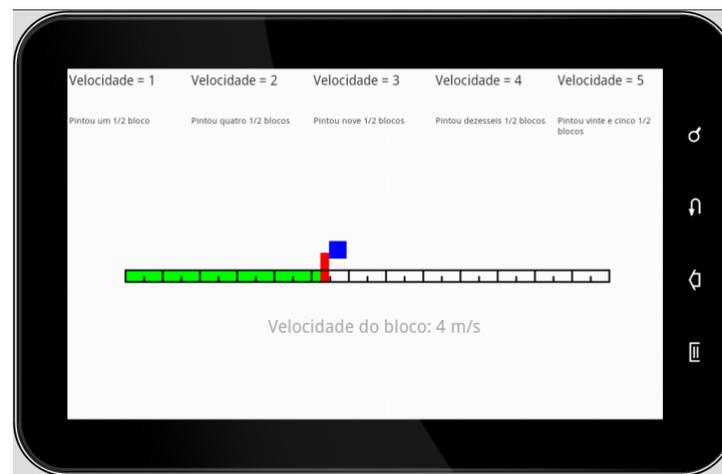


Figura 5-16 – Cenário 10

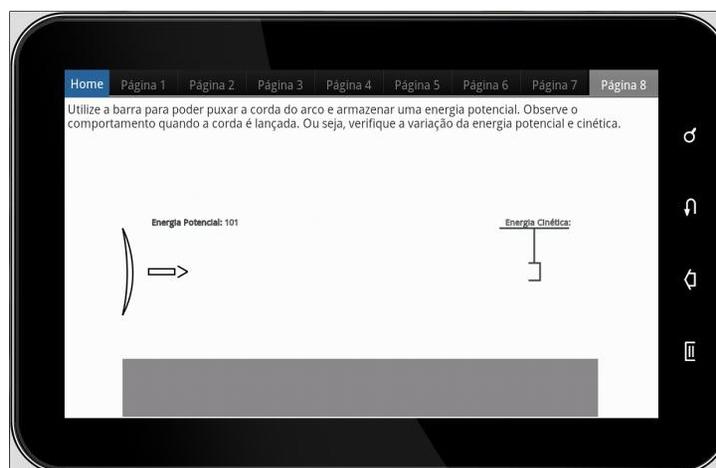


Figura 5-17 - Cenário 11

pela barra de força é paralela a plano e tem direção e sentido ao movimento inicial do objeto. Posteriormente, o objeto se move em velocidade constante até o meio do percurso; para ele continuar o movimento, o usuário deve aplicar a força necessária para manter a força resultante igual a zero ou próximo de zero. Com isso, o usuário deve ser capaz de exercitar algumas implicações da força Peso em um plano inclinado.

No cenário apresentado na Figura 5-19, o objetivo é o usuário realizar exercícios abordando o conceito de impulso. Na tela, na parte superior, há um enunciado com a descrição do exercício e variáveis que influenciam a sua realização (p. e. massa da bola e atrito do solo); no meio, há uma bola, com a qual o usuário interage, e um alvo; e, na parte inferior, há variáveis a serem alteradas (força a ser exercida sobre a bola e tempo de aplicação dessa força). O usuário deve alterar as variáveis força e tempo e "lançar" a bola para observar o impacto do impulso aplicado na bola. Assim, um impulso na direção horizontal e de sentido da esquerda para a direita é realizado sobre a bola implicando em movimento. O usuário precisa colocar a bola sobre o alvo. Quanto maior a precisão, maior a pontuação. Após a bola ter sido lançada e atingido uma determinada posição um novo turno é iniciado; a cada novo turno, as variáveis massa e atrito são atualizadas.

No cenário apresentado na Figura 5-20, o objetivo é o usuário realizar exercícios abordando o conceito de quantidade de movimento. Na tela, na parte superior, há um enunciado e variáveis as quais o usuário precisa levar em consideração na hora de resolver o exercício tais como massa, velocidade e quantidade de movimento; no meio, há uma bola em repouso e uma máquina capaz de medir a quantidade de movimento da bola; e, na parte inferior, há uma barra de força, a direita da barra de força um círculo, representando tempo. A combinação da barra de força com o tempo gasto (medido pelo círculo) resulta em impulso. Esse impulso é aplicado sobre a bola de modo que ela entra em movimento em direção horizontal e no sentido da máquina. Após o impulso, as variáveis velocidade e quantidade de movimento são atualizadas. O exercício

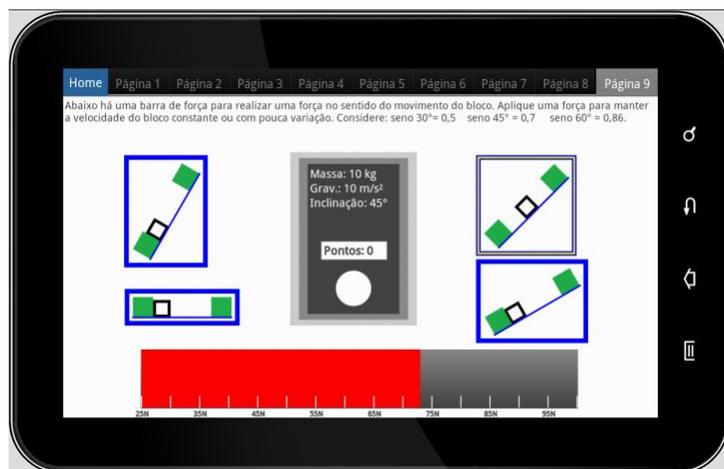


Figura 5-18 – Cenário 12

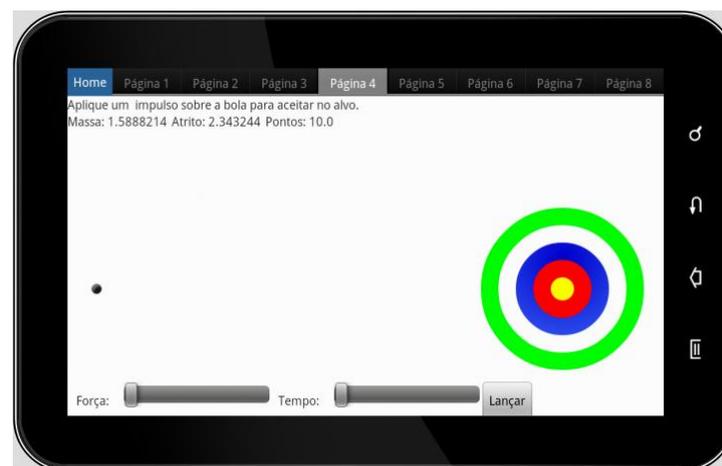


Figura 5-19 – Cenário 13

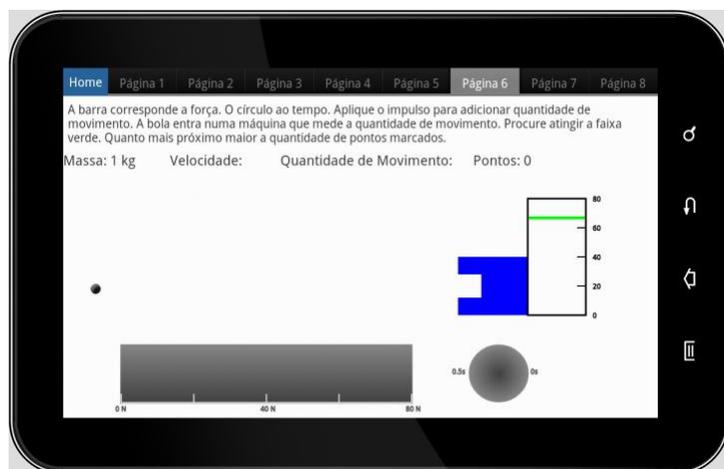


Figura 5-20 – Cenário 14

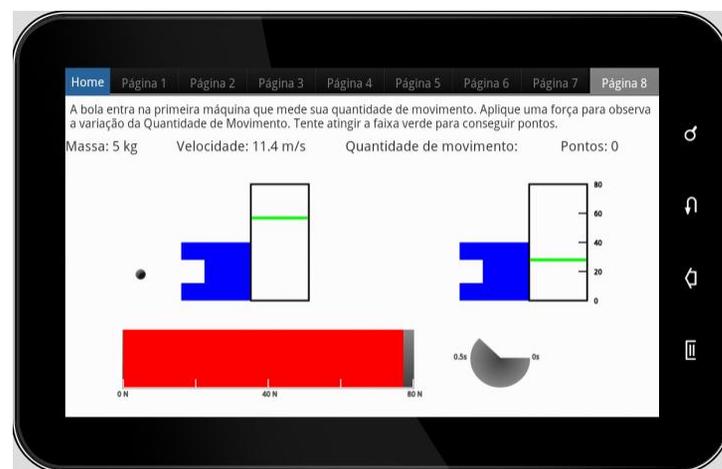


Figura 5-21 – Cenário 15

ocorre em turnos; em cada novo turno, as variáveis massa e quantidade de movimento são alteradas e a bola é colocada em sua posição inicial em repouso.

No cenário apresentado na Figura 5-21, o objetivo é o usuário perceber a variação de quantidade de movimento. Na tela, na parte superior, há um enunciado e variáveis relevantes para o usuário; no meio, há uma bola e duas máquinas para medir a quantidade de movimento da bola; e, na parte inferior, há uma barra de força e um círculo representando tempo. Inicialmente, a bola é lançada como uma velocidade inicial. A primeira máquina (à esquerda) mede a quantidade de movimento da bola. A bola fica retida na primeira máquina até que o usuário aplique um impulso alterando a sua quantidade de movimento. A quantidade de movimento a ser atingida pode ser vista na linha verde sobre a segunda máquina (à direita). Uma força é realizada por um determinado tempo (impulso) sobre a bola na direção e sentido contrário ao movimento inicial da bola caso a variação da quantidade de movimento a ser atingida seja negativa. Caso a variação de quantidade de movimento seja positiva, uma força é realizada sobre a bola por um determinado tempo na direção e sentido do movimento inicial. Com isso, o usuário compreende a segunda Lei de Newton e sua relação com variação de quantidade de movimento.

5.5 Considerações Finais

O MobileMech pode ser utilizado para contribuir no processo de ensino-aprendizagem de alguns assuntos pertinentes a Física e, de uma forma geral, para o conhecimento científico. A oportunidade de fazer com que um aluno tenha primeiro contato com os métodos científicos e experimente a sensação de conhecer o funcionamento de uma pequena parte do universo. O clareamento que a ciência é capaz de proporcionar e a transmissão dessa ferramenta. Essas foram às motivações mais fortes para o desenvolvimento do software.

O desenvolvimento do software MobileMech visou proporcionar ao aluno uma alternativa para o aprendizado de física. A mobilidade de um dispositivo

móvel poderá facilitar o aluno nas suas atividades diárias de estudante. As interatividades com esse tipo de dispositivo e o alto interesse de alunos da faixa etária a qual esse software é direcionado complementam nas vantagens que esse suporte ao ensino poderá oferecer. O software não possui a ambição de ensinar física sem a dependência do professor. Durante o desenvolvimento ficou evidente o quão complexo é a tarefa de tornar o software próximo de uma suposta independência de um tutor.

O software pretende que o aluno leia um pouco. Entenda bem o que foi dito na teoria. Seja capaz de experimentar o que aprendeu durante a explicação teórica. E que posteriormente, aplique esse conhecimento. Dessa forma, acredita-se que o conhecimento obtido estará sempre num processo de amadurecimento, contribuindo para melhor compreensão dos tópicos abordados no software MobileMech.

6. AVALIAÇÃO

6.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo, é apresentada uma avaliação do software MobileMech realizada com alguns alunos (avaliadores) do curso de licenciatura em Física de uma Instituição de Ensino Superior. Após utilizarem o MobileMech, um questionário foi aplicado, no qual os avaliadores fizeram alguns comentários. Com base nesses comentários, foi feita uma síntese da avaliação.

A metodologia adotada na avaliação, o que foi pretendido obter com a avaliação e como a avaliação impactou na utilização do MobileMech é apresentada na Seção 6.2. Os resultados obtidos por meio da aplicação do questionário são discutidos na Seção 6.3.

6.2 Metodologia da Avaliação

Foi decidido fazer uma avaliação do software para que baseada nessa avaliação pudessem ser tiradas conclusões sobre o projeto desenvolvido e discutir os pontos mais importantes que impactaram no desenvolvimento do MobileMech. Dessa forma, pôde-se compreender melhor o que foi feito para que em uma possível retomada desse trabalho ou para o desenvolvimento de trabalhos relacionados já haja uma breve revisão do que foi realizado.

Para elaboração dos questionários, foram discutidos os pontos a serem abordados e, em seguida, foi elaborado um questionário, o qual o avaliador teria que responder a afirmações escolhendo entre quatro opções: i) Concordo Plenamente; ii) Concordo; iii) Discordo; e iv) Discordo Plenamente. O questionário abordou questões como qualidade da navegação, interface gráfica, usabilidade, contribuição para o estudo de física, se a teoria é bem apresentada, se as experimentações são adequadas e se os desafios são adequados. Além disso, havia um espaço reservado para sugestões adicionais no qual o avaliador poderia emitir alguma opinião que achasse importante.

Também foi desenvolvido um roteiro de uso do software. Com esse roteiro o usuário era motivado a realizar algumas atividades. Essas atividades eram descritas sem muito detalhe do que era necessário fazer. Pretendeu assim, que o usuário pudesse realizar as atividades com independência de um possível manual completo para o uso do software. A intenção era que, dessa forma, o participante pudesse avaliar com maior precisão a usabilidade do software. Cada participante teve um roteiro próprio, sendo que os roteiros poderiam se diferenciar um dos outros. Com isso, cada participante testou parcialmente o software, sendo que, todos os cenários foram testados.

O teste foi realizado com alunos do curso de licenciatura em Física da UFLA e foram realizados individualmente. Cada participante fazia uso do software acompanhado de uma pessoa que auxiliaria caso alguma dúvida surgisse. Havia um tempo limite para a execução das tarefas descritas no roteiro. Caso o usuário não terminasse no tempo limite o usuário era direcionado para testes de alguns cenários específicos. Após terem feito uso do MobileMech, os participantes eram instruídos no preenchimento de um questionário de avaliação. Em seguida a aplicação do questionário, os participantes, geralmente, pediam para comentar alguma coisa sobre o MobileMech. Para isso, eles acessavam os cenários os quais eles achavam relevantes para fazerem sugestões. Foram feitas sugestões diversas, tanto a respeito da usabilidade quanto a questões relacionadas a física.

Após a realização dos testes as informações coletadas foram organizadas e foi discutido aspectos do software que precisariam ser reavaliados, diretrizes que foram adotadas durante a fase de implementação que impactaram positivamente para o resultado final, diretrizes diferentes que poderiam ter contribuído mais efetivamente para a implementação, entre outras coisas. Foi feita uma análise mais a fundo do que foi coletado. Com isso, algumas correções de baixo impacto e que fossem possíveis de serem implementadas há tempo foram feitas no MobileMech para sua versão final.

6.3 Resultados

Durante a fase de projeto do MobileMech ficou decidido que seria disponibilizado navegação livre ao usuário. Assim, o usuário poderia acessar as seções do software sem ser obrigado a realizar as atividades de forma sequencial. Os participantes do teste do MobileMech concordaram que essa metodologia venha a facilitar a aprendizagem tendo em vista que cada aluno possa ter algum conhecimento do que é abordado e que, possivelmente, o conhecimento dos alunos se diferem consideravelmente um do outro. A respeito da navegação entre as telas, acesso as seções, mudanças de páginas, acesso ao Menu, entre outras, os participantes considerarão os procedimentos adotados como satisfatórias.

O questionário aplicado avaliou questões a respeito da usabilidade do software. Os integrantes do teste do MobileMech consideraram a interface como sendo objetiva. Não houve grandes dificuldades em se entender o que era preciso fazer para que o aplicativo fizesse o que o usuário pretendia. Os desenhos foram considerados parcialmente intuitivos. Acredita-se que isso se dê em parte devido ao fato dos recursos disponibilizados pela a API utilizada não serem suficientes para se desenhar objetos precisamente fiéis e atrativos ao que representam. Porém, os participantes disseram que o software apresentou usabilidade suficiente para alcançarem seus objetivos com efetividade e eficiência.

As perguntas do questionário relacionadas ao grau de aceitação da usabilidade do MobileMech se encontram na Figura 6-1.

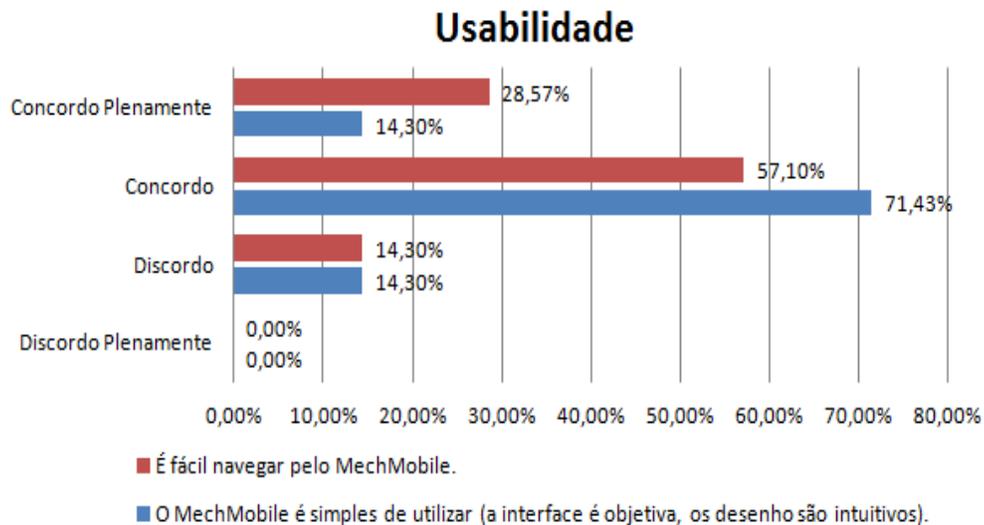


Figura 6-1 - Usabilidade do MobileMech

O MobileMech é dividido em três atividades as quais o usuário precisa executar. Geralmente, essas atividades estão distribuídas nessa ordem: teoria, experimento e exercício (desafio). A respeito da Teoria, os participantes disseram que a linguagem apresentada é diferente do que usualmente é utilizado para o ensino de Física. Eles acharam que o fato de se tratar de um aplicativo para dispositivos móveis a linguagem é perfeitamente adequada. Houve uma grande aceitação com relação a forma que a teoria é descrita. Os integrantes disseram que as analogias relatadas e a informalidade inicial durante a apresentação da teoria contribuíram para que essa atividade fosse prazerosa. Havia uma preocupação durante a fase de desenvolvimento, devido ao fato de que a forma com que o usuário iria interagir com essa atividade poderia comprometer o ritmo que o MobileMech pretendia impor. Foi verificado que essa atividade obteve uma boa aceitação.

Em relação aos experimentos, o objetivo era que, principalmente, os alunos fizessem uma observação precisa do que foi apresentado na teoria. Ou seja, o objetivo maior era que eles pudessem enxergar as afirmações feitas anteriormente na atividade teórica. Os integrantes do teste relataram que os

experimentos estão bem relacionados com o que foi apresentado na teoria. Além disso, eles acharam estimulante poder verificar os conceitos representados. Também foi comentado pelos participantes que a relação entre experimentos e exercícios é importante no sentido de melhor compreensão da teoria. Entretanto, houve uma pequena discordância em relação à possibilidade dos experimentos ajudarem nos exercícios. Alguns não acharam que os experimentos contribuem de forma direta para realização dos exercícios.

A respeito dos exercícios (desafios) todos os participantes ficaram motivados a resolvê-los e se sentiram estimulados a continuarem realizando essa atividade. Entretanto, houve uma pequena discordância em relação ao texto que introduz essa atividade. Alguns usuários disseram que o texto poderia ser mais explicativo, assim, eles gastariam menor tempo para compreender como realizar algumas tarefas. Porém, foi verificado que após um curto espaço de tempo os participantes já dominavam os cenários relativos aos exercícios. Acredita-se que a aprendizagem demande algum tempo mesmo com um texto mais explicativo. E que um texto muito explicativo pode tornar a compreensão do que é pretendido que o usuário faça um pouco maçante. Além disso, foi observado que à medida que o participante realiza um exercício o próximo exercício era mais facilmente compreendido.

As respostas das perguntas relacionadas ao grau de aceitação dos participantes dos cenários de teorização, experimentação e exercitação podem ser observadas no gráfico da Figura 6-2. Sendo que, a pergunta 1 se refere ao grau de aceitação da teorização, as perguntas 2 e 3 se referem ao grau de aceitação da experimentação e a pergunta 4 se refere ao grau de aceitação da exercitação.

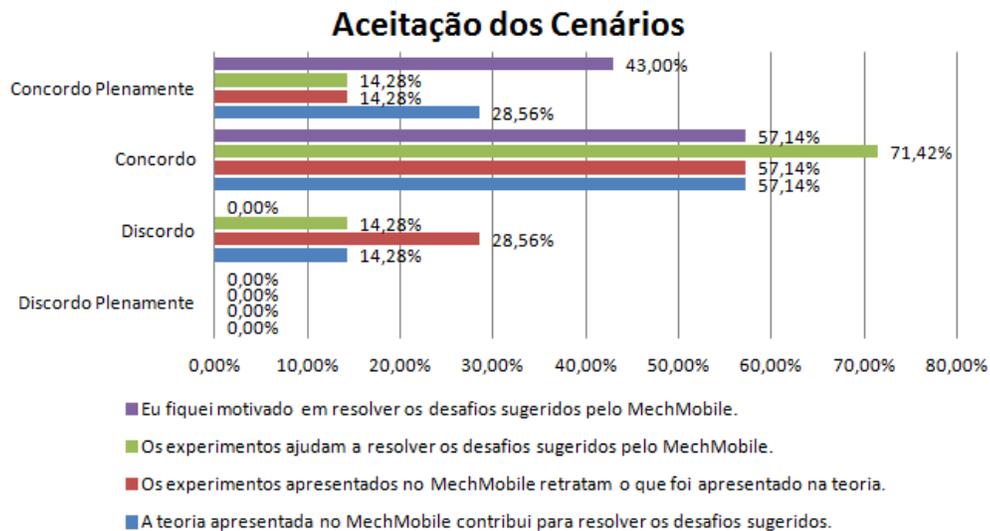


Figura 6-2 - Aceitação dos Cenários do MobileMech

Os participantes não concordaram plenamente que a ordem de execução das tarefas, da forma como foi apresentada pelo MobileMech, influencie na aprendizagem do aluno. Alguns consideraram desnecessário que seja feito experimentos para realização dos exercícios e disseram que a aprendizagem poderia ser abreviada. Outros, entretanto, relataram o contrário, para estes os experimentos são fundamentais para realização dos exercícios e complementam significativamente para aprendizagem.

Houve também algumas sugestões adicionais. Um dos participantes disse que vetores poderiam ter sido mais bem utilizados para representarem um movimento. Para este participante, algumas vezes não ficou muito claro direção e sentido de uma força aplicada sobre um objeto. Outros consideraram o tempo para realização de alguns exercícios curto. Outros disseram que as fórmulas poderiam estar mais bem posicionadas na tela durante a apresentação da teoria. Um dos participantes disse que a apresentação dos conceitos poderia ser mais formal. Houve uma série de outras sugestões, porém não se achou relevante apresentar todas nesse trabalho.

Todos os participantes disseram que indicariam o MobileMech para algum amigo. Também disseram que o utilizariam como ferramenta de apoio em sala de aula. Houve unanimidade a respeito da possibilidade do MobileMech contribuir para o ensino de Física. A figura 6-3 descreve o grau de aceitação dos participantes do teste do MobileMech como ferramenta para a aprendizagem de Física.

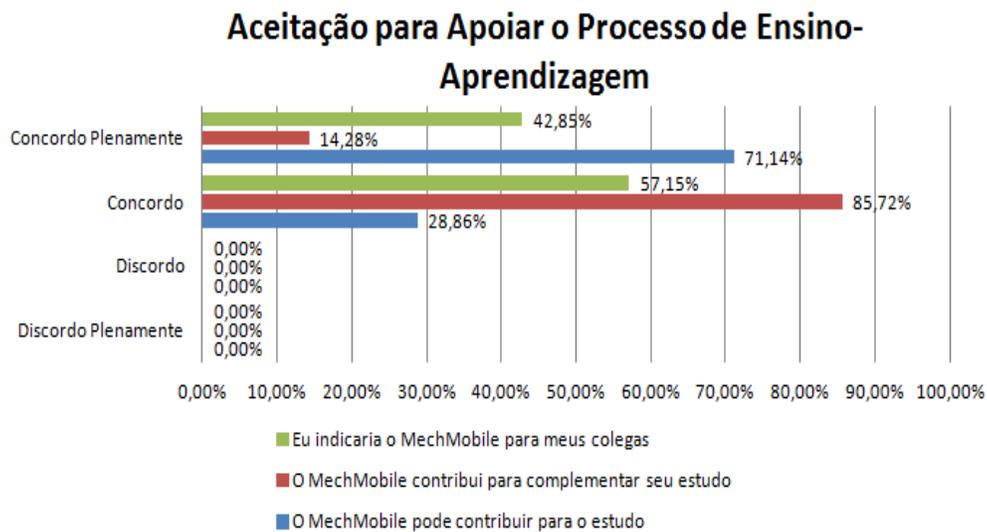


Figura 6-3 - Aceitação do MobileMech como Ferramenta para Apoiar o Processo de Ensino-Aprendizagem em Física

Pôde ser concluído que houve uma boa aceitação do software. Durante a realização dos testes os participantes se sentiram motivados a fazerem uso do MobileMech. Com exceção de algumas discordâncias, a avaliação de cada participante não foi distante, no mínimo, do que se considerou como satisfatório.

6.4 Considerações Finais

Pode ser concluído que o software MobileMech obteve uma boa aceitação por parte dos integrantes da avaliação do software. Os participantes levantaram alguns pontos a serem revisados com atenção, para que o MobileMech possa obter uma aceitação melhor. Mas na média, o software foi bem avaliado. Tendo

em vista, que os alunos que realizaram o teste, possivelmente, fariam uso do MobileMech em sala de aula e recomendariam para seus colegas.

Durante a avaliação ficou claro que o aplicativo conseguiu criar um ambiente lúdico para o ensino de Física. Os avaliadores se sentiram bem à vontade para fazer uso do software e relataram a atividade como prazerosa. Os participantes acharam que realizar a integração do MobileMech não é uma tarefa complexa e que esse aplicativo pode ser utilizado para complementar o aprendizado de Física em sala de aula.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Conclusões

A utilização de um software educacional para dispositivos móveis em sala de aula pode contribuir para o processo de ensino-aprendizagem, pois os alunos podem ficar motivados com essa "novidade". O grau de interatividade proporcionado por esses dispositivos faz com que os alunos se concentrem e executem as tarefas propostas tendo em vista que o interesse pela aprendizagem dos conceitos abordados cresce e o usuário sente-se estimulado a aplicá-los e adquirir maturidade sobre a teoria aprendida. Durante o desenvolvimento do MobileMech, pôde-se perceber dificuldade em transmitir conhecimento de forma objetiva e clara. Além disso, com o MobileMech, não há pretensão de ensinar sem o auxílio de um tutor, pois podem existir questionamentos dos alunos não possíveis de serem sanados, não porque não são abordados, mas pela perspectiva única que cada aluno pode apresentar sobre um determinado assunto. Assim, o tutor tem sua importância no processo de ensino-aprendizagem por ter habilidade para tratar esses assuntos em pontos de vistas diferentes.

A elaboração de cenários interativos foi complexa e criatividade para criar cenários que respondam a diversos parâmetros foi necessária. Além de serem atrativos, os cenários precisavam estar conectados aos tópicos abordados de tal forma que o conceito físico apresentado seja encontrado pelo usuário implicitamente. Dessa forma, o usuário faria observações com maior fluência sem necessidades de explicação prévia do que se trata cada tela, facilitando a aprendizagem do aluno. Essa tarefa demandou revisões dos cenários até chegar em um consenso sobre a eficácia dos cenários. Pode-se concluir que tal esforço contribuiu para tornar o MobileMech mais atrativo e o processo de aprendizagem fluir com poucas interrupções para fazer explicações ao usuário.

A respeito do desenvolvimento, foi observado que caso o MobileMech fosse desenvolvido utilizando um *framework* próprio para animações ou mini-

jogos, o desenvolvimento teria sido mais eficiente. A API utilizada não oferece recursos específicos para esse desenvolvimento. Assim, muitos elementos que compõem os cenários tiveram que ser construídos do zero o que demandou um tempo considerável. O emulador utilizado não é adequado para verificação do que foi desenvolvido durante o processo de desenvolvimento. Alguns aspectos eram observáveis depois de algum tempo de utilização dos cenários. Com isso, alguns erros foram difíceis de serem percebidos.

Durante a realização da avaliação, os alunos (participantes) que testaram o MobileMech ficaram motivados em utilizá-lo. Eles acharam o MobileMech útil no processo de ensino-aprendizagem e aplicável em sala de aula, concordaram que a organização do texto, do experimento e dos exercícios facilitam o processo e, por se tratar de um aplicativo móvel, informaram que o MobileMech é atrativo aos usuários. Desse modo, o usuário não é obrigado a demandar tempo sobre tarefas que poderiam ser enfadonhas, pois o usuário de um aplicativo para dispositivos móveis possui padrão de avaliação da qualidade de um software para dispositivos móveis. Os participantes acharam que o MobileMech se enquadra nesse formato tornando o seu uso próximo do que se encontra no mercado.

Diante disso, pode-se concluir que o MobileMech é um software direcionado para potencializar o processo de ensino-aprendizagem dos assuntos abordados em Física. O MobileMech foi desenvolvido para proporcionar uma aprendizagem agradável e ressalta-se a necessidade de complementar esse aprendizagem com a presença de um tutor para responder indagações de alunos. Com o MobileMech, pode-se proporcionar e incentivar o amadurecimento dos conceitos após a aprendizagem. Dessa forma, espera-se que o aluno possa encontrar respostas aos seus anseios em relação aos tópicos abordados.

7.2 Contribuições

Esse trabalho pode contribuir para o ensino de Física a alunos do ensino Médio por oferecer ferramentas auxiliaadoras para o processo de ensino-aprendizagem. Além disso, procura-se criar um ambiente lúdico tornando a aprendizagem mais prazerosa. A interação constante com um dispositivo móvel e a familiaridade apresentada pelos usuários alvos com esse tipo de dispositivo contribuem para que o aluno tenha foco durante a aprendizagem. Os alunos podem se sentir motivados a fazer uso contínuo do MobileMech, contribuindo para aprendizagem continuada. Dessa forma, o usuário é influenciado a fazer sucessivas revisões sobre o que foi aprendido, reconstruindo o seu conhecimento.

Os experimentos permitem ao usuário observar situações ideais com maior facilidade além de poderem experimentar virtualmente situações que não seriam acessíveis na prática. Os desafios proporcionados fazem com que o usuário sinta-se motivado a resolver exercícios e a pensar em como aplicar a teoria. Com o MobileMech, há contribuição para uma forma diferente de aprendizagem em um contexto que o usuário alvo pode ter mais motivação a estudar. Durante os testes, ficou claro a possibilidade de contribuição para uma aprendizagem mais prazerosa e a princípio um pouco distante do método tradicional de ensino que pode se tornar maçante para o usuário alvo sobre certas circunstâncias.

7.3 Limitações

Esse trabalho possui algumas limitações. Dentre elas, a principal é atentar a necessidade de disponibilizar mais cenários interativos para disponibilizar ao usuário uma quantidade maior de interatividade o que implicaria em uma aceitação melhor do MobileMech. Também há limitações a respeito do escopo coberto da disciplina de Mecânica. Poderia ter sido coberto outros conteúdos de Mecânica fornecendo material mais completo. Entretanto, esse trabalho procurou focar nos tópicos mais importantes para compreensão da Mecânica.

Existem limitações de interface que pudesse abranger parte dos recursos disponíveis para um dispositivo móvel. O MobileMech poderia fazer uso mais amplo dos recursos gestuais na tela disponíveis nesses dispositivos. Acredita-se que isso pode contribuir para interatividade mais intensa. Dessa forma, o usuário estaria interagindo de maneira mais natural com o software. Além disso, há limitações na qualidade gráfica. O MobileMech poderia apresentar imagens de objetos de animações com mais detalhes em seus desenhos, com cores melhores relacionadas. Essa limitação se deve ao fato de haver necessidade de criar imagens customizadas para esses objetos.

7.4 Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros, sugere-se:

- desenvolver módulos para abranger outros tópicos de Mecânica;
- desenvolver módulos para outras assuntos de Física. Assim, pode ser feito um material completo para ensino de Física no ensino médio. Como o retorno foi positivo e houve interesse dos alunos da Física que testaram o MobileMech, acredita-se que o desenvolvimento de material nesse contexto contribui para o ensino da Física;
- revisar o MobileMech por realizar pesquisas e estudos de *frameworks* para auxiliar o desenvolvimento de animações e mini-jogos mais atraentes;
- inserir efeitos sonoros para melhorar a experiência durante a realização das tarefas propostas no MobileMech;
- incluir mais cenários interativos relativos ao conceitos abordados;
- oferecer sistema de autenticação. Dessa forma, diversos usuários poderiam utilizá-lo, mas cada um com seu próprio contexto;
- desenvolver um sistema de *ranking* de pontuação para os desafios. Assim, um usuário poderia comparar o seu desempenho com outros colegas;
- desenvolver um módulo para conectar-se a Web, disponibilizando recursos adicionais durante o processo de aprendizagem. Por exemplo, quando o

usuário estudar a segunda Lei de Newton, pode surgir a necessidade de consultar outra(s) fonte(s), o MobileMech disponibilizaria essas fontes utilizando recursos armazenados na Web;

- desenvolver desafios para multijogadores *on-line*. Assim, o usuário iria ser estimulado a competir com colegas em minijogos que abordassem assuntos de Mecânica.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, Dron, Three Generations of Distance Education Pedagogy. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, v. 12, p. 80-97, 2011.

ANDERSON, J.; BARNETT, M. Using Video Games to Support Pre-Service Elementary Teachers Learning of Basic Physics Principles. *Journal of Science Education and Technology*, v. 20, p. 347-362, 2011.

ANDERSON, L.W.; KRATHWOHL, D. *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman, 2001, 352 p.

ARAUJO, E. M. de. Design Instrucional de uma disciplina de pós-graduação em Engenharia de Produção: uma proposta baseada em estratégias de aprendizagem colaborativa em ambiente virtual. 2009. 217 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

ARCAVI, A. Symbol sense: informal sense-making in formal mathematics. *Learning of Mathematics*, v. 14, p. 24–35, 1994.

BATISTA, I. L. O Ensino de Teorias Físicas Mediante uma Estrutura-Filosófica. *Ciência e Educação*, v. 10, n. 3, p. 461-176, 2004.

BELL, F. Connectivism: Its Place in Theory-Informed Research and Innovation in Technology-Enabled Learning. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, v. 12, p. 98-118, 2011.

BJORK, A. Tutorial learning for the new century. *Journal of Science Education and Technology*, v. 10, p. 57-71, 2001.

BLOOM, B. S. *Taxonomy of Educational Objectives: Cognitive Domain*. Addison Wesley Publishing Company, 1984, 207p.

BONK, C. J.; GRAHAM, C. R. *Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs*. Pfeiffer Publishing, 2006. 585p.

BROM, C.; SISLER, V.; SLAVÍK, R. Implementing Digital Game-Based learning in Schools: Augmented Learning Environment of 'Europe 2045'. *Multimedia System*, v. 16, p. 23-41, 2009.

BROWN, J. S.; COLLINS, A.; DUGUID, P. A. An Architecture for Mobile Learning Objects. *IEEE Multidisciplinary Engineering Education Magazine*, v. 18, p. 32-42, 1989.

CAMEROM, T.; BENNETT, S. Learning Objects in Practice: The Integration of Reusable Learning Objects in Primary Education. *British Journal of Educational Technology*, v. 41, n. 2, p. 897-908, 2010.

CARR, D. Game On: The Culture and History of Videogames. *Visual Communication*, v. 2, p. 163-168, 2003.

CHAVES, A.; SAMPAIO, J. F. Física Básica: Mecânica. LTC, 2011. 308 p.

DELPRATO, D. J.; MIDGLEY, B. D. Some fundamentals of B. F. Skinner's behaviorism. *American Psychologist*, v. 47, p. 1507-1520, 1992.

EBSCOhost education databases. EBSCO Publishing 2011.

ERTMER, P. A.; OTTENBREIT-LEFTWICH, A. T.; SADIK, O.; SENDURUR, E.; SENDURUR, P. Teachers Beliefs and Technology Integration Practices: A Critical Relationship. *Computers and Education*, v. 59, p. 423-435, 2012.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão e Produção*, v. 17, p. 421-431, 2010.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. Feynman Lectures on Physics: Volume 1. Addison-Wesley Publishing Company, 1964. 515 p.

FILHO, A. G.; TOSCANO, C. Física: volume único. Scipione, 2009. 452 p.

GEDIK, N.; HANCI-KAKEMIRCI, A.; KURSUN, E.; CAGILTAY, K. Key Instructional Design Issues in a Cellular Phone-Based Mobile Learning Project. *Computers and Education*, v. 58, p. 1149-1159, 2012.

GELMAN R.; GALLISTEL C.R. The Child's Understanding of Number. Harvard University Press, 1978. 276p.

GREDLER, M. E. Understanding Vygotsky for the Classroom: Is It Too Late? *Educational Psychology Review*, v. 24, 2012.

HALLIDAY, O.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. Física 1. Rio De Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996. 722p.

HECK, A. Bringing Reality into the Classroom. *Teaching Mathematics Applications*, v. 28, p. 164-179, 2009.

HOFER, M. K. *The Games We Played: The golden and Table Games*. Princenton Architectural Press 2003. 159 p.

HORTON, W. K. *E-Learning by Design*. Pfeiffer, 2006. 596 p.

HU, P. J.; CLARK, T. H. K.; MA, W. W. Examining Technology Acceptance by School Teachers: A Longitudinal Study. *Information and Management*, v. 41, p. 227-241, 2003.

INSKEEP, J. J. E. Building a case for the application of Piaget's theory and research in the classroom. *The Arithmetic Teacher*, v. 19, p. 255-260, 1972.

IVIE, S. D. Ausubel's Learning: An Approach To Teaching Higher Order Thinking Skills. *High School Journal*, v. 82, p. 35-42, 1998.

JUNG, C. F. *Metodologia Aplicada a Projetos de Pesquisa: Sistemas de Informação & Ciência da Computação*. Taquara, 2009. Disponível em: <<http://www.jung.pro.br/moodle/mod/resource/view.php?id=102>>

JUNIOR, F. Ramalho.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. *Os Fundamentos da Física: Mecânica*. Moderna, 1993. 480p.

KENT, M. Computer Training Course for Primary School Teachers Fails to Meet Requirements. *Times Educational Supplement.*, v. 4554. p. 255-267, 2003.

KINSHUK, S.; JARKKO, S.; ERKKI, G. T. Mobile Technologies in Support of Distance Learning. *Asian Journal of Distance Education*, v. 1, p. 60-68, 2003.

KOZULIN, A.; GINDIS, B.; AGEYEV, V. S.; MILLER, S. M. *Vygotsky's Educational Theory in Cultural Context*. Cambridge University Press, 2003. 479 p.

KRATHWOHL, D. R. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, v. 41, p. 212-218, 2002.

KTORIDOU, D.; ETEOKLEOUS, N. Adaptive m-Learning: Technological and Pedagogical Aspects to be Considered in Cyprus Tertiary Education. *Recent Research Developments in Learning Technologies*, p. 1-8, 2005.

KUIPER, E.; VOLMAN, M. The Web as a Source of Information for Pre-Service Teachers in K-12 Education. *Handbook of Research on New Literacies*, p. 241-266, 2008.

LAZZAROTTO, L. L.; BRAGA, J. L.; OLIVEIRA, A. P.; PASSOS, F. J. V. A Educação em Ambientes Virtuais: Proposição de Recursos Computacionais para Aumentar a Eficiência do Processo Ensino-Aprendizado. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 19, n. 2, p. 42-55, 2011.

LEMOS, N. A. *Mecânica Analítica*. Livraria da Física, 2007. 386 p.

LINDSTRÖM, P.; GULZ, A.; HAAKET, M.; SJÖDEN, B. Match and Mismatching Between the Pedagogical Design Principles of a Math Game and the Actual Practices of Play. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 27, p. 90-102, 2011.

LIU, Y.; HAN, S.; LI, H. Understanding the Factors Driving m-Learning Adoption: A Literature Review. *Campus Wide Information Systems*, v. 27, p. 210-226, 2010a.

LIU, Y.; LI, H.; CARLSSON, C. Factors Driving the Adoption of m-Learning: An Empirical Study. *Computers and Education*, v. 55, p. 1211-1219, 2010b.

MARROU, H. I. *A History of Education in Antiquity*. University of Wisconsin Press, 1956. 466p.

MARSHALL, J. A.; YOUNG, E. S. Preservice Teachers' Theory Development in Physical and Simulated Environments. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 43, p. 907-937, 2006.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel*. Moraes, 1982. 118 p.

MORENO, P. M.; MÁRQUEZ, C. Y. The New Informatics Technologies in Education Debate. *Communications in Computer and Information Science*, v. 19, p. 291-296, 2008.

NUSSENZVEIG, H. MOYSÉS. *Curso de Física Básica: Volume 1*. E. Blücher, 1996. 574p.

OLIVEIRA, C. B. P.; SAMPAIO, F. F.; ELIA, M. F. Utilização da Ferramenta de Modelagem Dinâmica JLinkIt no Processo de Ensino-Aprendizado de Física no Ensino Médio. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 18, n. 2, p. 54-66, 2010.

OLIVEIRA, K. A.; AMARAL M. A.; DOMINGOS, G. R. A Avaliação do Uso de Objetos de Aprendizagem na Educação de Jovens e Adultos. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 19, n. 3, p. 53-65, 2011.

OZDAMLI, F. Pedagogical Framework of m-Learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v.21, p. 927-931, 2012.

PARLETT, D. A History of card games. Oxford University Press, 1991. 361 p.

PECK, B.; DEANS, C.; STOCKHAUSEN, L. The Tin-Man and the Tam: A Journey into m-Learning in the Land of Aus. *World Journal on Educational Technology*, v. 2, p. 16-26, 2010.

PERRY, G. T.; SCHNAID, F. A Case Study on the Design of learning Interfaces. *Computers and Education*, v. 59, p.722-731, 2012.

PYNOO, B.; DEVOLDER, P.; TONDEUR, J.; BRAAK, J. van; DUYCK, W.; DUYCK, Philippe. Predicting Secondary School Teachers' Acceptance and Use of a Digital Learning Environment: A Cross-Sectional Study. *Computers in Human Behavior*, v. 27, p. 568-575, 2011.

RACE, P. A Briefing on Self, Peer and Group Assessment. LTSN GenericCentre, n. 9, 2001. 28p.

RACHID, C. L.; ISHITANI, L. M-Tutorial: Ferramenta de Autoria para Desenvolvimento de Tutoriais Voltado para o m-Learning. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 20, p. 17-31, 2012.

RAVENSROFT, A. Dialogue and Connectivism: A New Approach to Understanding and Promoting Dialogue-Rich Networked Learning. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, v. 12, p. 139-160, 2011.

ROBERTS, J. M.; ARTH, M. J.; BUSH, R. R. Games in Culture. *American Anthropologist*, v. 61, p. 597-605, 1959

ROSS, J. A; BRUCE, C. D; SIBBALD, T. M. Sequencing Computer-Assisted Learning of Transformation of Trigonometric Functions. *Teaching Mathematics Applications*, v. 30, p. 120-137, 2011.

RUBENS, W.; EMANS, B.; LEINONEN, T.; SKARMETA, A. G.; SIMONS; R. J. Design of Web-Based Collaborative Learning Environments. Translating the Pedagogical Learning Principles to Human Computer Interface. *Computers and Education*, v. 45, p. 276-294, 2005.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. The Game Design Reader: A Rules of Play Anthology. MIT Press, 2006. 923 p.

SCHRIEWER, J.; NÓVOA, A. History of Education. *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, v. 6, p. 4217-4223, 2001.

- SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. Física para Ciências e Ingenierías: Volume 1. Thomson, 2005. 796p.
- SIEMENS, G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, v. 2, 2005.
- SILVA, F. G; ROMANI, R.; BARANAUSKAS, M. C. C. SOO Brasileiro: Aprendizagem e Diversão no XO. Revista Brasileira de Informática na educação, v. 16. p. 29-41, 2008.
- SIMPSON, E. J. The Classification of Educational Objectives in the Psychomotor Domain: volume 3. Gryphon House, 1972.
- SMITH, M. S. Opening Education. Science Education and Technology, v. 323, p.89-103, 2009.
- TATNALL, A.; LEONARD, R. Purpose-Built Educational Computers in the 1980s: The Australian Experience. IFIP Advances in Information and Communication Technology, v. 325, p. 101-111, 2010.
- TAVARES, R. Aprendizagem Significativa, Codificação Dual e Objetos de Aprendizagem. Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 18, n. 2, p. 5-16, 2010.
- TAVINOR, G. Definition of Videogames. Contemporary Aesthetics, v. 6, 2008.
- TIPLER, P. A. Física: Volume 1. Guanabara Koogan, 1996. 484p.
- TURVEY, K. Pedagogical-Research Designs to Capture the Symbiotic Nature of Professional Knowledge and Learning About e-Learning in Initial Teacher Education in the UK. Computer and Education, v. 54, p. 783-790, 2010.
- UZUNBOYLU, H.; CAVUS, N.; ERCAG, E. Using Mobile Learning to Increase Environmental Awareness. Computers and Education, v. 52, p. 381-389, 2009.
- VANGSNES, V.; OKLAND, N. T. G.; KRUMSVIK, R. Computer Games in Pre-School Settings: Didactical Challenges when Commercial Educational Computer Games are Implemented in Kindergartens. Computers and Education, v. 58, p. 1138-1148, 2012.
- von GLASERSFELD, E. An Interpretation of Piaget's Constructivism. Revue Internationale de Philosophie, v. 36, p. 612-635, 1982.

ZACHARIA, Z. C; OLYMPIOU, G. Physical Versus Virtual Manipulative Experimentation in Physics Learning. *Learning and Instruction*, v. 21, p. 317-331, 2011.

ANEXO A – OUTROS CENÁRIOS DO MobileMech



Figura A-1 - Cenário 16



Figura A-2 - Cenário 17



Figura A-3 – Cenário 18

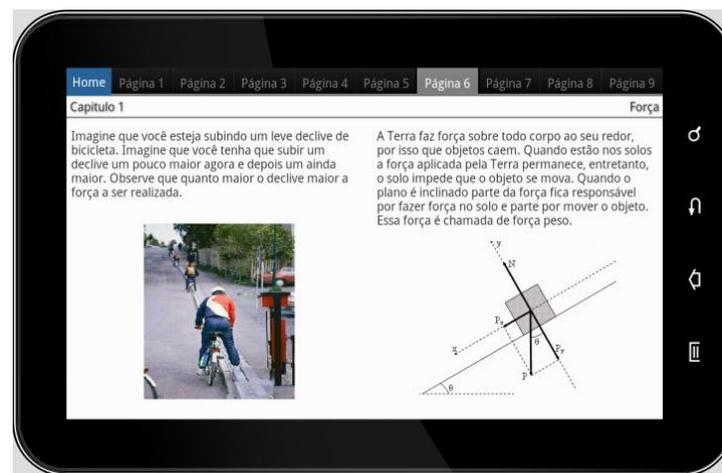


Figura A-4 – Cenário 19



Figura A-5 – Cenário 20

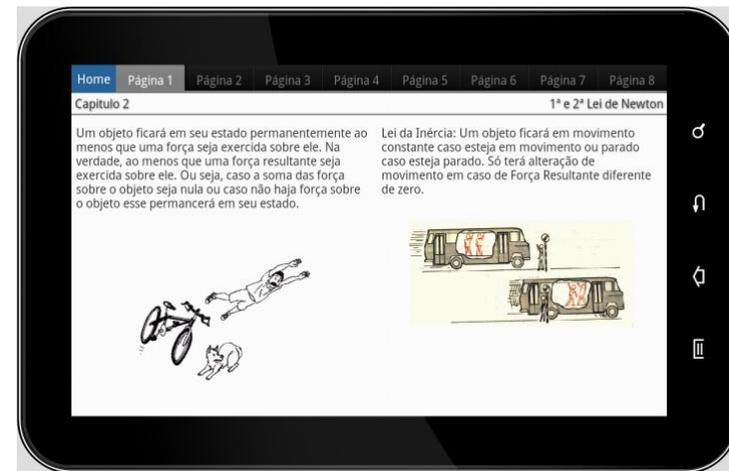


Figura A-6 – Cenário 21



Figura A-7 – Cenário 22



Figura A-8 – Cenário 23



Figura A-9 – Cenário 24



Figura A-10 – Cenário 25



Figura A-11 – Cenário 26

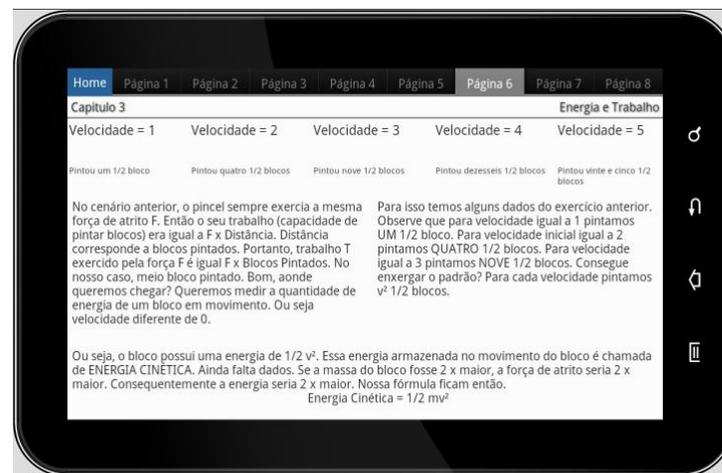


Figura A-12 – Cenário 27

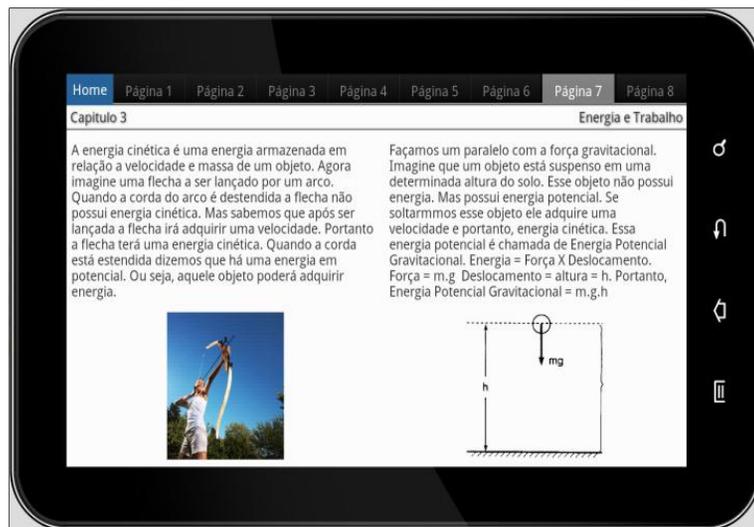


Figura A-13 – Cenário 28