

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

PEDRO ALVES FONTES NETO

**O USO DE GAMES EDUCACIONAIS COMO ESTRATÉGIA DE
AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DA DINÂMICA**

São Luís

2019

PEDRO ALVES FONTES NETO

Área de Concentração: Física na Educação Básica

**O USO DE GAMES EDUCACIONAIS COMO ESTRATÉGIA DE
AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DA DINÂMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física pelo UFMA, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Processos de ensino e aprendizagem e tecnologias de informação e comunicação no Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho

São Luís

2019

PEDRO ALVES FONTES NETO

**O USO DE GAMES EDUCACIONAIS COMO ESTRATÉGIA DE
AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DA DINÂMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física pelo UFMA, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 22 / 02 / 2019

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho (Orientador)

Doutor em Física

Universidade Federal do Maranhão

Prof.^ª. Dra. Karla Cristina Silva Sousa

Doutora em Educação

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Gilvandenys Leite Sales

Doutor em Engenharia de Teleinformática

Instituto Federal do Ceará

“Você sabe que não pode se divertir em um jogo a menos que conheça suas regras, seja ele um jogo de bola, um jogo de computador ou simplesmente um passatempo. Da mesma forma, você não pode apreciar plenamente o que o cerca até que tenha compreendido as leis da natureza. A física é o estudo dessas leis, que lhe mostrará como tudo na natureza está maravilhosamente conectado. Assim, a principal razão para estudá-la é aperfeiçoar a maneira como você enxerga o mundo”.

Paul G. Hewitt

A minha mãe, Maria Dalva, por sua luta diária durante toda minha vida estudantil.

A minha esposa, Thamires, que muito me ajudou nos momentos difíceis durante este mestrado.

As minhas filhas, Nicolle e Sophia, que nos momentos de tristeza e incertezas me trouxeram alegria com suas palavras inocentes e puras, que mesmo sem querer, confortavam meu coração e me mostravam que a simplicidade da vida é a beleza de se viver.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e uma mente aberta para realizar este trabalho.

A minha esposa, Thamires, por seu amor e seu apoio nos momentos de dificuldades.

As minhas filhas, Nicolle e Sophia, pelas alegrias nessa jornada.

A minha mãe, Maria Dalva, por ter me incentivado em meus estudos.

Ao professor e orientador, Edson Firmino, pela paciência e por acreditar em mim.

A professora Helliannane e ao professor Dallyson, por suas contribuições na minha qualificação.

A todos os discentes da turma de 2018, do turno matutino, da turma da 1ª Série do Curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal do Maranhão – Campus Bacabal. Sem suas contribuições meu trabalho não teria sido possível.

Aos professores: Eduardo Diniz, Eder Nascimento, Jerias Batista, Karl Max, Karla Sousa e Antonio Pinto por me proporcionar uma nova aprendizagem durante as aulas.

Ao secretário do Profis, Claudson, pelo apoio que me deu.

Agradeço ao design de jogos Gabriel, que foi uma pessoa essencial em meu trabalho.

Aos meus amigos e companheiros de equipe, Ajax e Antônio, que muito me ajudaram por toda essa caminhada.

Aos meus colegas de curso da turma do Profis – 2017.1: Alvino, Ferreira, Filho, Djamilton, Gabriel, Gyulianna, Moisés, Michael e Raimundo pelos momentos de descontração.

Ao professor François, pelas vezes que me cedeu o laboratório de informática para aplicação do produto aos alunos.

Ao professor Maron, diretor do IFMA – Campus Bacabal, por me conceder um horário especial para que eu pudesse me dedicar a esse mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos aqueles que não menciono, mas que de alguma forma, me ajudaram a realizar este trabalho.

À todos, meu muito obrigado!

RESUMO

Um problema causado pelas tecnologias atuais que reporta sobre entretenimento, mídias eletrônicas, redes sociais e jogos para smartphones, é que muitas delas desviam a atenção e o foco dos conteúdos ministrados em sala de aula, conseqüentemente, prejudicam o aprendizado dos alunos na escola e em suas residências. Neste contexto, pesquisadores buscam soluções para esse problema através da introdução de mídias eletrônicas e jogos educacionais nas escolas. Os jogos educacionais, por exemplo, se apresentam como uma eficiente ferramenta didática no ensino das disciplinas porque conseguem atrair a atenção dos alunos e os motiva a entender os conteúdos trabalhados pelo professor. Dentro da proposta de se utilizar jogos como ferramenta motivadora da aprendizagem, este trabalho, intitulado “O uso de games educacionais como estratégia de avaliação da aprendizagem no ensino da Dinâmica”, versa sobre um game educacional, desenvolvido a partir da plataforma RPG Maker MV, que auxilia no processo de avaliação da aprendizagem dos conteúdos da Dinâmica. A escolha por este motor de jogos deve-se ao fato do desenvolvedor poder criar personagens fixos com quem o herói possa ter um diálogo. A possibilidade desse diálogo ocorrer entre os personagens, abre precedente para que aconteça um jogo de perguntas com opções de respostas sobre os conteúdos de Física. Assim, os eventos e comandos da RPG Maker MV foram utilizados e adaptados à compreensão dos adolescentes em ambientes de game a fim de alcançar o objetivo central desse trabalho, que é de formar um ambiente em que os fenômenos físicos são discutidos e perguntas com opções de resposta são disponibilizadas com o intuito de avaliar o ensino e a aprendizagem dos conteúdos de Dinâmica repassados ao educando. Em uma pesquisa qualitativa e quantitativa em que utilizou-se dois questionário, entrevistas, observações e os diários de turma para obtenção de dados, foi realizado um estudo de caso com a aplicação de um game desenvolvido denominado “Zeeman”. No escopo deste trabalho, encontram-se um resumo dos conteúdos da Dinâmica, uma reflexão sobre as inteligências múltiplas e a aprendizagem de Física, uma perspectiva sobre a avaliação da aprendizagem que deu suporte teórico pedagógico para o desenvolvimento e aplicação do produto educacional, uma análise da literatura sobre jogos educacionais, o desenvolvimento e uso do game Zeeman em substituição da avaliação somativa convencional. Como resultados, apresenta-se os dados obtidos de um teste de inteligências múltiplas aplicado no primeiro dia do semestre letivo, que aponta os alunos que tiveram dificuldades em entender os conteúdos de física por não terem ainda desenvolvido a inteligência lógica-matemática, que é essencial para a compreensão da disciplina Física; a discussão dos gráficos e tabelas com a comparação entre as notas e médias dos educandos adquiridos com a aplicação da avaliação convencional e com avaliação das fases do game Zeeman; a discussão dos resultados da aplicação de um questionário com o uso do Google Docs que aborda a jogabilidade do game, a organização dos conteúdos em relação à dinâmica do jogo e sua eficácia como ferramenta de avaliação da aprendizagem em substituição da avaliação convencional, respondido voluntariamente pelos alunos participantes da pesquisa; por fim, conclui-se o trabalho com as considerações finais e perspectivas de trabalhos futuros.

Palavras-chave: Game Educacional. Avaliação da Aprendizagem. Ensino de Física. Dinâmica.

ABSTRACT

A problem caused by the current technologies that report on entertainment, electronic media, social networks and games for smartphones, is that many of them divert attention and focus from classroom content, consequently, hinder students' learning in school and in their homes. In this context, researchers seek solutions to this problem through the introduction of electronic media and educational games in schools. Educational games, for example, present themselves as an efficient didactic tool in teaching subjects because they can attract students' attention and motivate them to understand the contents worked by the teacher. Within the proposal to use games as a motivating learning tool, this work, entitled "The use of educational games as a strategy to evaluate learning in the teaching of dynamics", is about an educational game, developed from the platform RPG Maker MV that assists in the process of evaluation of the learning of the contents of the Dynamics. The choice for this game engine is because the developer can create fixed characters with whom the hero can have a dialogue. The possibility of this dialogue occurring between the characters sets the precedent for a game of questions with options of answers on the contents of Physics. Thus, RPG Maker MV events and commands were used and adapted to adolescents' understanding in game environments in order to achieve the central objective of this work, which is to form an environment in which the physical phenomena are discussed and questions with answer options are made available with the purpose of evaluating the teaching and learning of the contents of Dynamics passed on to the student. In a qualitative and quantitative research in which two questionnaires, interviews, observations and the class diaries were used to obtain data, a case study was carried out with the application of a developed game called "Zeeman". In the scope of this work, there is a summary of the contents of Dynamics, a reflection on multiple intelligences and learning physics, a perspective on the evaluation of learning that gave theoretical pedagogical support for the development and application of the educational product, an analysis of the literature on educational games, the development and use of the Zeeman game instead of conventional summative evaluation. As results, the result of a test of multiple intelligences applied on the first day of the semester, which points out the students who have had difficulties in understanding the contents of physics because they have not yet developed the logical-mathematical intelligence, which is essential for the understanding of the physical discipline; the discussion of the graphs and tables with the comparison between the grades and means of the learners acquired with the application of the conventional evaluation and with evaluation of the phases of the Zeeman game; the discussion of the results of the application of a questionnaire with the use of Google Docs that addresses the game's gameplay, the organization of the contents in relation to the dynamics of the game and its effectiveness as a tool for evaluating learning in place of conventional evaluation, voluntarily answered by students participating in the research; Finally, we conclude the work with the final considerations and perspectives of future works.

Keywords: Educational Game. Learning Evaluation. Physics Teaching. Dynamics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Detalhe da força atômica que a mesa exerce sobre o livro	24
Figura 2 - Esquema da velocidade constante no movimento de um skatista.....	25
Figura 3 - Colisão entre duas partículas com suas forças internas e externas	26
Figura 4 - Caixas de massas diferentes sendo empurradas por uma mão em uma superfície sem atrito.....	28
Figura 5 - Diagrama dos corpos livres com as representações das forças de interações do sistema	29
Figura 6 - Colisão inelástica entre dois carros com velocidades diferentes	31
Figura 7 - Sistema com três partícula interagindo entre si sob a ação de forças externas	32
Figura 8 - Ilustração das ligações atômicas em uma colisão entre dois objetos	35
Figura 9 - Ilustração da colisão de uma bola com uma parede.....	35
Figura 10 - Teorema do impulso-momento e sua interpretação gráfica	37
Figura 11 - Trajetória de uma partícula sob ação de uma força resultante	41
Figura 12 - Demonstração gráfica da conservação da energia mecânica	44
Figura 13 - Estrutura da Teoria das Inteligências Múltiplas e suas ramificações	48
Figura 14 - Interface inicial da RPG Maker MV	69
Figura 15 - Mapa mundo do Planeta Zeeman desenvolvido para o game com as cidades que correspondem as fases do game.....	70
Figura 16 - Cidade do Planeta Zeeman onde ocorre discussões de fenômenos físicos	71
Figura 17 - Personalização do herói de um jogo na RPG Maker MV	72
Figura 18 - Personalização do herói ou heroína e de seus Sprites com todos os devidos movimentos.....	72
Figura 19 - Finalização do evento com o uso de switches	74
Figura 20 - Uso de variáveis para a contagem das porções de cura no game.....	75
Figura 21 - Teclas de comandos do game Zeeman.....	76
Figura 22 - Tela inicial do game Zeeman.....	77
Figura 23 - Procedimento antes do início do jogo	78

Figura 24 - Procedimento antes do início do jogo	78
Figura 25 - Procedimento para iniciar o Game Zeeman	79
Figura 26 - Chegada do herói Niels no planeta Zeeman	80
Figura 27 - Diálogo entre o herói e um habitante do planeta Zeeman	81
Figura 28 - Teletransporte do herói Niels direto para uma das avaliações	82
Figura 29 - Orientações do velho Sábio para Niels	83
Figura 30 - Encontro do herói com o primeiro Sábio Guardião de Energia	84
Figura 31 - Estratégia do uso da porção de cura para se manter invisível no jogo	85
Figura 32 - Pergunta de cálculo e a solução como código para abriu o baú.....	86
Figura 33 - Utilização do teclado virtual do game para resultados decimais	87
Figura 34 - Finalização da fase com o resultado da avaliação do aluno	88
Figura 35 - Chegada do herói na próxima cidade para descansar e compara armas	89
Figura 36 - Menu inicial do game com a opção de continuar a jogar	90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultado de um teste de desenvolvimento das Inteligências Múltiplas	50
Gráfico 2 - Comparação das notas dos alunos no primeiro bimestre	104
Gráfico 3 - Pergunta sobre a diversão de realizar avaliações com um game	105
Gráfico 4 - Comparação das notas dos alunos no segundo bimestre.....	106
Gráfico 5 - Comparação das avaliações bimestrais com uso game Zeeman	106
Gráfico 6 - Comparação entre as médias das avaliações convencionais e das fases-avaliação no game.....	107
Gráfico 7 - Comparação do game Zeeman com os utilizados cotidianamente pelos alunos..	109
Gráfico 8 - Uso dos comandos do game Zeeman	111
Gráfico 9 - Relação entre os conteúdos propostos no game Zeeman e o ensino em sala de aula	111
Gráfico 10 - O tempo de avaliação das fases do game Zeeman	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Alguns tipos de forças usadas em dinâmica	23
Tabela 2 - Recursos mínimos para o RPG Maker MV	73
Tabela 3 - Divisão dos conteúdos trabalhados por etapas no jogo	91
Tabela 4 - Desenvolvimento da IM Lógico-Matemática entre as sete Inteligências.....	94
Tabela 5 - Relação da IM Lógica-Matemática com as notas dos alunos no game Zeeman	97
Tabela 6 - Relação entre as notas das avaliações dos dois semestres de 2018	100

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	UM RESUMO DOS CONTEÚDOS DE DINÂMICA.....	19
2.1	Conceitos Básicos	19
2.2	As Leis de Newton.....	21
2.3	Momento Linear	30
2.4	Impulso	34
2.5	Energia Cinética e o Teorema do Trabalho	38
2.6	Energia Potencial e Conservação da Energia Mecânica	42
3	TEORIA DAS INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS	46
4	UMA PERSPECTIVA SOBRE A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM	53
4.1	O Game Educacional Desenvolvido como Estratégia de Avaliação.....	60
5	DESENVOLVIMENTO E JOGABILIDADE DO GAME ZEEMAN	68
5.1	Comandos do Game Zeeman.....	75
5.2	Iniciando o Game Zeeman	76
5.3	Avaliação da Aprendizagem com o uso do Game Zeeman.....	81
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO DA APLICAÇÃO DO GAME ZEEMAN.....	94
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS	117
	REFERÊNCIAS	120
	APÊNDICE A – Questionário sobre o Game Zeeman aplicado pelo <i>Google Docs</i>.....	129
	APÊNDICE B – Produto Educacional.....	132
	ANEXO A – Exemplo de teste de Inteligências Múltiplas no site do IDAAM.....	149

1 INTRODUÇÃO

A aprendizagem dos conteúdos da disciplina Física no Ensino Médio, particularmente, na 1ª Série do Ensino Médio, talvez pelo fato de muitos alunos não terem contato com seus conteúdos no final do Ensino Fundamental, é considerada uma das mais complexas e difíceis para os educandos. Neste sentido, tem-se realizado estudos sobre mecanismos de ensino e aprendizagem que facilitem sua compreensão. Dentre esses mecanismos, destacamos os seguintes métodos encontrados na literatura: jogos educacionais (SILVA, 2012), simulações computacionais (MACÊDO; DICKMAN; ANDRADE, 2012), laboratório virtual (FONSECA et al., 2013), a pesquisa como foco (WESENDONK; TERRAZZAN, 2016), recursos educativos digitais (QUINTAS; CARVALHO, 2016), teatro (OLIVEIRA; GOMES, 2016).

Atualmente, observa-se uma crescente utilização de tecnologias e suas ferramentas nas salas de aula como alternativa de facilitar a aprendizagem em detrimento às aulas tradicionais, que se baseiam em resoluções de intermináveis listas com exercícios, com o professor no centro das discussões e sendo ele o dono da verdade, que conseqüentemente, levam o aluno ao pensamento medíocre e mecanizado do conhecimento (TRENTIN; SILVA; ROSA, 2018). Na maioria dos métodos aplicados ao ensino há uma busca por metodologias que estimulem a interação na aprendizagem e uma preocupação de tornar o discente centro do pensamento educacional, na qual ele passa a ter liberdade e autonomia para indagação, complementação, contribuição, enveredando pela busca do conhecimento significativo e efetivo do saber aprender (KENSKI, 2011; PRETTO, 2011; BEDIN; BARWALDT, 2014; LIMA FILHO; WAECHTER, 2014; MORÁN, 2015; NASCIMENTO; SCHMIGUEL, 2017; SILVA; SERRA, 2018). Diante disso, a introdução de instrumentos facilitadores da aprendizagem em sala de aula contribui para uma aprendizagem significativa dos conteúdos ministrados pelo professor ao aluno (TRENTIN; SILVA; ROSA, 2018).

No ambiente de sala de aula é notório que a escola tem perdido a atenção dos alunos para os dispositivos móveis, pois estes possuem acesso as redes sociais e games, o que justifica a necessidade da escola em se adequar aos novos meios digitais para promover engajamento nas disciplinas (DAVID, 2003; FIRTH, 2013). Em geral, jogos possuem como característica intrínseca a capacidade de cativar a atenção do jogador e promover engajamento de maneira voluntária, dessa forma, os jogos conseguem gerar

uma motivação nos jogadores (KIMBALL et al, 2013; DURAN; LEWANDOWSKI; SCHWEITZER, 2017). Assim, o desenvolvimento de um game que sirva para avaliar a aprendizagem dos conteúdos de Física, mais precisamente da dinâmica, mostra-se como mais uma ferramenta facilitadora no processo avaliativo, visto que tem o potencial de criar motivação e participação ativa, tornando o aprendizado na área de Física mais atrativo e eficiente para os alunos que iniciam o Ensino Médio.

Nesse contexto, o objetivo central desse trabalho foi desenvolver um game educacional com o intuito de avaliar os conhecimentos da dinâmica adquiridos pelos educandos durante as aulas de física, a relevância deste produto para a avaliação pauta-se na ludicidade e aproximação existente entre o game desenvolvido e os games usados cotidianamente pelos adolescentes que fazem parte do corpo discente do Instituto Federal do Maranhão – Campus Bacabal (COSTA; MIRANDA; GONZAGA, 2018). Além disso, é uma forma de introduzir nas escolas mais um recurso didático tecnológico que sirva também para aguçar a curiosidade dos alunos sobre alguns fenômenos da física (BLANCHARD; FRASSON, 2006; BOMFOCO; AZEVEDO, 2006; LOPES; OLIVEIRA, 2013; CARITA, 2014; AMORIM et al., 2016; DE SENA et al., 2016). Visto que o game proposto possui diálogos entre personagens fixos do game e o herói, que personifica o aluno durante o jogo, e nesses diálogos são explicados, resumidamente, alguns fenômenos de Física Moderna, Mecânica Quântica e Física no Cotidiano.

Como a proposta consistiu numa alternativa para a avaliação da aprendizagem dos conteúdos da Dinâmica e que aproxime a disciplina Física da experiência cotidiana do aluno com games, evidenciou-se a contribuição deste projeto em uma abordagem na busca do aprender a aprender¹ como prática pedagógica do ensino e aprendizagem de forma autônoma, significativa e organizada tendo como centro o educando. Conforme afirma Demo:

Vale o mesmo na sala de aula. Mudar esta imagem retrógrada é indispensável. Primeiro é essencial desfazer a noção de “aluno” como sendo alguém subalterno, tendente a ignorante, que comparece para escutar, tomar nota, engolir ensinamentos, fazer provas e passar de ano. Segundo, como se pretende gerar uma comunidade cidadã, não uma seita, ou um exército fechado, ou um reformatório, é de todo necessário que a criança seja tratada como parceira de trabalho. Vem à escola para trabalhar junto, tendo no professor a orientação motivadora, nem mais, nem menos (DEMO, 2008, p. 15).

¹ Uma teoria para ajudar os estudantes a aprender e para ajudar os educadores a organizar o material da aprendizagem. As duas principais ferramentas educacionais são a construção dos *mapas conceituais*, uma forma de ajudar os estudantes e os educadores a ver os *significados* dos materiais de aprendizagem, e a construção dos *diagramas em “Vê”*, que constituem um meio de ajudar os estudantes e os educadores a penetrar na estrutura e no significado do conhecimento que procuram compreender. (NOVAK, 1984, p. 17).

A proposta se resume ao desenvolvimento de um game educativo que posiciona o educando no centro do processo de ensino e aprendizagem porque, para utilizar o jogo, o aluno tem que participar da aula e estudar os conteúdos ministrados, somente assim, alcançará conhecimento suficiente para conseguir passar pelos níveis de dificuldades dos problemas propostos no game dentro de um ambiente lúdico.

O diferencial desse game, em relação aos encontrados na literatura atual, é que o mesmo consiste em contextualizar os conceitos e leis da Física dentro de um ambiente virtual imersivo, em que o educando possa aplicar conhecimentos de mecânica, orientado ao objetivo de resolver problemas que simulem situações reais envolvendo movimento, posição, velocidade, aceleração de corpos, força, quantidade de movimento, impulso, colisões e energia, proporcionando ao jogador uma experiência desafiante na qual os obstáculos devem ser transpassados com o seu conhecimento adquirido em sala de aula.

Para aplicação do game em sala de aula como avaliação da aprendizagem, analisou-se a existência de diferenças entre os dois métodos de pesquisas, quantitativo e qualitativo. Todavia, quem decide qual usar, ou o quantitativo, ou o qualitativo, ou até mesmo ambos, é o pesquisador (MOREIRA, 2011). Cabe ao mesmo, analisar o que busca em sua pesquisa, quais são as variáveis a serem utilizadas, quais são os dados que precisam ser coletados, e a partir de suas definições decide o método mais adequado ao seu trabalho (MARCONI; LAKATOS, 2018). Pode-se dizer também, que os dois métodos quando utilizados na mesma pesquisa, os dados da quantitativa podem ser analisados pelo método qualitativo tornando o estudo com maior qualidade, aprofundamento e os resultados com maior cientificidade do fenômeno pesquisado (MOREIRA, 2011; GIL, 2018).

O método de pesquisa escolhido para esse trabalho foi o qualitativo e o quantitativo. O uso da pesquisa qualitativa justifica-se porque foram realizadas observações durante a aplicação do produto educacional em sala de aula, e durante as observações, também, foram feitas perguntas diretamente para os discentes (entrevistas), cujas respostas contribuíram para a melhoria das fases do game (MARCONI; LAKATOS, 2018). Além disso, foi aplicado um questionário, com o uso do Google Docs, para ser respondido voluntariamente pelos alunos, constando questões abertas e fechadas. Nas questões abertas, abordou-se as opiniões dos discentes sobre o game, apurando-se o que poderia ser feito para melhoraria da jogabilidade e o uso do jogo como ferramenta

metodológica para avaliação. Todos esses dados, foram interpretados e analisados e, posteriormente, discutidos como resultado, o que caracteriza uma abordagem qualitativa.

Por outro lado, segundo Gil (2018), justifica-se a abordagem quantitativa para as questões fechadas de um outro questionário sobre as inteligências múltiplas, e, no questionário do Google Docs, com a utilização das perguntas fechadas sobre a aplicação do game como estratégia de avaliação da aprendizagem, bem como o uso da estatística das notas e médias alcançadas pelos alunos com o uso do jogo como avaliação da aprendizagem em comparação com as avaliações convencionais feitas no semestre anterior, que também fazem parte dos resultados deste trabalho.

Segundo Marconi e Lakatos (2018), como pesquisa exploratória, por se tratar de um estudo de caso, se fez necessário um aprofundamento na literatura voltado para a avaliação da aprendizagem, recursos didáticos, procedimentos metodológicos, coletas de dados e análise descritiva dos dados plotados em gráfico, tabelas e figuras, bem como a descrição da funcionalidade do game desenvolvido.

A hipótese deste trabalho ancora-se no objetivo central que é desenvolver um game capaz de avaliar o conhecimento adquirido pelo aluno nos conteúdos da dinâmica. Porém, a questão que se pretendeu responder é se esse produto conseguiria diagnosticar a aquisição do conhecimento pelos alunos com perguntas conceituais objetivas e de cálculo, de forma que o game pudesse substituir uma avaliação convencional. Expondo-se o fenômeno de interesse da pesquisa, que segundo Moreira,

A questão básica, questão chave, ou questão-foco, de uma pesquisa não só pergunta alguma coisa, mas também diz algo. É a questão que identifica o fenômeno de interesse da pesquisa de tal forma que é provável que alguma coisa seja descoberta, medida ou determinada ao responde-la; é a pergunta que informa sobre o ponto central da pesquisa, dizendo, em essência, o que foi investigado (MOREIRA, 2011, p. 13).

O objeto de estudo é um dos pontos da pesquisa que tem de ser muito bem delineado, para que a manipulação das variáveis não seja um problema na hora da aplicação do produto em campo. Como afirma Gil,

No planejamento de um experimento, é necessário determinar com grande precisão a população a ser estudada. Para isso devem ser consideradas as características que são relevantes para a clara e precisa definição da população. Por exemplo, ao se referir a uma população de pessoas, convém que se especifique o sexo, a idade, a instrução e o nível socioeconômico (GIL, 2018, p. 98).

Além das observações, levantamentos de dados, aplicação de questionários com perguntas fechadas e abertas, explicações sobre a funcionalidade do game e como foram atribuídas as notas e médias aos alunos, foram usados os diários das turmas, que são documentos oficiais da escola onde foi aplicado o produto educacional, para obtenção das notas e médias adquiridas pelos alunos durante o semestre anterior à aplicação do produto e do semestre em que o produto foi implementado em sala.

O universo da pesquisa foi o Instituto Federal do Maranhão (IFMA), no campus da cidade de Bacabal, que tem como corpo discente alunos dos cursos, Técnicos Integrados ao Ensino Médio em: Administração, Informática, Meio Ambiente, Química e Comércio; Técnicos na Forma Subsequente ao Ensino Médio em: Comércio, Administração e Informática; Graduação em: Química e Tecnologia de Alimentos; Pós-Graduação Lato Sensu em: Meio Ambiente Aplicado ao Ensino de Ciências e Controle de Qualidade em Alimentos. Desse universo, escolheu-se uma turmas da 1ª série dos cursos Técnicos Integrados ao Ensino Médio como amostragem, na qual o professor do primeiro semestre de 2018 não tenha sido o pesquisador deste trabalho. Pois, esta turma fez parte do Grupo Controle (GC), com suas notas e médias do semestre de 2018.1, cujas avaliações foram aplicadas de forma convencional; e, também, fez parte do Grupo Experimental (GE), cujas notas e médias foram obtidas com o uso do game educacional desenvolvido.

A turma era constituída por 37 (trinta e sete) alunos de ambos os sexos, que compôs a amostragem dentro do universo de todos os alunos do IFMA – Campus Bacabal. Os procedimentos de ensino durante as ministrações das aulas foram realizados da mesma forma como feito pelo professor que trabalhou a disciplina de física no primeiro semestre de 2018. Ou seja, as aulas foram expositivas, dialogadas, considerou-se os conhecimentos prévios dos alunos, contextualizou-se, utilizou-se o questionamento como provocação do raciocínio dos alunos, foram abertas às indagações dos discentes; e, como recursos didáticos foram utilizados pesquisas na internet, atividades individuais e em grupos com problemas propostos com níveis de dificuldades crescentes, quadro, pincel e livro texto didático. De forma que as aulas ministradas não tivessem diferença metodológica de como foram ministradas no semestre anterior, para que não houvesse interferência na amostragem.

Os conteúdos da dinâmica trabalhados durante o semestre de 2018.2, foram: para a primeira fase do game (primeira avaliação) e a segunda fase (recuperação da primeira avaliação), as Leis de Newton e suas aplicações; na terceira fase do jogo (segunda

avaliação) os conteúdos abordados foram impulso, momento linear e colisões; a quarta fase (terceira avaliação) foi composta dos conteúdos relacionados a trabalho, energia cinética, teorema do trabalho-energia, energia potencial e energia mecânica; a quinta e última fase do game foi composta de todos os conteúdos trabalhados nas fases anteriores, pois, esta compunha a avaliação final para os alunos que não obtiveram êxito em relação a aquisição de conhecimento mínimo nos conteúdos previsto pelo professor nas fases-avaliativas anteriores.

A ideia concebida ou hipótese era a realização de uma comparação entre a avaliação convencional e a avaliação com o uso do jogo e, assim, propor a substituição da avaliação convencional pela pelas fases-avaliações do game como critério de pesquisa. Pois, segundo Mazzotti e Gewandszajder,

Na realidade, qualquer observação pressupõe um critério para escolher, entre as observações possíveis, aquelas que supostamente sejam relevantes para o problema em questão. Isto quer dizer que a observação, a coleta de dados e as experiências são feitas de acordo com determinados interesses e segundo certas expectativas ou ideias preconcebidas. Estas ideias e interesses correspondem, em ciência, às hipóteses e teorias que orientam a observação e os testes a serem realizados. Uma comparação ajuda a compreender melhor este ponto (MAZZOTTI; GEWANDSZAJDER, 1998, p. 4).

Dessa forma, ao final de cada conteúdo, os alunos foram submetidos as fases-avaliativas do game para que fosse diagnosticado o conhecimento sobre o conteúdo ensinado, e, de posse das notas e médias, foram realizadas comparações entre os resultados obtidos pelos dois grupos: grupo controle (GC), com o desempenho da turma escolhida nas avaliações convencionais no semestre de 2018.1; e, o grupo experimental (GE), com o desempenho da turma escolhida nas fases-avaliações do game desenvolvido no semestre de 2018.2.

Além dessa comparação entre dos dois grupos, também fizeram parte da coleta de dados dois questionários, um composto com perguntas fechadas, e outro com perguntas abertas e fechadas, que foram respondidos pelo grupo controle.

A turma escolhida foi selecionada através de provas objetivas pelo seletivo de admissão de alunos para compor a 1ª Série do Ensino Técnico Integrado ao Ensino Médio do IFMA - Campus Bacabal. Essa clientela é formada por alunos com idades entre 14 e 19 anos, proveniente das escolas públicas e privadas da cidade de Bacabal e cidades vizinhas ao município, e, também, fazem parte das diferentes classes sociais e de ambos os sexos daquelas cidades. Porque, para Gil,

No planejamento de um experimento, é necessário determinar com grande precisão a população a ser estudada. Para isso devem ser consideradas as características que são relevantes para a clara e precisa definição da população. Por exemplo, ao se referir a uma população de pessoas, convém que se especifique o sexo, a idade, a instrução e o nível socioeconômico (GIL, 2018, p. 98).

Diante do exposto, esses alunos foram escolhidos porque possuem uma aleatoriedade da amostra preservada dentro do universo da pesquisa e, também, por estarem estudando os conteúdos da dinâmica no momento da aplicação do produto proposto desenvolvido para esta pesquisa.

Este trabalho, encontra-se dividido num resumo dos conteúdos da Dinâmica (seção 2) embasados nos autores Feynman (2008), Knight (2009) e Hewitt (2015), que compõem o suporte didático dos conteúdos nesta pesquisa, visto que tais conteúdos foram abordados em sala de aula durante a aplicação do produto educacional e fazem parte das dicas e questões propostas no game desenvolvido.

A terceira seção destaca uma perspectiva sobre avaliação, pois o produto desenvolvido será utilizado como ferramenta no auxílio da avaliação da aprendizagem dos alunos. Nesta perspectiva, a avaliação tem a função de auxiliar o ensino e a aprendizagem, não sendo usada para selecionar, aprovar ou reprovar o educando, mas como um mecanismo para subsidiar a aprendizagem dos conteúdos da dinâmica ministrado pelo professor.

A quarta seção, aborda a Teoria das Inteligências Múltiplas, pois no início do semestre da aplicação do jogo em substituição da avaliação escrita convencional foi aplicado um teste das inteligências múltiplas que apontou os alunos que precisavam desenvolver melhor a inteligência Lógica-Matemática, visto que essa inteligência é essencial para a aprendizagem dos conteúdos da Física.

Na quinta seção, descreve-se como o jogo foi desenvolvido, suas fases, a distribuição dos conteúdos trabalhados no game, o roteiro do jogo, a funcionalidade para o uso como avaliação e o ambiente de discussão de fenômenos físicos que o jogo possui.

Na sexta seção, realizou-se a discussão dos resultados obtidos depois da aplicação jogo em sala de aula, tais resultados compõem os gráficos e tabelas plotados nesse trabalho mostrando a eficiência do game como mais uma ferramenta auxiliar na avaliação da aprendizagem dos conteúdos da Dinâmica.

Por fim, descreve-se as considerações finais com reflexões de tudo que foi apurado junto aos alunos em sala de aula, a eficiência do produto, as perspectivas para futuros trabalhos, bem como uma reflexão sobre a avaliação da aprendizagem em Física.

2 UM RESUMO DOS CONTEÚDOS DE DINÂMICA

O produto educacional desenvolvido é direcionado para a avaliação da aprendizagem dos conteúdos da Dinâmica. Dessa forma, é conveniente que se faça um pequeno resumo dos assuntos de Dinâmica abordados no Game, porém de forma qualitativa. Isso porque o intuito desse trabalho não é o ensino da Dinâmica e, sim, a avaliação dos conhecimentos adquiridos pelos alunos. Deixamos o ensino de Dinâmica para autores conceituados como: Feynman (2008), em seu livro “Lições de Física”; Knight (2009), com o livro “Física: uma abordagem estratégica” e Hewitt (2015), em “Física Conceitual”. Neste contexto, começaremos este capítulo explicando em que se concentra o estudo da Mecânica, com o que se relaciona a Dinâmica, discutiremos também sobre as três leis de Newton, impulso e momento linear e fecharemos o capítulo falando sobre trabalho e energia. Que são os conteúdos explorados no game educacional durante as avaliações.

A Mecânica para os físicos está relacionada com o movimento e a força que causa o movimento, ou seja, a conexão entre força e movimento é o cerne da Mecânica. Aqui nós restringiremos ao estudo da Mecânica Clássica, visto que, é o conteúdo estudado tradicionalmente no primeiro ano do ensino médio. A Mecânica apoia-se basicamente no conhecimento gerado nos trabalhos de Galileu e Newton entre o século XVII e final do século XIX, que ficou conhecida como a Mecânica Newtoniana. Porém, não existem apenas essa formulação para a Mecânica Clássica, além dessa, tem-se a Mecânica Lagrangiana, que consiste em resoluções de problemas de forma mais fácieis em relação a newtoniana, mas com uma abstração um pouco mais complexa. Outro formalismo da Mecânica Clássica é a mecânica hamiltoniana, que é um formalismo mais complexo e a base para a mecânica quântica.

2.1 Conceitos Básicos

Os elementos conceituais básicos da mecânica são os de espaço e tempo, que proporciona o ambiente onde a Física ocorre; massa e força, que mostra como ocorre o movimento que está relacionado com o espaço e tempo.

Para ocorrer o movimento é preciso um referencial que nos mostre a diminuição ou o aumento do espaço no decorrer do tempo. Assim, uma pessoa sentada no banco de

um ônibus, tomando como referencial o motorista, está em repouso. Por outro lado, se o ônibus se aproxima de uma pessoa que está na parada de ônibus, a pessoa que está dentro do ônibus e o motorista estão em movimento em relação a pessoa da parada de ônibus. Pois, o espaço entre o ônibus e a pessoa da parada diminui com o passar do tempo. Logo, com a formulação de um referencial pode-se perceber a variação do espaço no tempo relativa ao referencial adotado.

O tempo para a Mecânica Clássica é algo simples, que passa igualmente para todos os observadores, é algo que só aumenta e nunca diminui. Para sua determinação é preciso que seja especificado uma origem e seja sincronizado um relógio. Um tempo específico muito usado na Mecânica Clássica é o período, que por definição é o tempo que um objeto leva para realizar uma oscilação completa. Galileu, observando a oscilação de um grande candelabro de uma igreja e usando sua pulsação para medir o tempo de oscilação percebeu que o período era independente do peso dos objetos.

Segundo conta uma lenda, durante uma missa em Pisa, em 1582, Galileu notou um grande candelabro oscilando levemente, após o coroinha tê-lo puxado de lado para acender suas velas. Usando seu pulso para marcar o tempo, Galileu percebeu que, embora o candelabro oscilasse cada vez menos, o tempo entre duas oscilações consecutivas (o “período de oscilação”) era praticamente sempre o mesmo (GLEISER, 1997, p.139).

O conceito intuitivo de força que temos se refere a um puxão ou empurrão, porém, esse conceito é interessante para o conceito científico de força. Pelo conceito intuitivo, ao arrastarmos uma mesa sobre um piso de cerâmica, ou ao empurrarmos um carro que tenha faltado combustível na estrada, relacionamos esse puxão ou empurrão a uma força aplicada sobre os objetos que lhes causam como efeito o movimento. O que não está tão distante do conceito de força definido por Feynman (2008, p.92), “A Segunda Lei forneceu uma maneira específica de determinar como a velocidade muda sobre as diferentes influências chamadas de **forças**”.

É conveniente que dado um objeto, em um determinado contexto, que possamos identificar quais são as forças que esse objeto está submetido. E que, essas forças, podem ser forças de contato, quando o objeto está interagindo com uma superfície, por exemplo, um caixote sendo arrastado sobre o solo ou um livro sobre uma mesa. Ou força de ação à distância (de campo), quando um objeto é abandonado do alto de um prédio e cai devido a ação da força gravitacional da Terra. Lógico que não podemos ver as forças, mas podemos observar e sentir os efeitos das mesmas. Ao observar um objeto cair de certa altura, sabemos que ele cai devido a força gravitacional da Terra; ao carregarmos uma

sacola com compras feitas em um supermercado, sentimos a ação da força peso sobre a sacola de compras; ao subirmos uma escada sentimos mais a ação da gravidade (cansamos mais) do que ao descermos por essa mesma escada, isso porque, ao subirmos estamos indo contra a força da gravidade e ao descermos estamos indo a favor da gravidade terrestre.

2.2 As Leis de Newton

A parte da Mecânica que estuda o movimento e suas causas é conhecida como Dinâmica. Ao nos referirmos ao estudo da Dinâmica é primordial que entendamos as três Leis de Newton. Apesar da primeira Lei de Newton (Lei da Inércia) ser um caso particular da segunda Lei de Newton (lei fundamental da Dinâmica), a segunda não subsiste sem a primeira, porque a primeira serve para garantir o referencial inercial na segunda Lei de Newton. Assim, a segunda lei definida como: uma força (a “causa”) aplicada sobre uma massa (um “objeto”) desenvolve uma aceleração (o “efeito”) sobre essa massa, só é possível se existir um referencial inercial. Sem este, não se pode determinar o movimento, conseqüentemente, não se pode determinar a aceleração adquirida por uma massa devido a uma força, ou seja, sem um referencial inercial determinado pela primeira Lei de Newton a segunda lei não terá validade. Dessa forma, pode-se exprimir a função da segunda Lei de Newton como uma taxa de variação do momento linear e como o produto da massa pela aceleração da seguinte maneira:

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}, \quad (1)$$

isto é, a Mecânica Clássica mostra a equivalência entre a taxa de variação do momento e o produto da massa pela aceleração, o que não se estende para a mecânica relativística. Na mecânica newtoniana a massa é imutável, o espaço e o tempo são absolutos, assim, podemos aceitar a relação de equivalência entre as duas formas de expressar a força resultante; por outro lado, na relativística, que se baseia na taxa de variação do momento, temos a dilatação do tempo e a contração do espaço, que deixam de ser absolutos, conseqüentemente, a massa passa a ser variável. Na clássica têm-se verdades aceitáveis introduzidas por Newton, mas que posteriormente alcançou seu limite de certeza, como afirma Feynman,

Então, no começo tomamos muitas coisas como certas. Primeiro, que a massa de um objeto é *constante*; isso não é verdade, mas devemos começar com a aproximação de Newton que a massa é constante, a mesma em todos os tempos, e que, no futuro, quando colocarmos dois objetos juntos, suas massas se *somam*. Essas ideias foram obviamente implementadas por Newton quando ele escreveu sua equação, pois de outra maneira ela é insignificante. Por exemplo, suponha que a massa varia inversamente com a velocidade; então o momento *nunca mudaria* em nenhuma circunstância, então a lei significa nada menos que você conheça como a massa muda com a velocidade. De primeiro dizemos, *ela não muda* (FEYNMAN, 2008, p. 93).

Apesar disso, quando Newton determina a segunda lei, ele a expressa em função do momento linear (BENTO, 1983). A equivalência da força resultante com o produto da massa pela aceleração é utilizada pela primeira vez em 1752 (ZANETIC, 1988). O que para Feynman, é uma coisa importante de se observar por fazer uma relação da força com a direção.

A coisa mais importante a se perceber é que a relação não envolve somente mudanças na *magnitude* do momento ou da velocidade, mas também nas suas *direções*. A aceleração a é a taxa de mudança da velocidade, e a Segunda Lei de Newton diz mais do que o efeito de uma dada força varia inversamente com a massa; ela também diz que a *direção* da mudança na velocidade e a *direção* da força são as mesmas. Assim devemos entender que uma mudança em uma velocidade, ou uma aceleração, tem um significado mais amplo do que na linguagem comum: A velocidade de um objeto se movendo pode mudar pelo aumento da sua velocidade, pela sua diminuição (quando diminuímos dizemos que acelerou com uma aceleração negativa), ou mudando a sua direção de movimento (FEYNMAN, 2008, p. 93).

A força resultante é o somatório vetorial de todas as forças aplicadas em uma determinada massa. Se imaginarmos um carro preso em um lamaçal (“atolado”) e para tirarmos esse carro desse lamaçal convidarmos cinco pessoas para empurra-lo ou puxa-lo, até que o mesmo saia dessa situação, teríamos várias forças sendo aplicadas sobre o mesmo objeto (o carro). Todavia, se ao invés de usarmos as forças das cinco pessoas para tirar esse carro do atoleiro, usássemos um único trator e conseguíssemos tirar o carro do atoleiro, a força que esse trator aplicou para realizar a tarefa corresponderia ao somatório de todas as forças das cinco pessoas. Assim, pode-se definir força resultante com a expressão:

$$\vec{F}_{res} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N \quad (1)$$

Uma definição da segunda lei de Newton é expressa por Knight (2009, p. 138):

Segunda Lei de Newton: Um corpo de massa m , sujeito as forças, $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots$ sofrerá uma aceleração \vec{a} dada por

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{res}}{m}$$

onde a força resultante $\vec{F}_{res} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$ é o vetor soma de todas as forças exercidas sobre o corpo. O vetor aceleração \vec{a} tem a mesma orientação que o vetor força resultante \vec{F}_{res} .

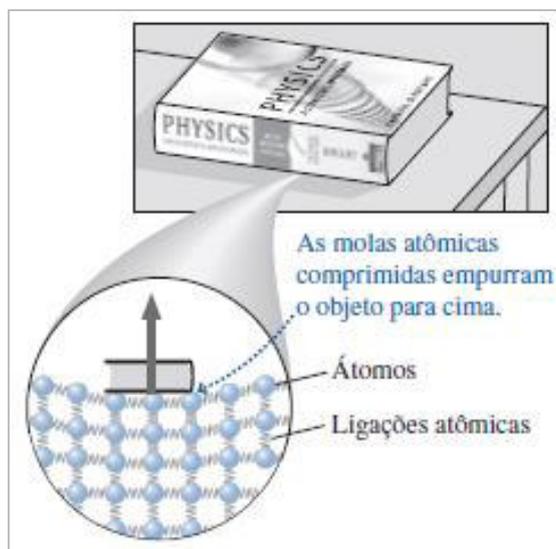
Mas, existem outras forças que são analisadas em uma perspectiva clássica que merecem atenção. Na Tabela 1, tem-se uma variedade de forças muito utilizadas nas resoluções de problemas de Dinâmica.

Tabela 1 – Alguns tipos de forças usadas em dinâmica.

Força	Notação
Força genérica	\vec{F}
Força gravitacional	\vec{F}_G
Força elástica	\vec{F}_{elast}
Tensão	\vec{T}
Força normal	\vec{n}
Atrito estático	\vec{f}_e
Atrito cinético	\vec{f}_c
Força de arraste	\vec{D}
Força de empuxo	\vec{F}_{empuxo}

Em Dinâmica pode ser observado dois tipos de equilíbrio: o estático e o dinâmico. O estático ocorre quando forças se anulam de tal maneira que a força resultante seja zero. Por outro lado, no dinâmico a velocidade é constante e a aceleração é zero, o que implica em uma força resultante zero.

Figura 1- Detalhe da força atômica que a mesa exerce sobre o livro

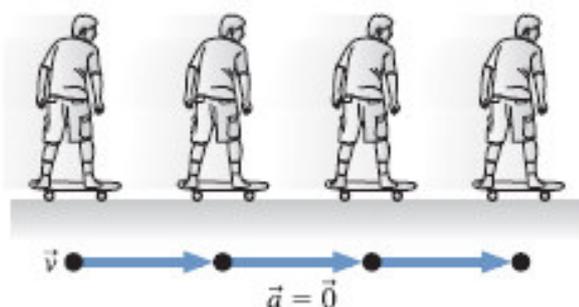


Fonte: Knight (2009).

Na Figura 1, observa-se um livro em equilíbrio estático sobre uma mesa. E quando o livro aplica uma força sobre a mesa, a mesa reage aplicando uma força sobre o livro. Essa força de reação é chamada de força normal de apoio \vec{n} , que é uma reação das ligações atômicas do material da mesa sobre o livro e que o impede de afundar na mesa. Assim, ocorre o equilíbrio estático porque não se tem movimento na vertical, pois a força peso se equilibra com a força normal. Apesar de a força peso ser igual à força normal em módulo, não se deve confundir $\vec{P} = \vec{n}$ (que promove o equilíbrio estático) com um par de ação e reação (Terceira Lei de Newton), pois, uma é devido a força que o livro aplica sobre a mesa (força de contato) e a outra é devido ao campo gravitacional terrestre (força a distância ou de campo). O par ação e reação está contido na força de interação entre a força com que o livro atrai a Terra e a força com que a Terra atrai o livro.

O equilíbrio dinâmico pode ser observado na Figura 2, mesmo que se perceba o movimento do skatista, pode-se notar pelo esquema das velocidades, que ela é constante e consistente como uma anulação da força resultante devido à aceleração igual a zero.

Figura 2 - Esquema da velocidade constante no movimento de um skatista



Fonte: Knight (2009).

Esses dois tipos de equilíbrios são expostos na primeira Lei de Newton, conforme explica Feynman,

Galileu fez um grande avanço em entender o movimento quando ele descobriu o *princípio da inércia*: se um objeto é deixado sozinho e não é perturbado, ele continua a se mover com uma velocidade constante em uma linha reta se originalmente ele estava se movendo assim, ou continua parado se ele estava parado. Obviamente, este nunca parece ser o caso na natureza, pois se deslizamos um bloco através de uma mesa ele para, mas isso acontece porque ele *não* foi deixado sozinho - ele está se atritando com mesa (FEYNMAN, 2008, p. 92).

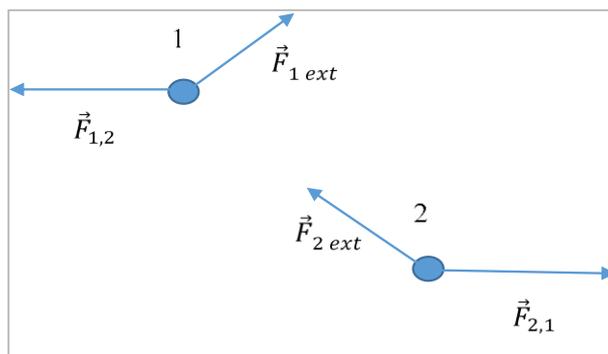
Ao se discutir a Terceira Lei de Newton pode-se mostrar de que maneira ela está relacionada com o princípio da conservação do momento linear, que consiste em um princípio básico e essencial da Mecânica Clássica. A terceira lei é observada quando um corpo A exerce uma força de ação sobre um corpo B e, esse exerce uma força de reação sobre o corpo A, como definido por Knight (2009, p. 189):

Toda força existe com um dos membros de um par de forças ação/reação.

- Os dois membros de qualquer par ação/reação são exercidos sobre **diferentes** objetos.
- Os dois membros de um par ação/reação têm o mesmo módulo, mas sentidos contrários um ao outro: $\vec{F}_{A \text{ sobre } B} = -\vec{F}_{B \text{ sobre } A}$.

Vamos representar a terceira Lei de Newton com a ilustração da Figura 3, que indica duas partículas 1 e 2. A partícula 1 exerce uma força sobre a partícula 2, $\vec{F}_{2,1}$, e a partícula 2 reage exercendo uma força sobre a partícula 1, $\vec{F}_{1,2}$.

Figura 3 - Colisão entre duas partículas com suas forças internas e externas



Essas duas forças são simultâneas e possuem o mesmo módulo, porém são forças opostas entre si. As forças de ação e reação, necessariamente, não precisam estar no mesmo segmento de reta que as une. Mas, quando isso acontece, dizemos que a terceira lei de Newton possui sua forma mais intensa possível, ou seja, quando as duas forças são paralelas ao segmento que as une. Isso acontece por causa da interação das forças internas entre as partículas, denominadas por Feynman como interação mútua,

Por enquanto, vamos tomar como verdadeiro que a ação é igual à reação. É claro que, se existe uma terceira partícula não colinear com as outras duas, a lei *não* significa que a força total na primeira é igual à força total na segunda, já que a terceira partícula, por exemplo, exerce sua própria força em cada uma das outras duas. O resultado é que o efeito total nas duas primeiras está em uma outra direção e as forças nas duas primeiras partículas são, em geral, nem iguais nem opostas. Entretanto, as forças em cada partícula podem ser resolvidas em partes, havendo uma contribuição ou parte devido a cada uma das outras partículas interagentes. Então cada *par* de partículas têm componentes correspondentes de interação mútua que são iguais em magnitude e opostas em direção (FAYNMAN, 2008, p. 103).

Assim, podemos concluir que o somatório de um par de forças internas ou forças mútuas internas é sempre zero, ou seja, as forças internas se anulam entre si. Pois,

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}. \quad (2)$$

Sendo a terceira Lei de Newton verdadeira, a segunda lei impõe uma conservação do momento linear. Logo, além do par de ação/reação, se as partículas sofrerem ações de forças externas, como mostra a Figura 3, pode-se escrever a segunda lei para cada uma das partículas. De maneira que para a partícula 1, temos:

$$\vec{F}_{1\ ext} + \vec{F}_{1,2} = \frac{d\vec{p}_1}{dt}. \quad (3)$$

O mesmo pode ser escrito para a partícula 2,

$$\vec{F}_{2\ ext} + \vec{F}_{2,1} = \frac{d\vec{p}_2}{dt}. \quad (4)$$

Considerando-se o sistema formado pelas partículas 1 e 2, pode-se representar o momento total das duas partículas, \vec{P} , por:

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2. \quad (5)$$

Como a taxa de variação do momento total é igual a soma das taxas de variações dos momentos das partículas 1 e 2, temos que

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d\vec{p}_1}{dt} + \frac{d\vec{p}_2}{dt}. \quad (6)$$

Assim, pode-se afirmar que

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_{1\ ext} + \vec{F}_{2\ ext} + \vec{F}_{1,2} + \vec{F}_{2,1}. \quad (7)$$

Considerando-se a terceira Lei de Newton, pode-se dizer que a soma, $\vec{F}_{1,2} + \vec{F}_{2,1}$, é igual a zero, porque as forças são iguais em módulos e possuem sentidos opostos. Dessa forma, o que resta no segundo membro da equação (7) é o somatório das forças externas das duas partículas, que podemos chamar de força externa total. Isso implica que as forças internas do sistema não contribuem para a taxa de variação do momento, existindo somente a contribuição das forças externas. Logo,

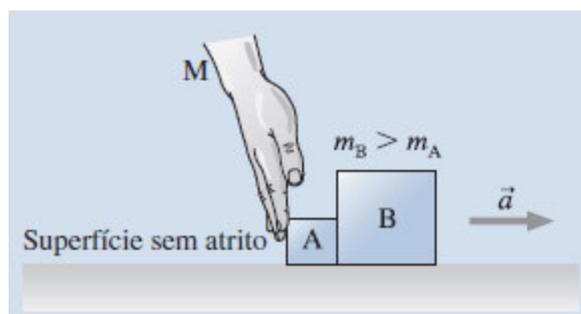
$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_{ext}. \quad (8)$$

Sendo essa expressão verdadeira, implica dizer que se o vetor força externa total for igual a zero, o momento é conservado. E esse é o princípio de conservação do momento linear, como afirma Feynman,

Suponha, por simplicidade, que temos apenas duas partículas interagentes, possivelmente de massas diferentes e numeradas como 1 e 2. As forças entre elas são iguais e opostas; quais são as consequências? De acordo com a Segunda Lei de Newton, a força é a variação do momento com o tempo, então concluímos que a razão de mudança do momento P_1 da partícula 1 é igual a menos a razão de mudança do momento P_2 da partícula 2.[...] Agora, se a *razão de mudança* é sempre igual e oposta, segue que a *mudança total* no momento da partícula 1 é igual e oposta à *mudança total* no momento da partícula 2; isso significa que se *adicionarmos* o momento da partícula 1 ao momento da partícula 2, a mudança na soma dos mesmos, devido às forças mútuas (chamadas de forças internas) entre as partículas é zero; [...] Se a razão de mudança dessa soma é sempre zero, isso é só uma outra maneira de dizer que a quantidade $(P_1 + P_2)$ não muda. (Essa quantidade também é escrita como $m_1v_1 + m_2v_2$, e é chamada de *momento total* das duas partículas.) Obtivemos agora o resultado que o momento total de duas partículas não muda por causa de qualquer interação mútua entre elas. Essa sentença expressa a lei de conservação de momento nesse exemplo particular. Concluímos que se existe qualquer tipo de força, não importa o quão complicada, entre duas partículas, e medimos ou calculamos $m_1v_1 + m_2v_2$, ou seja, a soma dos dois momentos, tanto antes como depois de as forças agirem, os resultados devem ser iguais, isto é, o momento total é uma constante (FEYNMAN, 2008, p. 103-104).

Um problema simples, mas que retrata a ação da força externa sobre um sistema e a interação entre duas massas é o de duas caixas de massas distintas sendo empurradas em uma superfície sem atrito (Figura 4).

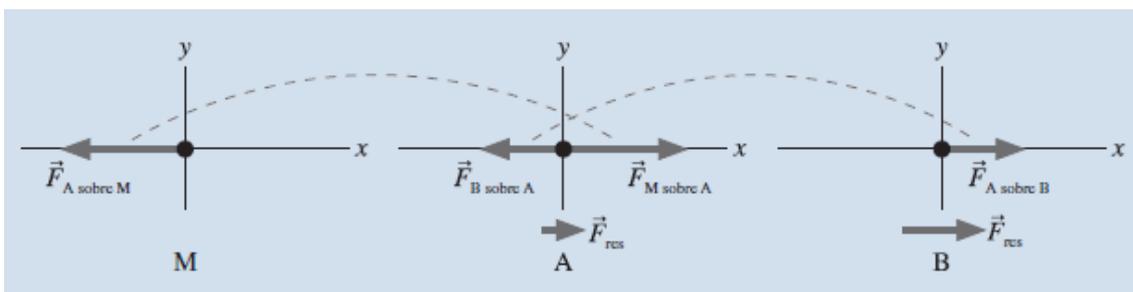
Figura 4 - Caixas de massas diferentes sendo empurradas por uma mão em uma superfície sem atrito.



Fonte: Knight (2009).

Considerando apenas as forças horizontais do problema, percebe-se que a mão exerce uma força sobre o corpo A e, este, exerce uma força sobre a mão e, também, A exerce uma força sobre B, que exerce uma força sobre A. Assim, o conjunto adquire uma aceleração no sentido indicado na Figura 4.

Figura 5 - Diagrama dos corpos livres com as representações das forças de interações do sistema



Fonte: Knight (2009).

Observando o esquema descrito na Figura 5, observa-se que a mão exerce uma força de ação sobre a caixa A e, esta, reage exercendo uma força sobre a mão. De maneira que, $\vec{F}_{M \text{ sobre } A}$ e $\vec{F}_{A \text{ sobre } M}$ formam um par de ação/reação. Da mesma forma, A exerce uma força sobre B, $\vec{F}_{A \text{ sobre } B}$, que reage exercendo uma força sobre A, $\vec{F}_{B \text{ sobre } A}$. Segundo a definição da terceira lei de Newton, pode-se afirmar que $\vec{F}_{M \text{ sobre } A} = \vec{F}_{A \text{ sobre } M}$ e $\vec{F}_{A \text{ sobre } B} = \vec{F}_{B \text{ sobre } A}$. Como existe uma aceleração do sistema para a direita, tem-se uma força resultante devido uma taxa de variação da velocidade do conjunto. Logo,

$$\vec{F}_{M \text{ sobre } A} = \vec{F}_{A \text{ sobre } M} > \vec{F}_{B \text{ sobre } A} = \vec{F}_{A \text{ sobre } B} \quad (9)$$

e podemos concluir que

$$\vec{F}_{M \text{ sobre } A} > \vec{F}_{B \text{ sobre } A} \quad (10)$$

Apesar da força resultante sobre B ser maior que a força resultante sobre A, o somatório das forças de interação internas ao sistema se anulam, pois,

$$\vec{F}_{M \text{ sobre } A} + \vec{F}_{A \text{ sobre } B} = \vec{F}_{A \text{ sobre } M} + \vec{F}_{B \text{ sobre } A} \quad (11)$$

Restando somente a resultante das forças externas sobre o sistema que leva a uma taxa de variação do momento e, conseqüentemente, a ocorrência de uma aceleração.

2.3 Momento Linear

Como vimos anteriormente, a mecânica newtoniana se resume as três leis de Newton, porém, em alguns casos fica mais difícil resolver problemas utilizando-se apenas delas. Para contornar esta dificuldade, desenvolveram-se as leis de conservação, que são fundamentais para que possamos construir atalhos, muito mais fáceis, para resoluções de certos problemas. Outro aspecto relevante está no limite da modelagem newtoniana para descrição da massa e velocidade do objeto estudado, pois as leis de Newton não se aplicam à mecânica quântica, mas as leis de conservação sim.

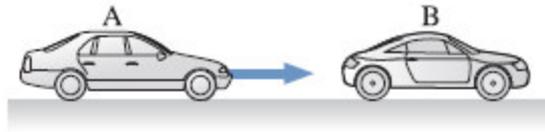
A definição de momento linear não depende de referencial, ou seja, o momento pode ser definido em um referencial inercial ou não inercial, mas é mais fácil trabalhar com referenciais inerciais que referenciais acelerados, por exemplo.

O momento é definido como o produto da massa pela velocidade, isto é, $\vec{p} = m\vec{v}$. Se considerarmos um referencial inercial, já discutimos que, a quantidade de movimento é dado pela equação (8). Sendo a soma das forças externas nula, o vetor \vec{P} torna-se constante, isto quer dizer que o vetor \vec{P} é constante, ou seja, que ele não depende do tempo. Logo, o momento é conservado, o que só é válido para referenciais inerciais. Assim, para todos os referenciais inerciais que se escolha o momento pode ser diferente, mas a taxa de variação do momento é a mesma porque não existem forças externas atuando sobre o sistema de referencial inercial. Como afirma Feynman,

Se estendermos o argumento para três ou mais partículas interagentes em circunstâncias mais complicadas, é evidente que até onde as forças internas são consideradas, o momento total de todas as partículas permanece constante, já que um aumento no momento de uma, devido a outra, é exatamente compensado pelo decréscimo da segunda, devido a primeira. Ou seja, todas as forças internas se compensam, e, portanto, não podem mudar o momento total das partículas. Então, se não existem forças vindas de fora do sistema (forças externas), não existem forças que possam mudar o momento total; assim o momento total é uma constante (FEYNMAN, 2008, p. 104).

Tomando como exemplo uma colisão inelástica entre dois carros, como mostra a Figura 6, em que o carro B está em repouso e o carro A se aproxima com uma certa velocidade e colide com o carro B. É conveniente colocar que, no mundo real as forças externas sobre o sistema não são nulas, mas se considerarmos apenas o pequeno intervalo de tempo antes e depois da colisão pode-se desprezar tais forças em função das forças de interações entre os dois carros.

Figura 6 - Colisão inelástica entre dois carros com velocidades diferentes



Fonte: Knight (2009).

Assim, se considerarmos a soma das forças externas como sendo igual a zero, $\vec{F}_{ext} = 0$, temos que a soma dos momentos dos carros antes da colisão é igual à soma dos momentos depois da colisão, segundo o princípio de conservação do momento linear

$$\vec{P}_{antes} = \vec{P}_{depois} \quad (12)$$

$$m_A \vec{v}_{1A} + m_B \vec{v}_{1B} = m_A \vec{v}_{2A} + m_B \vec{v}_{2B}. \quad (13)$$

Como a colisão é inelástica, as velocidades depois da colisão para os dois carros são iguais. Logo, temos,

$$m_A \vec{v}_{1A} + m_B \vec{v}_{1B} = (m_A + m_B) \vec{v}. \quad (14)$$

Desta forma, a velocidade final do conjunto é dada pela média ponderada, em que a ponderação está contida nas massas, tal que,

$$\vec{v} = \frac{m_A \vec{v}_{1A} + m_B \vec{v}_{1B}}{m_A + m_B}. \quad (15)$$

Como a velocidade inicial de B é igual a zero, porque está em repouso, temos que

$$\vec{v} = \frac{m_A \vec{v}_{1A}}{m_A + m_B}. \quad (16)$$

Para um caso particular, se considerarmos a massa de A muito menor que a massa de B, por exemplo, um projétil balístico ao colidir com um pedaço de madeira em repouso, livre de atrito e massa muito maior que o projétil, a expressão pode ser analisada para o caso limite de $m_A \ll m_B$. Logo, a equação (16) torna-se,

$$\vec{v} = \frac{\frac{m_A}{m_B} \vec{v}_{1A}}{1 + \frac{m_A}{m_B}} \quad (17)$$

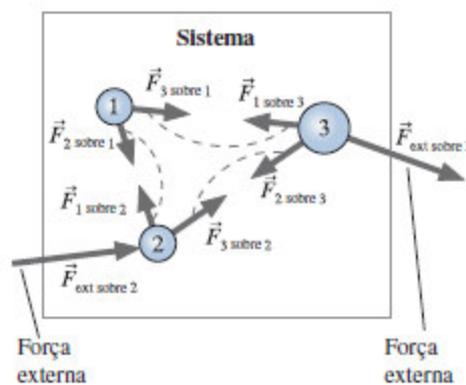
Como a massa de A é muito menor que a massa de B, pode-se desprezar a contribuição da razão entre as massas no denominador da expressão. Assim, ficamos com

$$\vec{v} = \frac{m_A}{m_B} \vec{v}_{1A}, \quad (18)$$

que nos leva a deduzir que a velocidade do conjunto após a colisão inelástica é menor que a velocidade do projétil antes da colisão e está relacionada com a razão entre as massas, o que ocorre de fato em uma análise real.

Feita essa análise para duas partículas, podemos generalizá-la para um sistema com várias partículas interagindo entre si e, demonstrar que a ação das forças externas continua influenciando a conservação do momento e não as forças internas do sistema. Segundo a Figura 7, para esse caso, em que se tem três partículas interagindo entre si, podemos generalizar o número de partículas por N .

Figura 7 - Sistema com três partículas interagindo entre si sob a ação de forças externas



Fonte: Knight (2009).

Se considerarmos que as partículas interagem entre si, pode-se nomear cada uma com a identidade k . Assim, devido à terceira lei de Newton, ocorrem as interações internas entre as partículas, formando os pares de ação/reação, $\vec{F}_j \text{ sobre } k$ e $\vec{F}_k \text{ sobre } j$. Mas, não se

pode deixar de considerar a ação de forças externas sobre as tais partículas, $\vec{F}_{ext\ sobre\ k}$. Logo, devido ao momento linear total, temos que

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots + \vec{p}_N = \sum_{k=1}^N \vec{p}_k. \quad (19)$$

O momento total definido na equação (19) varia com o tempo, assim, ao derivarmos por dt teremos,

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum_k \frac{d\vec{p}_k}{dt} = \sum_k \vec{F}_k, \quad (20)$$

a que age sobre k é a força resultante e, esta, pode ser dada como a soma das forças externas e as forças internas do sistema, tal que

$$\vec{F}_k = \sum_{j \neq k} \vec{F}_{j\ sobre\ k} + \vec{F}_{ext\ sobre\ k}. \quad (21)$$

A partícula k não exerce força sobre si mesmo, por isso o termo $j \neq k$ na equação. Com tudo, pode-se expressar a taxa de variação do momento total, como:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum_k \sum_{j \neq k} \vec{F}_{j\ sobre\ k} + \sum_k \vec{F}_{ext\ sobre\ k}. \quad (22)$$

O somatório das forças internas formam os pares de ação/reação, que tem como resultado zero. Isso justifica o duplo somatório observado na equação (22). Desta forma, pode-se generalizar que,

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum_k \vec{F}_{ext\ sobre\ k} = \vec{F}_{res}. \quad (23)$$

Da equação (23) retira-se duas importantes conclusões que segundo Knight (2009, p. 249) são:

Primeiro, podemos analisar o movimento do sistema como um todo sem precisar levar em conta as forças de interação entre as partículas que constituem o sistema. De fato, temos usado essa ideia como uma *hipótese* do modelo de partícula. Quando tratamos carro, pedras e bolas de beisebol como partículas, consideramos que as forças internas entre seus átomos - as forças que mantêm íntegro o objeto - não afetam em nada o movimento do objeto como um todo. [...] A segunda implicação, e a mais importante, aplica-se ao que chamamos de *sistema isolado*. Um **sistema isolado** é aquele para o qual a força *resultante* externa é nula, ou seja, um sistema isolado é aquele sobre o qual *não* são exercidas forças externas ou para o qual as forças externas exercidas se contrabalançam e sua soma resulta em zero.

Conclui-se que, as forças de interações que formam os pares ação/reação para um sistema formado por apenas duas partículas, tem como resultante um somatório nulo. E que o mesmo acontece se ampliarmos esse sistema para N partículas, ou seja, os pares de ação/reação anularão as somas das forças internas de qualquer sistema, restando apenas, como força resultante, o somatório das forças externas ao sistema. E, segundo Feynman,

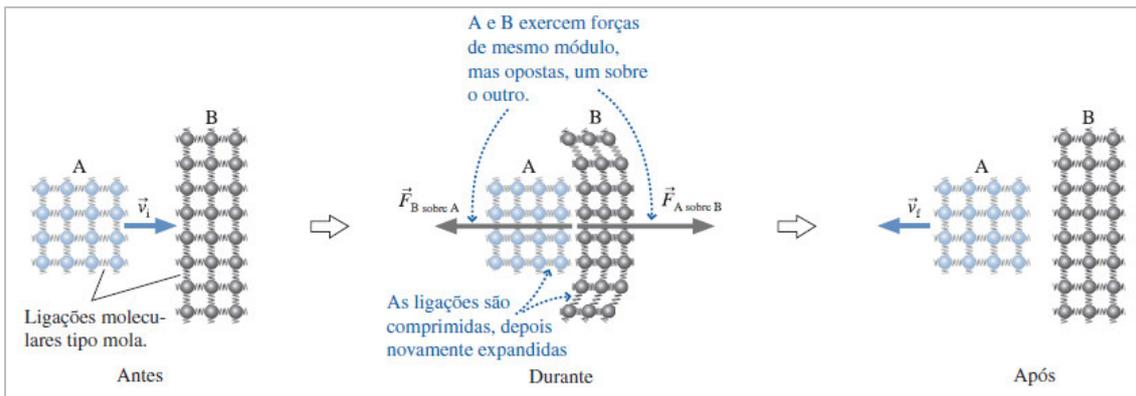
Portanto, usando esse princípio, podemos analisar qualquer tipo de colisão na qual dois corpos de mesma massa colidem e se grudam. De fato, embora tenhamos trabalhado em apenas uma dimensão, podemos descobrir muito sobre colisões bem mais complicadas imaginando que estamos andando em um carro em alguma direção oblíqua. O princípio é o mesmo, mas os detalhes ficam um pouco complicados (FEYNMAN, 2008, p. 107).

Apesar de saber que o estudo dos detalhes de uma colisão oblíqua pode propiciar um bom conhecimento da aplicação do momento, o intuito, aqui, é esclarecer o princípio de conservação do momento linear. Assim, após as conclusões feitas sobre o momento linear, analisaremos um outro tópico muito interessante para a Dinâmica, que é o impulso.

2.4 Impulso

Quando dois objetos colidem ocorre, em um intervalo de tempo muito curto, uma deformação momentânea desses objetos. Essa deformação é devido as ligações moleculares dos materiais, que funcionam como se fossem minúsculas “molas” ligando os átomos. Portanto, no momento da colisão ocorre a compressão das ligações atômicas dos materiais envolvidos e posteriormente a compressão ocorre a expansão entre as ligações atômicas, como ilustrado na Figura 8.

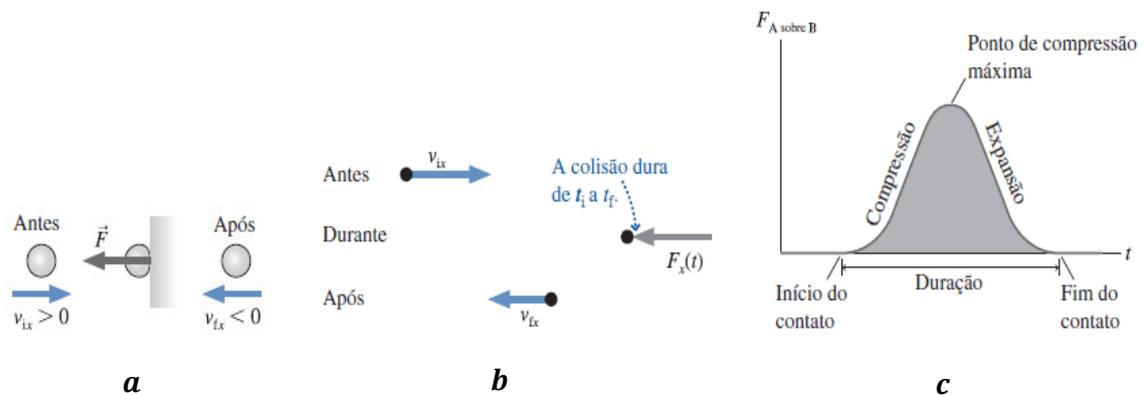
Figura 8 - Ilustração das ligações atômicas em uma colisão entre dois objetos



Fonte: Knight (2009).

A duração de uma colisão é muito breve, esse intervalo de tempo depende dos tipos de materiais envolvidos no choque e da dureza dos materiais. E, segundo Knight (2009, p. 241), “uma força intensa, exercida durante um curto intervalo de tempo, é chamada de **força impulsiva**”. Na Figura 9, tem-se a ilustração de uma colisão inelástica e o gráfico da força impulsiva em função do tempo de colisão.

Figura 9 - Ilustração da colisão de uma bola com uma parede



a) no momento da colisão pode ser observado na uma deformação da bola; **b)** o tempo de colisão é muito pequeno e, normalmente, está na escala dos ms; **c)** o gráfico da força em função do tempo de colisão fornece a compressão molecular máxima que ocasiona a deformação momentânea. Fonte: Knight (2009).

Se analisarmos essa colisão em uma dimensão, eixo x , segundo a segunda lei de Newton, podemos destacar a força impulsiva em função do tempo $F(t)$ como

$$ma_x = m \frac{v_x}{dt} = F_x(t). \quad (24)$$

Multiplicando os dois membros da equação (24) por dt , temos

$$mv_x = F_x(t) dt. \quad (25)$$

Na equação (25), ao integrarmos o primeiro membro em uma variação da velocidade que vai de v_{ix} a v_{fx} e o segundo membro em um intervalo de tempo que vai de t_i a t_f , tem-se

$$m \int_{v_i}^{v_f} dv_x = mv_{fx} - mv_{ix} = \int_{t_i}^{t_f} F_x(t) dt. \quad (26)$$

Desse modo, pode-se observar que chegamos a uma variação do momento linear, então, podemos reescrever a equação (26) como

$$\Delta p_x = p_{fx} - p_{ix} = \int_{t_i}^{t_f} F_x(t) dt. \quad (27)$$

Essa relação da variação do momento linear com a integral da força no tempo, nos levar a concordar com Knight (2009), que a chama de impulso (J_x). Assim, tem-se,

$$J_x = \int_{t_i}^{t_f} F_x(t) dt. \quad (28)$$

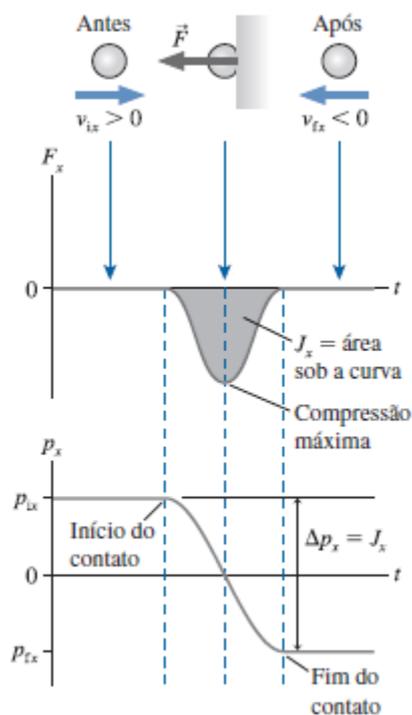
O resultado obtido na equação (28) pode ser escrito de forma mais clara para representar o **Teorema do Impulso-Momento**. Logo, para a coordenada x , temos:

$$\Delta p_x = J_x. \quad (29)$$

Segundo Knight (2009, p. 243), “o importante é a nova *ideia* de que um impulso exercido sobre uma partícula faz variar o momentum da mesma”. Na

Figura 10, podemos observar o teorema do impulso-momento par uma bola que ricocheteia em uma parede.

Figura 10 - Teorema do impulso-momento e sua interpretação gráfica



Fonte: Knight (2009).

Quando a bola se direciona para a parede temos uma velocidade positiva e, nesse instante, até o limite de tocar a parede, temos o momento da bola no sentido positivo. Assim, antes do contato temos: $v_{ix} > 0$ e $p_{ix} > 0$. Durante a interação da bola com a parede temos o impulso com a compressão das ligações atômicas dos materiais e seu ápice no pico da curva destacada no gráfico da força impulsiva, $F_x(t)$. Logo em seguida, ocorre a expansão das ligações atômicas dos materiais até que a bola deixe a superfície da parede. Nesse momento, a velocidade da bola muda de sentido para $v_{fx} < 0$ e, conseqüentemente, também muda de sentido o momento para $p_{fx} < 0$. A segunda parte do gráfico nos mostra o início e fim do contato da bola com a superfície, o que nos leva a observação da variação do momento linear e sua relação com o impulso gerado pela força impulsiva, ou seja, confirma o teorema do impulso-momento.

Durante o contato da bola com a parede existe uma perda de energia, a energia cinética é transformada em energia térmica e vibracional nos materiais envolvidos. Após a compressão máxima, uma parte dessa energia é dissipada na parede e por isso a velocidade de retorno, em geral, é menor. Conforme afirma Feynman,

Entretanto, há situações em que os corpos *não* se unem, como, por exemplo, dois corpos de mesma massa que colidem com velocidades iguais e são rebatidos. Por um breve momento eles estão em contato e ambos estão comprimidos. No instante de máxima compressão ambos tem velocidade zero e a energia é guardada em corpos elásticos, como em uma mola comprimida. Essa energia vem da energia cinética que os corpos tinham antes da colisão, que se torna zero no instante em que as velocidades são zero. A perda de energia cinética é apenas momentânea, entretanto. A condição comprimida é análoga ao pequeno explosivo que libera energia em uma explosão. Os corpos são imediatamente descomprimidos em uma espécie de explosão e voam para longe um do outro novamente; mas já conhecemos esse caso - os corpos vão embora com velocidades iguais. Entretanto, essa velocidade de rebatida é menor, em geral, que a velocidade inicial, porque nem toda a energia está disponível para a explosão, dependendo do material. Se o material é macio, nenhuma energia cinética é recuperada, mas se é algo mais rígido, ganha-se alguma energia cinética de volta. Na colisão, o resto da energia cinética é transformado em calor e energia vibracional - os corpos ficam quente e vibrando. A energia vibracional também é rapidamente transformada em calor. É possível fazer os corpos, que colidirão, de materiais altamente elásticos, como aço, com para-choques de mola cuidadosamente desenhados, de modo que a colisão gera muito pouco calor e vibração. Nessas circunstâncias as velocidades de rebatimento são praticamente iguais às velocidades iniciais; tal colisão é chamada de *elástica* (FEYNMAN, 2008, p. 108).

Como podemos perceber, existe uma relação próxima entre colisões e a energia gerada, quer sejam: a energia cinética devido a velocidade dos objetos, a energia vibracional devido as ligações atômicas dos materiais, ou a energia térmica advinda das vibrações das ligações atômicas que, após se transformar em energia térmica, se dissipa nos materiais. Por isso, depois dos comentários sobre colisões, se faz necessário uma explanação sobre energia e trabalho, ainda que de forma qualitativa, como discorrido a seguir.

2.5 Energia Cinética e o Teorema do Trabalho

A energia é um conceito muito importante em Física e, através dela, pode-se ter um diálogo com outras ciências. O conceito de energia não se limita apenas a mecânica clássica, mas se estende à mecânica quântica por causa do interesse em variáveis que se mantém constante na natureza. Ou seja, o conceito de energia foi construído ao longo do tempo pelos cientistas e levou a concepção de que é possível existir na natureza valores que não se alteram com o tempo. Como afirma Feynman,

Existe um fato, ou se você preferir, uma *lei* que governa todos os fenômenos naturais que são conhecidos até hoje. Não se conhece nenhuma exceção a essa lei – ela é exata até onde sabemos. A lei é chamada de *conservação da energia*. Nela enuncia-se que existe uma certa quantidade, que chamamos de energia, que não muda nas múltiplas modificações pelas quais a natureza passa. Essa é uma ideia muito abstrata, por que é um princípio matemático; ela diz que existe uma quantidade numérica que não muda quando algo acontece. Não é a

descrição de um mecanismo ou algo concreto; é apenas um estranho fato de que podemos calcular algum número e, quando terminamos de observar a natureza fazer seus truques e calculamos o número novamente, ele é o mesmo (FEYNMAN, 2008, p. 39).

Assim, surge o princípio de conservação da energia a partir de observações dos processos de transformações de um tipo de energia em outro que ocorrem na natureza. Esse foi um dos motivos da demora da concepção da ideia do conceito de energia ao longo do tempo, como afirma Knight (2009, p. 269):

O objetivo principal é determinar sob que condições a energia é conservada. Curiosamente, o *princípio de conservação da energia* não foi reconhecido como uma lei da física até meados do século XIX, muito depois de Newton. A razão foi que levou muito tempo para que os cientistas descobrissem quantos são os tipos de energia e as várias maneiras como ela pode ser convertida de uma forma em outra. Como você logo aprenderá, as ideias acerca da energia vão muito além da mecânica newtoniana e incluem conceitos novos acerca do calor, da energia química e das energias dos átomos e das moléculas individuais que constituem um sistema.

Se considerarmos a ideia que um objeto possui energia porque está se movendo, podemos chegar à conclusão que existe uma relação da energia com a velocidade desse objeto. Assim, pode-se conceituar a energia associada ao movimento de um objeto como sendo a energia cinética. Expressa pela equação,

$$T = \frac{1}{2} m v^2. \quad (30)$$

Desta equação, podemos destacar que a energia cinética é uma grandeza escalar mesmo dependendo da velocidade, que é uma grandeza vetorial. Essa afirmação baseia-se no fundamento que tal dependência é ao quadrado da velocidade que é igual ao produto escalar $\vec{v} \cdot \vec{v}$. Outro ponto a destacar, é que a velocidade depende de um referencial determinado. Logo, um objeto possui energia cinética se estiver se movendo em relação a um referencial determinado, caso esteja em repouso em relação a esse referencial, ele não possuirá energia cinética.

Nesse sentido, o interesse é determinar qual a taxa de variação da energia cinética com o tempo. O que nos leva a expressão

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2} m \frac{d}{dt} (\vec{v} \cdot \vec{v}) = \frac{1}{2} m \left(\frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{v} + \vec{v} \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} \right). \quad (31)$$

Como o produto escalar é comutativo, podemos trocar a ordem dos produtos porque o resultado será o mesmo. Assim,

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2}m \left(2 \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{v} \right). \quad (32)$$

Logo,

$$\frac{dT}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{v} = \vec{F} \cdot \vec{v}. \quad (33)$$

Aqui, determina-se a taxa de variação temporal da energia cinética em função do produto escalar da força resultante pela velocidade adquirida por uma massa, que é o termo denominado de **potência**. Como afirma Feynman,

Devido ao conceito da energia cinética e energia em geral, ser tão importante, vários nomes tem sido atribuídos aos termos importantes em equações como estas. $\frac{1}{2} m v^2$ é, como conhecemos, chamada de *energia cinética*. $\vec{F} \cdot \vec{v}$ é chamado de *potência*: a força atuante num objeto vezes a velocidade do mesmo (produto "escalar" do vetores) é a potência transferida para o objeto pela força. Então temos o maravilhoso teorema: *a taxa de variação da energia cinética de um objeto é igual à potência gasta pela força que atua sobre o mesmo* (FEYNMAN, 2008, p. 136).

Prosseguindo com a análise da equação, podemos expressa-la em função da posição, pois o vetor velocidade é dado como a variação temporal da posição. Dessa forma, tem-se que,

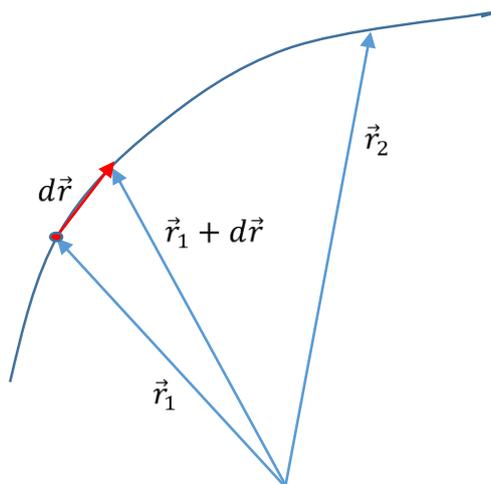
$$\frac{dT}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt}. \quad (34)$$

Eliminando-se dt , dos dois membros da equação, teremos

$$dT = \vec{F} \cdot d\vec{r}. \quad (35)$$

A Figura 11, representa um percurso muito pequeno, $d\vec{r}$, de uma partícula em uma trajetória que parte da posição \vec{r}_1 até a posição $\vec{r}_1 + d\vec{r}$.

Figura 11 - Trajetória de uma partícula sob ação de uma força resultante



Durante esse pequeno deslocamento da partícula, tem-se uma pequena variação da energia cinética que é dada pelo produto escalar da força resultante pela pequena variação do vetor deslocamento. Todavia, se formos prever a mudança da energia cinética em um deslocamento finito, por exemplo, da posição \vec{r}_1 para \vec{r}_2 devemos somar todos os pequenos intervalos $d\vec{r}$ sujeitos as variações das forças durante o percurso. E esse somatório é realizado com o uso de uma integral de linha que depende do percurso do objeto sobre a trajetória, denominado de trabalho, expressando-se por:

$$W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r}. \quad (36)$$

O significado dessa expressão para Feynman, é:

Significa que se um objeto está se movendo *em qualquer direção* sob a influência de uma força, se movendo em algum tipo de caminho curvo, então, a mudança na E_c quando esse objeto vai de um ponto para outro ao longo da curva é igual a integral da componente da força ao longo da curva vezes o diferencial do deslocamento ds , a integral sendo feita de um ponto até o outro. Essa integral também tem um nome; ela é chamada de *trabalho realizado pela força no objeto*. Vemos imediatamente que *a potência é igual ao trabalho realizado por segundo*. Também vemos que é somente a componente da força *na direção do movimento* que contribui para o trabalho realizado (FEYNMAN,2008, p. 137).

Assim, demonstrou-se que a aplicação de uma força resultante sobre uma partícula pode deslocá-la de uma posição inicial para uma posição final e, com o deslocamento, a partícula sofre uma variação em sua energia cinética que é igual ao trabalho realizado pela força resultante sobre a partícula entre as duas posições em uma

trajetória. Esse enunciado é o que denomina-se de **teorema do trabalho-energia cinética**, representado por

$$\Delta T = W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2}. \quad (37)$$

2.6 Energia Potencial e Conservação da Energia Mecânica

Apesar da definição do teorema do trabalho-energia cinética depender do percurso que a partícula realiza em uma trajetória, alguns estudos em Física mostram que há forças para as quais o trabalho realizado, entre dois pontos, sobre um objeto não depende da trajetória. Tais forças são muito importantes no estudo de fenômenos físicos e são chamadas de **forças conservativas**, que segundo Feynman:

Na natureza existem certas forças, como a gravidade, por exemplo, que têm uma propriedade maravilhosa que chamamos de "conservativas" (nenhuma ideia política envolvida é novamente uma daquelas "palavras malucas"). Se calcularmos quanto trabalho é realizado pela força ao mover um objeto de um ponto a outro ao longo de algum caminho curvo, em geral o trabalho depende da curva, mas em casos especiais ele não depende. Se ele não depende da curva, dizemos que a força é conservativa (FEYNMAN, 2008, p. 147).

O conceito de forças conservativas associa-se a uma extensão do conceito de energia cinética que nos direciona a uma definição de energia. Quando se tem uma interação conservativa pode-se construir uma ideia do que é a energia potencial, que se associa a energia cinética para a construção de um outro conceito de energia denominado energia mecânica total, que na condição de conservativa permanece constante.

Para que um sistema seja conservativo é necessário que haja somente forças conservativas, cujas duas condições para que exista são:

- Dependem apenas da posição, $\vec{F} = \vec{F}(\vec{r})$.
- E que a integral de linha do produto escalar da força pela posição, $\int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r}$, não dependa da trajetória, mas somente dos pontos extremos.

Baseado nestas premissas, podemos definir algumas das forças conservativas existentes na natureza, como é o caso da força gravitacional.

Agora, definiremos uma função que dependa apenas das posições, com o valor zero para a posição \vec{r}_0 , que é uma posição arbitrária. Assim, podemos escrever a função,

$$U(\vec{r}) = - \int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{r}. \quad (38)$$

A função $U(\vec{r})$ pode ser expressa dessa forma porque não depende do caminho, mas somente das posições \vec{r}_0 e \vec{r} . E essa função, como já definida anteriormente, é o trabalho realizado pela força sobre uma partícula entre as duas posições definidas, $W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}}$. Porém, se quisermos determinar um trabalho total realizado que se inicia na posição \vec{r}_0 e vá até a posição \vec{r}_2 , podemos escrever que:

$$W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_2} = W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_1} + W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2}, \quad (39)$$

que também pode ser escrito da seguinte forma,

$$W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2} = W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_2} - W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_1}. \quad (40)$$

Logo, podemos definir que,

$$W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2} = -U(\vec{r}_2) + U(\vec{r}_1). \quad (41)$$

A equação (41) mostra que o trabalho realizado por uma força conservativa entre dois pontos quaisquer é dado como sendo a diferença entre dois valores da função $U(\vec{r})$, que denominamos de energia potencial associada à força conservativa.

E como, já anteriormente explicado, a variação da energia cinética é igual ao trabalho realizado por uma força sobre uma partícula em um deslocamento entre dois pontos, tal que

$$\Delta T = W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r}. \quad (42)$$

De forma que podemos reescrever a equação (42) como sendo

$$T(\vec{r}_2) - T(\vec{r}_1) = -U(\vec{r}_2) + U(\vec{r}_1). \quad (43)$$

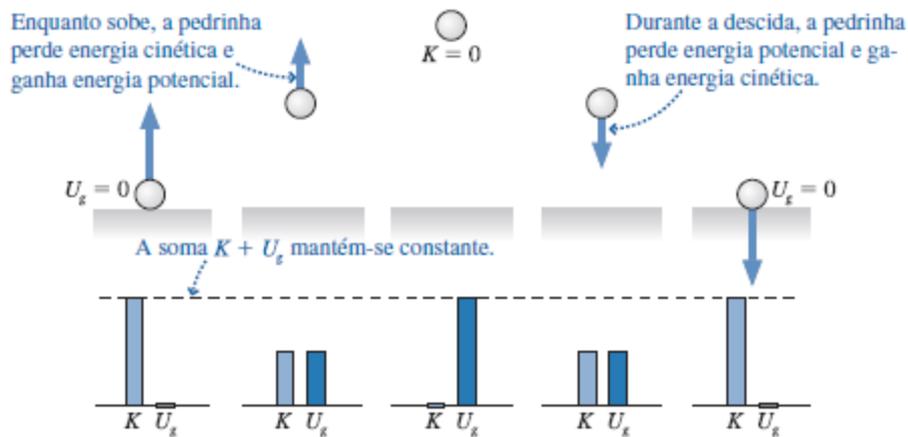
Reorganizando esta expressão, tem-se que

$$T(\vec{r}_2) + U(\vec{r}_2) = T(\vec{r}_1) + U(\vec{r}_1). \quad (44)$$

A partir da equação (44) demonstra-se que, se tivermos forças conservativas atuando sobre uma partícula, pode-se definir uma função escalar da posição, denominada de energia potencial associada a essa força conservativa, que pode ser associada a energia cinética da partícula, de maneira que a soma dessas energias são sempre constantes. Como afirma Feynman, “como uma consequência destas duas chegamos à proposição que se somente forças conservativas atuam, a energia cinética T mais a energia potencial U se mantém constante: $T + U = \text{constante}$ ”. Essa soma das energias é chamada de energia mecânica, além disso, essa soma é o que justifica o uso do sinal negativo quando se expôs a função da energia potencial, $U(\vec{r})$.

Na Figura 12, temos um exemplo da conservação da energia mecânica, em que uma pedrinha é lançada para cima a partir solo e, ao atingir a sua altura máxima, retorna ao ponto de partida; considerando, também, que as forças atuantes sejam conservativas. A energia cinética está associada ao quadrado da velocidade adquirida pela pedrinha e a energia potencial é associada à altura atingida pela mesma.

Figura 12 - Demonstração gráfica da conservação da energia mecânica



Fonte: Knight (2009).

Pela Figura 12, verificamos que no ponto de partida a energia potencial da pedrinha é zero, considerando o solo como referencial. A partir do momento em que a pedrinha entra em movimento para cima, sua velocidade é diferente de zero, logo, existe uma energia cinética associada à velocidade. E, como a altura começa a aumentar, existe

uma energia potencial associada a ela. Conforme a pedrinha vai subindo, ela vai diminuindo sua velocidade, conseqüentemente, diminui sua energia cinética, até atingir a altura máxima, ponto em que sua energia cinética é zero, pois a pedrinha adquire o repouso para mudar de sentido. No intervalo do solo à altura máxima, observa-se que a energia cinética é transformada em energia potencial em uma proporção que a soma das duas permanece constante. Por outro lado, quando a pedrinha começa a descer, ela aumenta sua velocidade e diminui sua altura, ou seja, a energia potencial da pedrinha é transformada em energia cinética que ao atingir o solo alcançará sua energia cinética máxima com a que tinha no momento de partida. Mas, para ambos os casos, subida e descida da pedrinha, a energia é transformada de cinética em potencial ou de potencial em cinética de maneira que a energia mecânica permaneça constante.

Com a descrição do resumo dos conteúdos da Dinâmica nessa seção, ficou claro que o aprendizado da Física está atrelado ao raciocínio Lógico-Matemático, apesar da ênfase na abordagem conceitual da física proposta por alguns autores, Feynman (2008), Knight (2009) e Hewitt (2015), é indispensável o desenvolvimento dos alunos quanto a matemática, mesmo que seja a matemática direcionada à compreensão da física. E uma forma de diagnosticar os discentes que possuem dificuldades em desenvolver o aprendizado com relação a matematização da física, é submetê-los a um teste de inteligências múltiplas, que pode apontar os alunos que possuem dificuldades no aprendizado da Física, bem com aqueles que possuem afinidade com essa disciplina. Sobre essa teoria, discorre-se, na seção a seguir, o surgimento das inteligências múltiplas, o que são e quais são as inteligências desenvolvidas pelos seres humanos na visão do autor da teoria, Gardner (1994); e, também, expõe-se uma pequena demonstração de um teste online que aponta as inteligências desenvolvidas pelas pessoas, que foi aplicado aos alunos participantes desse estudo.

3 TEORIA DAS INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS

No final do século XIX foi feita a primeira tentativa de classificar a inteligência humana conforme parâmetros estatísticos pelo inglês Francis Galton, que defendia a inteligência humana como sendo um produto da hereditariedade e, em 1865, publicou dois artigos que compunham duas partes com o título “*Hereditary talent and character*” (“Talento e caráter hereditários”), estabelecendo sua teoria (GALTON, 1865; HENRY, 1998; DEL CONT, 2008). Porém, com os resultados de seus estudos não conseguiu provar sua teoria e abandonou sua pesquisa. Em 1901, a teoria de Galton foi levada para os Estados Unidos, pelo psicólogo James McKeen Cattell, que após vários testes, também, não conseguiu obter resultados que comprovasse sua teoria (HENRY, 1998).

A teoria de Galton, era focada na hereditariedade, ou seja, pais inteligentes teriam grandes possibilidades de terem filhos inteligentes e a de Cattell baseava-se na discriminação sensorial e os índices de desempenho intelectuais (NEISSER et al 1996; HENRY, 1998; JENSEN, 1999). Mas, foi no início do século XX, em plena revolução industrial e a expansão das escolas nos grandes centros populacionais, que surgiu o teste Binet-Simon mais conhecido como Quociente Intelectual (Q.I.). Nesse período, na França, crianças consideradas com “retardação mental”, atestadas assim pelos psicólogos da época, eram retiradas da escola e levadas para asilos. Incomodado com essa situação, o psicólogo Alfred Binet, em parceria com Victor Henri e Théodore Simon, em 1905, publicou seu trabalho que baseava-se em medidas qualitativas com diversidade de inteligência e não em medidas quantitativas (HENRY, 1998). Dessa forma, Binet abriu caminho para um estudo mais aprofundado da inteligência humana que fundamentou mais tarde outras teorias.

O teste de Q.I., foi popularizado nos Estados Unidos depois que o psicólogo Lewis Terman revisou o modelo de Binet-Simon, na Universidade de Stanford, renomeando o para Stanford-Binet, em 1916 (HENRY, 1998; RIGO; DONOLO, 2013). O novo modelo de Q.I. pautava-se em habilidades cognitivas distribuídas entre três níveis de fatores hierárquicos com um fator g , que era comum a todos os níveis e representava uma variação das tarefas cognitivas (RIGO; DONOLO, 2012; 2013).

Todavia, muitos psicólogos discordavam da Teoria do Q.I., e defendiam que a abordagem desse teoria restringia-se apenas as habilidades linguísticas e lógico-matemáticas, tratando as demais habilidades, tais como: musicais, cinestésicas,

interpessoais, como sendo apenas “aptidões” e não como inteligências (ROPELATO et al, 2011; RIGO; DONOLO, 2012; 2013). De maneira que, no início da década de oitenta, em 1983, surge a Teoria das Inteligências Múltiplas (I.M.) desenvolvida pelo psicólogo Howard Gardner, na Universidade de Harvard. Gardner, que levou em consideração as habilidades do ser humano de forma mais completa, defendeu que o intelecto possui sete inteligências e que o indivíduo pode ter uma ou mais dessas inteligências potencializadas. Segundo Gardner, essas inteligências estão associadas a sete regiões intelectuais,

Minhas sete formas “centrais” de inteligências são um esforço para esquematizar sete regiões intelectuais nas quais a maioria dos seres humanos possui o potencial para sólido avanço, e sugerir alguns dos marcos que serão passados quando estas competências intelectuais forem realizadas por indivíduos talentosos e por indivíduos que, embora sejam inteiramente normais, aparentemente não possuem talentos especiais em determinada esfera (GARDNER, 1994, p. 283).

De forma que, mesmo que uma pessoa não tenha um bom desempenho com o raciocínio lógico-matemático, pode desenvolver outras inteligências, como por exemplo, a corporal-cinestésica e ser um bom dançarino, um bom jogador ou cirurgião. Como afirma Ropelato et al (2011) citando WALTER et al (2008),

A teoria de Gardner sobre as IM, ao permitir a identificação das inteligências mais marcantes e das menos desenvolvidas nos alunos, possibilita tanto aproveitar as inteligências bem desenvolvidas para facilitar o aprendizado, como desenvolver e estimular aquelas inteligências que ainda não estão totalmente desenvolvidas. Assim, tendo por base as inteligências bem desenvolvidas, o professor poderá desenvolver estratégias didáticas que facilitem a assimilação e a compreensão dos conteúdos ministrados, assim como promover o desenvolvimento de outras inteligências por meio da realização de atividades complementares (ROPELATO et al, 2011, p. 213).

Por mais que o aluno não consiga assimilar por completo as teorias e leis que regem a Física e as Ciências Exatas, por não ter afinidade com as disciplinas, não significa que ele não tenha afinidade ou não consiga desenvolver outra inteligência que faça parte de uma habilidade que o mesmo tenha consigo (LLOR et al, 2012). Neste ponto, cabe ao professor pesquisar uma estratégia que possa desenvolver no aluno tal habilidade, de maneira a facilitar o aprendizado do educando dentro da habilidade central demonstrada pelo mesmo (CARPINTERO; CABEZAS; SÁNCHEZ, 2009). Sendo esta, uma excelente oportunidade do professor conhecer, em sua prática pedagógica, as inteligências múltiplas de seus discentes em uma sala de aula heterogênea. Conforme afirma Oliveira,

Atualmente, há uma preocupação com o processo de ensino-aprendizagem, no sentido de determinar como o indivíduo aprende, já que uns tem mais

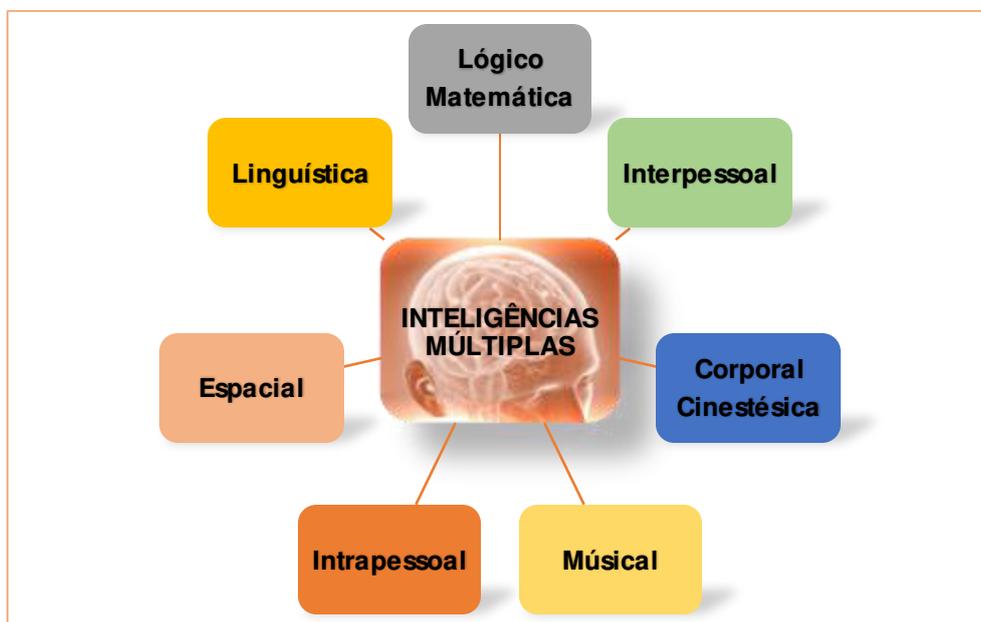
facilidade que outros na resolução de problemas. Com o estudo dessa teoria, o professor terá condições de conhecer as várias inteligências dos alunos e as atividades que as estimulam para poder desenvolver um trabalho que facilitará a assimilação e a compreensão dos conteúdos ministrados, e o aluno poderá compreender as inteligências que possui e as que precisam ser estimuladas (OLIVEIRA et al, 2011, p. 24).

A teoria das Inteligências Múltiplas possui quatro pontos considerados essenciais pela teoria, que segundo Oliveira et al (2011, p. 25) citando Armstrong (2001), são:

- I. Toda pessoa possui as sete inteligências, porém manifesta mais umas que outras;
- II. A maioria das pessoas pode desenvolver essas inteligências adequando as a um certo nivelamento de competência;
- III. As inteligências funcionam em conjunto de forma complexa;
- IV. Existem muitas maneiras de desenvolver as inteligências.

As Inteligências Múltiplas são distribuídas na Figura 1, que conforme Gardner (1994), dividem-se em: Lógica-Matemática, Linguística, Espacial, Musical, Corporal-Cinestésica, Interpessoal e Intrapessoal.

Figura 13 - Estrutura da Teoria das Inteligências Múltiplas e suas ramificações



Fonte: Adaptado de Gardner e Hatch (1989).

Para Gardner e Hatch (1989); Gardner (1994; 2003); Rigo e Donolo, (2013), as competências intelectuais são independentes, tendo sua origem e limites genéticos próprios e dispõem de processos cognitivos, também, próprios. As pessoas possuem particularidades, e isso as levam a uma forma específica da aprendizagem, pois cada um

organiza, de acordo com sua inteligência central, o processo cognitivo para resolver problemas, e se sobressair em profissões e tarefas distintas, que depende da inteligência desenvolvida pela pessoa. E, segundo Gardner e Hatch,

A introdução de atividades em uma ampla gama de áreas torna possível desafiar e examinar cada inteligência de maneira apropriada. Vincular as atividades às atividades vitais permite que os alunos descubram desenvolvam habilidades que, por sua vez, aumentam suas chances de experimentar um senso de engajamento e de alcançar algum sucesso em sua sociedade (GARDNER; HATCH, 1989, p. 7).

A seguir, são organizadas as Inteligências Múltiplas com suas respectivas características e distinções em que se pode associar algumas habilidades e suas individualidades. De forma que, as pessoas podem se adequarem as suas profissões conforme sua inteligência central. As Inteligências, habilidades e profissões afins, que para Gardner e Hatch (1989, p. 6), são:

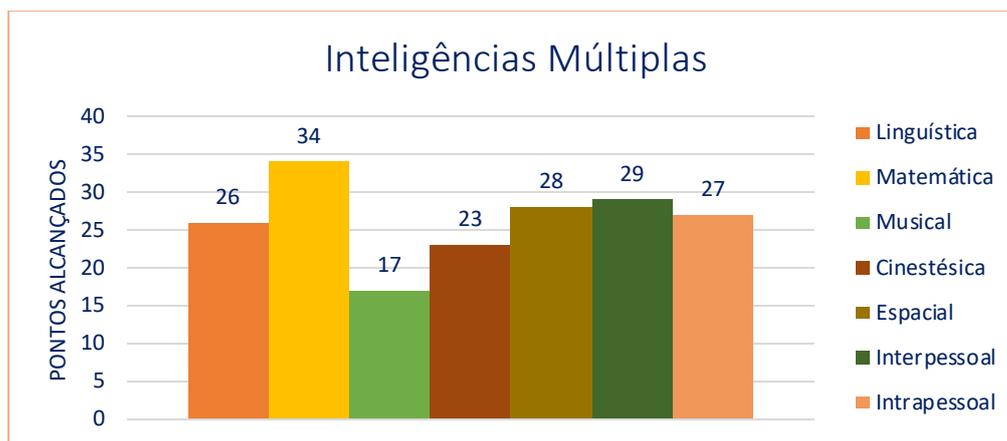
1. Lógico-matemática - Capacidade de discernir, padrões lógicos ou numéricos; Capacidade de lidar com grandes cadeias de raciocínio.
✓ Habilidades - Enumerar, seriar, deduzir, medir, comparar, concluir, provar (físicos, matemáticos, contadores).
2. Linguística – Sensibilidade aos sons, ritmos e significados das palavras; sensibilidade às diferentes funções da linguagem.
✓ Habilidades - Descrever, narrar, observar, comparar, relatar, avaliar, concluir e sintetizar (jornalista, poetas, escritores).
3. Musical - Habilidades para produzir e apreciar o ritmo, o tom e o timbre; apreciação das formas de expressividade musical.
✓ Habilidades - observar, identificar, relatar, reproduzir, conceituar e combinar ritmos, sons e melodias (compositores, cantores, atores).
4. Espacial - A capacidade de perceber com precisão o mundo visual e espacial e de realizar transformações sobre essas percepções.
✓ Habilidades - comparar, medir, relatar, transferir, demonstrar, interagir, sintetizar, interpretar, classificar (marinheiro, engenheiro, escultor, pintor).
5. Corporal-cinestésica – capacidade para controlar os movimentos do corpo e manipular os objetos habilmente.
✓ Habilidades - coordenação, equilíbrio, destreza força, flexibilidade e velocidade (dançarinos, atletas, cirurgiões e artistas).
6. Interpessoal – capacidade que se apresenta em indivíduos que possuem o poder do bom relacionamento com os outros.
✓ Habilidade de interagir, perceber, relacionar-se com empatia (vendedores, os políticos, professores, terapeutas e líderes religiosos).
7. Intrapessoal - capacidade correlata voltada para dentro, de formar um modelo acurado e verídico de si mesmo e conhecimento das próprias forças, fraquezas, desejos e inteligências.
✓ Habilidades - autoestima, autoconhecimento e ética.

Vale lembrar, que as inteligências podem se sobressair, serem notadas, externadas, de forma individual em cada pessoa, mas não significa que uma não interaja com a outra, ou seja, uma pessoa pode ter mais evidente uma certa inteligência e ao

mesmo tempo manifestar outras, de forma menos evidente que aquela que considerada central.

No Gráfico 1, observa-se a evidência da inteligência Lógica-Matemática em um teste de inteligências múltiplas feita no site da IDAAM (2018), demonstrando a inteligência lógico-matemática em conjunto com as demais.

Gráfico 1 - Resultado de um teste de desenvolvimento das Inteligências Múltiplas



Fonte: Adaptado do site da IDAAM (2018).

Esse teste foi realizado com um questionário de múltipla escolha contendo um total de 70 perguntas que encontram-se no anexo desse trabalho (ver A1). O teste foi realizado com o intuito de demonstrar que as demais inteligências estão presente em qualquer indivíduo e não apenas aquela que mais se destaca, a inteligência central. Esse teste consegue explicitar as sete inteligências que o ser humano pode desenvolver (GARDNER; HATCH, 1989; GARDNER, 1994; ANTUNES, 2002). Para cada questão, se poderia escolher uma única resposta de quatro opções, e cada opção tem um peso em pontos, cujas opções e pesos eram: discordo totalmente (1 ponto), discordo parcialmente (2 pontos), concordo parcialmente (3 pontos) e concordo totalmente (4 pontos).

No Gráfico 1, observa-se que apesar de se sobressair a Inteligência Lógica-Matemática, que é evidente nos profissionais das áreas de cálculos, como: Físicos, Matemáticos, Contadores, Economistas dentre outros, as demais inteligências também estão presente e se manifestaram. Porque, como dito antes, o ser humano tem a capacidade de desenvolver não apenas uma única inteligência, e sim, aquela que é evidenciada em conjunto com as demais, mesmo que estas sejam menos evidenciadas. Dessa forma, a escola deve contribuir para que o indivíduo consiga desenvolver suas inteligências,

pretenda o discente ser um profissional das áreas exatas, ou das humanas, ou qualquer que seja sua pretensão profissional. Para Armstrong (2001),

Na realidade, a Teoria das Inteligências Múltiplas defende nada menos do que uma mudança fundamental na maneira pela qual as escolas estão estruturadas. Ela transmite a educadores do mundo todo a vigorosa mensagem de que os alunos que chegam à escola no início de cada dia têm o direito de viver experiências que ativem e desenvolvam todas as suas inteligências (ARMSTRONG, 2001, p. 63).

Promover meios que desenvolva as inteligências dos alunos, é prover o convívio dos mesmos como cidadão, pois eles convivem em sociedade, precisam conhecer o seu idioma, convivem com seus semelhantes, ouvem músicas, vão em apresentações, assistem a jogos e, tudo, pode aguçar o interesse das pessoas por conhecer as outras áreas do conhecimento que não seja aquela em que o indivíduo tenha domínio.

De acordo com o que foi exposto, qualquer pessoa pode aprender os conteúdos ministrado pelo professor sobre qualquer disciplina na escola (CARPINTERO; CABEZAS; SÁNCHEZ, 2009). Assim, em uma turma heterogênea em que alguns alunos tem preferência pelas ciências humanas não significa que os mesmos não possuam a capacidade de aprender os temas ensinados nas ciências exatas, ainda que esse conhecimento a ser desenvolvido seja o mínimo necessário para que o professor possa prosseguir para o próximo conteúdo a ser ministrado. Para isso, se faz necessário o uso de atividades variadas, que segundo Gardner e Hatch,

A introdução de atividades em uma ampla gama de áreas torna possível desafiar e examinar cada inteligência de maneira apropriada. Vincular as atividades às atividades vitais permite que os alunos descubram desenvolvam habilidades que, por sua vez, aumentam suas chances de experimentar um senso de engajamento e de alcançar algum sucesso em sua sociedade (GARDNER; HATCH, 1989, p. 7).

Dessa maneira, após a ministração das aulas de física, os alunos podem ser submetidos ao game proposto por esse trabalho, desde que o professor perceba que a turma adquiriu conhecimento suficiente para responder as perguntas sobre os temas da dinâmica contidas no jogo, mesmo que não possuam afinidade com a disciplina, segundo a Teoria das Inteligências Múltiplas, são capazes de aprender tais conteúdos pois a IM Lógica-Matemática também pode ser desenvolvida por qualquer pessoa (PRIETO; FERRÁNDIZ, 2001; KUO et al, 2010). Além disso, a lógico-matemática relaciona-se com as demais IM, segundo Antunes,

A relação dessa inteligência com as demais é muito explícita. A beleza da lógica e a expressão pura da matematização do cotidiano precisam da inteligência linguística e essa busca espacial da matemática não dispensa a inteligência cinestésica corporal. Não há nada mais matemático do que a dança de um grande bailarino, e a própria expressão da geometria não dispensa a inteligência pictórica. A espacialidade é quase nada sem matemática e os grandes músicos fazem da sua arte uma matemática sonora. Toda a força poética dessas múltiplas relações talvez se sintetize na mensagem de Fernando Pessoa: "O binômio de Newton é tão belo quanto a Vênus de Milo" (ANTUNES, 2002, p. 33).

E vale lembrar, que o game educacional desenvolvido é um mecanismo para avaliar a aprendizagem do educando em dinâmica e diagnosticar os erros que, porventura, tenham sido cometidos pelos alunos durante o jogo. Assim, o professor poderá intervir com novas atividades para conduzir o discente a resgatar o conhecimento que deixou de aprender e, posteriormente, submetê-lo, novamente, ao game para novo diagnóstico avaliativo.

O teste das inteligências múltiplas realizado nesta pesquisa apontou os discentes que precisavam de uma atenção maior por não terem ainda desenvolvido a Inteligência Lógica-Matemática, que é a inteligência devida para o entendimento dos conteúdos da Física. Esse apontamento, que é uma forma de diagnosticar a afinidade dos alunos com a disciplina e seus conteúdos, serviu de suporte para a utilização de atividades múltiplas com o intuito de desenvolver a inteligência matemática no discente, o que favoreceu a superação dos mesmos na avaliação da aprendizagem com a utilização do *Game Zeeman* desenvolvido.

Nesse sentido, aborda-se a avaliação da aprendizagem na próxima seção em uma perspectiva de autores como: Perrenoud (1999), que defende a avaliação formativa como forma de evolução do aluno no desenvolvimento da aprendizagem; Luckesi (2011), que mostra uma visão da avaliação como meio para subsidiar a aprendizagem, dentro de um mínimo de conhecimento que deve ser alcançado pelo aluno e planejado pelo professor, com o intuito de equalizar o desenvolvimento do conhecimento aos aprendizes; e Hoffmann (2009), que aborda o erro na avaliação como uma oportunidade de evoluir o aluno na aprendizagem dos conteúdos das disciplinas. Como o objetivo central deste trabalho foi desenvolver um game para avaliar os conhecimentos dos conteúdos de Dinâmica, torna-se importante se analisar uma visão atualizada sobre avaliação da aprendizagem que fundamenta e norteia as fases avaliativas do game desenvolvido.

4 UMA PERSPECTIVA SOBRE A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Em geral, o termo avaliação remete os professores a pensarem nos conteúdos ensinados e na prova como verificação da aprendizagem dos alunos quanto aos conteúdos trabalhados. Os alunos pensam em uma melhor forma de obter uma boa nota na prova ou teste que o professor irá aplicar. Os pais pensam no boletim ao final do ano, semestre ou bimestre e, conseqüentemente, nas notas que seus filhos irão ter nesse boletim, com a preocupação de que seus filhos obtenham médias para serem aprovados. Na realidade, o próprio sistema de ensino se baseia em torno das médias e das notas dos alunos, quando divulga as médias e estatísticas como os norteadores que mostram se os alunos estão aprendendo os conteúdos propostos pelas diretrizes curriculares. Discordando dessa percepção, Perrenoud (1999, p. 145) afirma que: “[...] Para mudar as práticas no sentido de uma avaliação mais formativa, menos seletiva, talvez se deva mudar a escola, pois a avaliação está no centro do sistema didático e do sistema de ensino”.

Partindo desse contexto, o sistema de ensino, os professores, os profissionais da educação, os pais e os alunos precisam repensar o verdadeiro sentido da avaliação da aprendizagem. O que é proposto, acima, nada mais é do que verificação da aprendizagem e não avaliação da aprendizagem. A verificação é seletiva, taxativa, exclui o educando do processo da aprendizagem, se preocupa somente em aprovar ou reprovar com o uso de médias aritméticas ou ponderadas, ou outra forma de medida e trata o educando como “coisa” e não como um ser humano em desenvolvimento com um pensamento social, cultural, político, científico e que é parte da sociedade e da comunidade em que vive. Conforme afirma Luckesi:

O modo de trabalhar com os resultados da aprendizagem escolar – sob a modalidade da verificação – reifica a aprendizagem, fazendo dela uma “coisa” e não um processo. O momento de aferição do aproveitamento escolar não é ponto definitivo de chegada, mas um momento de parar para observar se a caminhada está ocorrendo com a qualidade que deveria ter. neste sentido, a verificação transforma o processo dinâmico da aprendizagem em passos estáticos e definitivos. A avaliação, ao contrário, manifesta-se como um ato dinâmico que qualifica e subsidia o reencaminhamento da ação, possibilitando conseqüências no sentido da construção dos resultados que se deseja. (LUCKESI, 2011, p. 54).

O ponto central da verificação é a média dos alunos no final de um bimestre, ou um semestre, ou até mesmo no fim do ano letivo, é uma forma de controle e regulação (CATANI; OLIVEIRA; DOURADO, 2002; LIBÂNEO, 2012); porém, a média não

representa o real aprendizado dos educandos nos conteúdos trabalhados pelo professor (FREITAS; OVANDO, 2013; HORTA NETO, 2014). Como exemplo, pode-se pensar em uma situação em que o aluno, em um teste sobre o conteúdo “Primeira Lei de Newton”, obtenha uma nota 10 (dez); em um segundo teste, agora, sobre o conteúdo “Segunda Lei de Newton”, obtenha 8 (oito); por fim, um terceiro teste, dessa vez, sobre o conteúdo “Terceira Lei de Newton”, obtenha uma nota 0 (zero). A média aritmética desse aluno seria 6 (seis), o que corresponde a um aprendizado, em relação as três Leis de Newton, razoavelmente bem, o que justifica sua aprovação em alguns sistemas de ensino. Mas, na verdade essas notas significam que o aluno aprendeu muito bem a primeira Lei, obteve um decréscimo na aprendizagem da segunda Lei, ou seja, em ambas seu aprendizado é tido como satisfatório; mas, com relação a terceira Lei, o aluno não conseguiu aprender e obteve um resultado não satisfatório em seu desempenho no teste. Esta análise é interessante porque taxa o aluno com uma nota seis em todos os conteúdos, o que não é verdade. O educando conseguiu êxito nos dois primeiros conteúdos, e não conseguiu nada no terceiro, e, caso este seja cobrado em futuras aulas, ele se sairá mal nos testes e provas. Essa média mascara a aprendizagem do aluno e não corresponde a sua real situação em relação ao desenvolvimento do conhecimento. Como afirma Luckesi:

A média mínima de notas é enganosa do ponto de vista de ter ciência daquilo que o educando adquiriu. Ela opera no que diz respeito ao aproveitamento escolar, com pequena quantidade de elementos – dois, três ou quatro resultados; e a média, em número reduzido de casos, cria, como sabemos, uma forte distorção na expressão da realidade. (LUCKESI, 2011, p. 56).

Por outro lado, a avaliação da aprendizagem é um mecanismo que subsidia o ensino e a aprendizagem do educando. Ela inclui o aluno e o auxilia a desenvolver seu pensamento acerca dos conteúdos ministrados, além de leva-lo a autonomia, é uma avaliação qualitativa, processual, inclusiva e democrática que promove uma aproximação entre professor e aluno de forma interativa (SAUL, 1988; PERRENOUD, 1999; HADJI, 2001; MACHADO, 2012; CIASCA; SILVA; ARAÚJO, 2017). Dentro do ambiente escolar deve ocorrer mudanças em relação a avaliação da aprendizagem, de forma que para Vianna (2000),

[...] a avaliação não se limita apenas à verificação do rendimento escolar, atividade rotineira (e burocrática) no âmbito institucional da escola. A avaliação atual concentra-se em um nível maior, segundo uma perspectiva integrada a programas de qualidade. (VIANNA, 2000, p. 21).

Revisitando-se o exemplo anterior, e, em vez de se verificar a aprendizagem, fosse avaliada a aprendizagem, planejar-se-ia um mínimo de aprendizagem para cada conteúdo ministrado a serem alcançados pelos alunos. Como o objetivo é o mínimo de conhecimento, no sentido do conteúdo necessário para a aprendizagem dos próximos assuntos a serem trabalhados e que tem como base a aquisição do mínimo de conhecimento estipulado pelo professor, as atividades diversificadas seriam propostas para que os alunos alcançassem esse objetivo e prosseguissem na busca pelo próximo conhecimento. Na visão de Vasconcellos (2003, p. 16), na avaliação não precisa ocorrer a “[...] construção de novos conceitos, mas sim a desconstrução de outros já enraizados; não se trata apenas de adquirir uma cultura de avaliação, mas de mudar uma já existente”.

Em uma turma de alunos, o pensamento e a aprendizagem nunca será homogêneos, mas sim, um aprendizado diversificado. Todavia, quando se faz o diagnóstico do processo de aprendizagem dos alunos, pode-se aplicar diferentes atividades para construir o conhecimento adquirido sobre o conteúdo, até que os discentes atinjam o mínimo proposto pelo professor sobre determinado conteúdo trabalhado em sala de aula. O que na perspectiva de Perrenoud (1999, p. 145) é: “[...] uma evolução das práticas no sentido de uma avaliação formativa, de uma avaliação que ajude o aluno a aprender e o professor a ensinar”.

Dessa forma, aqueles que possuem a inteligência múltipla lógica-matemática, terão como avançar para problemas mais complexos sobre os conteúdos de Dinâmica e, aqueles que ainda não desenvolveram tal inteligência, possam obter um aprendizado sobre o assunto de forma que consigam entender os próximos conteúdos que tem como base os conhecimentos adquiridos anteriormente (OLIVEIRA et al, 2011). Isso seria uma maneira de equalizar a aprendizagem em uma turma diversificada, como afirma Luckesi,

Alguns alunos, devido às diferenças individuais, culturais e sociais, ultrapassarão, facilmente ou com certa dose de trabalho, o mínimo necessário; outros, porém, pelo menos, chegarão ao mínimo. Isso garantiria uma equalização entre os alunos, ao menos nas condições mínima de aprendizagem dos conteúdos escolares. Esse seria um caminho para garantir a socialização do saber, no contexto da escola, pois todos adquiririam o mínimo necessário, e a avaliação estaria a serviço desse significativo processo social e político. (LUCKESI, 2011, pp. 57-58).

Outro ponto de equívoco é a recuperação da aprendizagem adotada em muitas escolas, pois, nada mais é do que um novo teste, exame, prova, sobre os conteúdos já trabalhados em sala de aula. Ou seja, após a prova bimestral, se o aluno não obteve nota que lhe propicie alcançar uma média, que segundo o sistema escolar de muitas escolas,

retrata o aprendizado do discente sobre aquela disciplina ministrada pelo professor, o aluno é novamente submetido aos conteúdos, isso quando o professor retrocede e ministra a mesma aula dada anteriormente, para fazer mais uma prova sobre o mesmo assunto. Assim, se sua nota for maior que a nota da prova bimestral, aquela substitui essa, ou, se sua nota for menor que a nota da prova bimestral, fica valendo a maior nota, no caso, a nota da prova bimestral. Enquanto que para Hadji (2001):

A avaliação no sentido estriado é apenas um auxiliar da ação pedagógica. Isso significa ao mesmo tempo que ela não passa de um de seus componentes e que o importante para os professores-avaliadores é ensinar, isto é, ajudar os alunos a progredirem em suas aprendizagens. É isso que parece afirmar de modo surpreendente, ainda que implícito, a prática de avaliação formadora (HADJI, 2001, p. 66-67).

De outra forma, a avaliação de recuperação da aprendizagem do aluno deve ser percebida e concebida paralelamente ao desenvolvimento das aulas com o uso da avaliação diagnóstica, e esta, através das atividades, dos problemas propostos, dos desafios, perceber as dificuldades do discente acerca do conteúdo trabalhado naquele momento, e com tempo hábil, recuperar a aprendizagem do aluno com a avaliação formativa utilizando-se dos erros para conduzi-lo a construção do conhecimento, pois os erros são oportunos para a aprendizagem do discente. Segundo Ferreira (2013, p. 201): “A essência da mudança do paradigma da avaliação está no acompanhamento do processo de ensino, contínuo, participativo, diagnóstico e investigativo, singular – no tempo adequado de aprendizagem de cada um?”. A partir do erro, o professor pode motivar o aluno a saber porque ele errou, onde ele errou e qual a solução para seu erro. Para Macedo (1994),

Se o erro faz parte do processo, se pode ser analisado de diferentes ângulos, então não se trata de negá-lo ou justificá-lo de maneira complacente, nem de evitá-lo por meio de punições, mas de problematizá-lo, transformando-o em uma situação de aprendizagem. O importante é sabermos a serviço do que está a correção e qual seu sentido – estrutural ou funcional – a criança (MACEDO, 1994, p. 77).

Dessa forma, o aluno evolui na busca pelo conhecimento e no pensar de forma autônoma para alcançar o mínimo de conhecimento sobre o conteúdo necessário à sua aprendizagem e continuidade em seu desenvolvimento. Isso é a evolução natural no processo de aprendizagem a que se refere Hoffmann,

O grande equívoco das escolas, a meu ver, está em conceber recuperação como repetição e não como evolução natural no processo de aprendizagem. Não se trata de voltar atrás, mas de prosseguir com experiências educativas

alternativas que provoquem o estudante a refletir sobre os conceitos e noções em construção. Significa considerar dúvidas e erros como propulsores da ação e não como entraves, interpretando-lhes a natureza epistemológica e implementando ações desafiadoras coerentes. (HOFFMANN, 2009, p. 24).

Ao se propor uma experiência prática sobre dinâmica para o aluno ou para um grupo de alunos, esta deve conter todos os passos a serem seguidos, ou seja, o manual da experiência prática. Por mais que o professor tenha ministrado a aula sobre o assunto, questionado, feito exemplos, o aluno poderá errar na hora de preparar a experimentação, poderá errar na hora de fazer os cálculos, e isso, é natural dentro do processo de aprendizagem. Porém, o erro deve ser visto como uma oportunidade de aprendizagem, de motivação, de questionar, provocar, de evoluir na busca do conhecimento. O importante é não deixar o educando desistir quando aparecer uma dificuldade, uma barreira, até mesmo, porque em sua vida sempre haverá problemas, barreiras a serem ultrapassadas. Tais erros, são defendidos por Hoffmann como um dos momentos importantes na aprendizagem do aluno:

Assim como as crianças, jovens e adultos também aprendem fazendo muitos ensaios e erros, naturais ao processo, esperados em determinados momentos da construção de noções, de atividades a realizar. Esses erros representam momentos tão ou mais significativos que os acertos, à medidas que levam à autocorreção, à tomada de consciência, a tentativas de superação. Eles dizem muito sobre a “qualidade” (no sentido das estratégias) dos processos percorridos. (HOFFMANN, 2009, p. 48).

Usando uma analogia que retrata o erro como uma maneira de persistência, até que se alcance um resultado dentro do mínimo estipulado ou acima disso, feita por Luckesi (2011), que diz:

Não basta lermos uma receita de como fazer um determinado alimento para dizer que já sabemos fazê-lo. De fato, a essa altura, somente temos informação de como ele pode ser feito; após isso, importa, tentar produzi-lo na cozinha e no fogão de nossa casa, acertando e errando até conseguir o melhor resultado. Mas nunca desistindo (LUCKESI, 2011, p. 31-32).

Uma pessoa para fazer um bolo, deve conhecer muito bem a receita (teoria), mas não significa que ele saiba fazer o bolo (prática). Para fazer o bolo, deve-se saber o ponto da mistura da massa com seus ingredientes, deve-se saber a temperatura exata do forno para colocá-lo para assar, deve-se saber o tempo certo em que o bolo tem que permanecer no forno e, mesmo assim, até que se consiga fazer um excelente bolo, este irá queimar, solar, até que se consiga acertar o ponto em que o resultado final seja bom. Com essa analogia, significa que o professor pode aprender muito sobre a avaliação, mas é na prática do cotidiano educacional que o resultado será moldado, lapidado, torneado.

Segundo Villas Boas (2008, p. 24), “[...] a avaliação, ao ser mal praticada, alia-se ao trabalho escolar desprovido de prazer e de sentido não só para alunos, mas também para professores”.

O importante é não desistir da avaliação da aprendizagem, e sim, desistir da verificação da aprendizagem, mesmo que o sistema de ensino, outros colegas de profissão, pedagogos, coordenadores, pais de alunos, sejam contra essa luta árdua que espera aqueles que querem mudar o ensino e querem usar a avaliação como mecanismo subsidiador da aprendizagem de seus alunos. Porque, atualmente, o que se tem é um equívoco, conforme afirma Luckesi,

Pais, sistemas de ensino, profissionais da educação, professores e alunos, todos têm suas atenções centradas na promoção, ou não, do estudante de uma série de escolaridade para outra. O sistema de ensino está interessado nos percentuais de aprovação/reprovação do total dos educandos; os pais estão desejosos de que seus filhos avancem nas séries de escolaridade; os professores se utilizam permanentemente dos procedimentos de avaliação como elementos motivadores dos estudantes, por meio da ameaça; os estudantes estão sempre na expectativa de virem a ser aprovados ou reprovados e, para isso, servem-se dos mais variados expedientes. O nosso exercício pedagógico escolar é atravessado mais por uma pedagogia do exame que por uma pedagogia do ensino/aprendizagem. (LUCKESI, 2011, p. 36).

A avaliação passa por um processo bem mais elaborado e vem de uma reflexão aprofundada dentro do ensino institucional. O ambiente escolar tem que ser constantemente avaliado para que se possa discutir os acertos e erros, advindos de uma prática pedagógica para obtenção do sucesso escolar. Se outrora o educando era o único a ser avaliado, ocorria um erro dentro do sistema educacional, pois, quando se avalia um aluno, uma turma de alunos e não se obtêm sucesso, algo deve estar errado. Então, a maneira de pensar e refletir avaliação também estar errada. E, segundo Vianna (2014, p. 103): “A partir das nossas vivências pessoais, quantitativo e qualitativo, objetivismo e subjetivismo, deixaram de ser polos opostos, irreconciliáveis, que não podem coexistir, mas posicionamentos que se completam no exercício da avaliação educacional [...]”.

Neste contexto, pensar em avaliação não é só avaliar o aluno, mas avaliar a prática pedagógica escolar, diagnosticando os erros e redirecionando a prática pedagógica, para que se tenha sucesso no processo de ensino e aprendizagem como um todo. Visto desta maneira, a avaliação retrata um processo contínuo dentro do sistema educacional. Portanto, o professor passa a não ser o dono da verdade, mas um reflexo de uma instituição que pensa na avaliação dentro da prática pedagógica. Conforme afirma Hoffmann:

Esse professor [...] cumpre a exigência da escola sem perceber que a ação de avaliar se fez presente e de forma efetiva na sua ação educativa. E que o equívoco se encontra nas exigências burocráticas da escola e do sistema. [...] São necessárias a tomada de consciência e a reflexão a respeito desta compreensão equivocada de avaliação como julgamento de resultados, porque ela veio se transformando numa perigosa prática educativa. A avaliação é essencial à educação. Inerente e indissociável enquanto concebida como problematização, questionamento, reflexão sobre a ação. (HOFFMANN, 2014, p. 15).

Avaliar é refletir sobre uma determinada realidade, a partir de dados e informações. Emitir dados e informações é emitir um julgamento que possibilite uma tomada de decisão. Medir é apenas descrever uma realidade, ou seja, é obter dados e informações sobre ela. Neste sentido, provas e exames não são o modelo mais eficiente de avaliação, na realidade é uma verificação de aprendizagem, é apenas um mecanismo que excludente e que classifica aqueles que, segundo os exames, são aprovados ou reprovados. Isso é a prática escolar que afirma Luckesi:

A prática escolar usualmente denominada de avaliação da aprendizagem pouco tem a ver com avaliação. Ela constitui-se muito mais de provas/exames do que de avaliação. Provas/exames têm por finalidade, no caso da aprendizagem escolar, verificar o nível de desempenho do educando em determinado conteúdo (entendendo por conteúdo o conjunto de informações, habilidades motoras, habilidades mentais, convicções, criatividade etc.) e classificá-lo em termos de aprovação/reprovação (para tanto, podendo utilizar-se de níveis variados, tais com: superior, médio-superior, médio, médio-inferior, inferior, sem-rendimento; ou notas que variam de 0 a 10, ou coisa semelhante). Desse modo, provas/exames separam os “eleitos” dos “não-eleitos”. Assim sendo, essa prática exclui uma parte dos alunos e admite, como “aceitos”, uma outra. Manifesta-se, pois, como uma prática seletiva (LUCKESI, 2011, p. 168).

Vale lembrar, que a reflexão da realidade não deve ficar apenas no parâmetro do pensar e, sim, no diagnosticar e praticar as ações de impacto dentro do sistema educacional para um melhor ensino e aprendizagem do educando. Pois aquele modelo de avaliação é tradicional e excludente, que segundo Fonseca (2015, p. 81) é, “[...] identificada com princípios quantitativos, em que a função da avaliação está relacionada à classificação dos alunos, tendo em vista sua aprovação ou reprovação ao final de um período letivo”.

É preciso que fique claro, que nesse trabalho não está se descartando o uso do teste ou da prova escrita ou outro método avaliativo que o professor costuma usar em seu trabalho escolar como um dos mecanismos para se realizar a avaliação da aprendizagem, mas o que é proposto é que esse não seja o único método a ser usado para avaliar e que seja utilizado para diagnosticar o aprendizado, não como ponto definitivo mas parte do

processo evolutivo do educando na construção do aprendizado durante o bimestre, ou semestre ou ano letivo. O que para Villas Boas (2015), é:

A interação entre professor e aluno durante todo um período ou curso é um processo muito rico, oferecendo oportunidade para que se obtenham vários dados. Cabe ao professor estar atento para identificá-los, registrá-los e usá-los em benefício da aprendizagem. Portanto, a utilização exclusiva de provas escritas para decidir a trajetória de estudos do aluno deixa de considerar os diferentes estilos e manifestações de aprendizagem. A prova é um instrumento que pode ser útil quando seus resultados são associados aos de outros procedimentos. (VILLAS BOAS, 2015, p. 36).

O uso de jogos como estratégia de avaliação se tornam relevantes como método didático, porque o game é um recurso que faz parte do cotidiano do aluno e o mesmo já possui familiaridade com os comandos e estratégias para jogá-lo (CHEE, 2016; WARREN, 2017). Assim, cabe ao professor pesquisar a melhor forma de implementar os jogos para serem usados na avaliação da aprendizagem do aluno na disciplina ministrada (GROS, 2003). Como o game proporciona diversão ao aluno em seu dia a dia, essa ludicidade pode ser usada como estratégia eficiente para inseri-lo, de forma ativa, no processo de aprendizagem. Além disso, o game estimula o jogador a querer sempre vencer suas etapas e, no caso do game educacional proposto, para o educando vencer suas fases é preciso adquirir conhecimentos sobre os conteúdos da dinâmica, o que pode direcioná-lo a buscar esse conhecimento nas aulas do professor, em pesquisar na internet, nos livros didáticos, ou outra forma encontrado na literatura. Dessa forma, o discente se torna agente ativo no processo de ensino e aprendizagem da disciplina Física e, no caso mais específico desse estudo, nos conteúdos da Dinâmica. Nesse contexto, aborda-se na subsecção que segue a diferença entre gamificação, jogos sérios e jogos educacionais, direcionados à visão do uso dos jogos eletrônicos como motivação e engajamento dos alunos para a disciplina de Física, como método estratégico para êxito do discente na avaliação utilizando-se um game educacional em substituição da avaliação cumulativa convencional.

4.1 O Game Educacional Desenvolvido como Estratégia de Avaliação

Os jogos eletrônicos são considerados umas das formas eficientes para a aprendizagem, com potencial de direcionamento para as disciplinas ensinadas nas escolas (GROS, 2003; GEE, 2007; 2007; 2013). Atualmente, os jogos digitais são divididos em jogos de entretenimento, jogos sérios (*serious games*) e jogos educacionais (GEE, 2013;

CHEE, 2016; DÖRNER, 2016). Para Dörner (2016, p. 7, tradução nossa), “um jogo de entretenimento é um jogo digital que tem exclusivamente como objetivo entreter o jogador”. Um outro termo muito utilizado pelos desenvolvedores de jogos e também pelos que usam jogos em sala de aula, quer sejam jogos digitais ou eletrônicos ou jogos de outro tipo, é o termo gamificação. Termo que se diferencia de jogos com um propósito, segundo Dörner (2016, p. 7, tradução nossa), “Gamificação significa adicionar elementos de jogos a uma área que não é de jogos, enquanto jogos com um propósito denotam jogos projetados para explorar uma área específica para alcançar uma finalidade não relacionada a jogos”. Por outro lado os jogos sérios são subconjuntos da gamificação que agregam subsídios para um possível jogo educacional, como explica Kapp (2012);

Os jogos sérios serão considerados uma forma de gamificação porque os jogos sérios são um subconjunto específico do metaconceito de gamificação. A gamificação engloba a ideia de adicionar elementos de jogo, pensamento de jogo e mecânica de jogo ao aprendizado. O objetivo da gamificação é fazer com que seja normalmente apresentado como uma palestra ou um curso de e-learning e adicionar elementos baseados em jogos (história, desafio, feedback, recompensas, etc.) e criar uma oportunidade de aprendizagem gamificada na forma de um jogo educativo, na forma de elementos de jogo, em cima de tarefas normais, como ocorrer nos exercícios, ou na forma de uma envolvente experiência de sala de aula, em que os alunos participam de um desafio baseado na história para dominar os apresentados (KAPP, 2012, p. 18, tradução nossa).

Com o exposto, pode-se definir os jogos educacionais ou educativos ou de aprendizagem como sendo um subconjunto de um jogo sério que usa a gamificação com o intuito de ensinar um conteúdo específico ou vários conteúdos, tudo depende do jogo desenvolvido, de forma a envolver a sala de aula em um ambiente lúdico para se alcançar uma eficiência no ensino e aprendizagem dos alunos. E, segundo Chee (2016), depende do envolvimento dos professores e alunos para que ocorra o sucesso dos jogos educacionais como ferramenta pedagógica;

A eficácia dos jogos para aprendizagem depende em grande parte da capacidade dos professores para alavancar jogos de forma eficaz como ferramentas de aprendizagem e na disposição dos alunos de se envolverem em jogos e outras atividades pedagógicas - como interações dialógicas para a criação de significado - para que o uso do jogo no currículo tornar-se eficaz para o aprendizado (CHEE, 2016, p. 4, tradução nossa).

Para que um jogo educacional seja incluído no currículo escolar é preciso que o mesmo tenha relação com os conteúdos estudados em sala de aula, do contrário, o jogo não passará de mais um jogo de entretenimento e não corresponderá a um jogo educacional viável para sala de aula. Ele pode até mesmo ser divertido e envolver os alunos, o que é natural por se tratar de um jogo digital, mas se não tiver relação com

aquilo que o professor planejou para aula, ou seja, para o que faz parte do currículo escolar, será apenas mais um brinquedo. No jogo educacional, segundo Chee (2016, p. 4, tradução nossa), “os alunos precisam identificar, enquadrar e resolver problemas envolvendo atividades complexas que, por definição, simulam situações realistas que exigem tomadas de decisão e ações [...]”. O que de certa forma não deixa de envolver a gamificação, ou seja, o jogo educacional é um subconjunto do jogo sério, este contém em seu ambiente a gamificação, o que inclui no educacional a mesma gamificação. O que ocorre quando se, “está usando mecânica baseada em jogos, estética e pensamento de jogo para envolver as pessoas, motivar a ação, promover o aprendizado e resolver problemas (KAPP, 2012, p. 10, tradução nossa)”.

O game Zeeman desenvolvido para esse trabalho possui as características de um jogo educacional, pois utiliza-se de um ambiente de jogos digitais sérios para discussões de problemas que envolvem os conteúdos da dinâmica, conteúdos que envolvem problemas que retratam situações realísticas do cotidiano educacional do aluno (KAPP; BLAIR; MESCH, 2014; CHEE, 2016). E, utiliza-se da estratégia da ludicidade do ambiente de game para motivar e envolver o aluno no desenvolvimento da aprendizagem dos conteúdos da disciplina proposta, com o intuito de avaliá-lo quanto ao aprendizado através das resoluções de problemas conceituais e subjetivos encontrados no jogo criado em substituição da avaliação somativa ou cumulativa (HADJI, 2001; KAPP, 2012; KAPP; BLAIR; MESCH, 2014).

Como visto antes, a avaliação é um mecanismo que subsidia o aprendizado e está à disposição do educador para ser usada dentro do processo avaliativo. Cabe ao professor enfatizar um modelo que seja consistente com sua forma de avaliação adotada. Um modelo a ser considerado mais apropriado a um projeto pedagógico dinâmico que busca a transformação da realidade. Mesmo porque, as três funções da avaliação, a diagnóstica, a formativa e a somativa, são interdependentes, isto é, elas dependem uma das outras e se complementam. Segundo Otaviano; Silva; Lima, (2017, p. 294) “Para entender a avaliação, é preciso identificar os tipos de avaliação possíveis, os métodos que poderão ser utilizados e qual é o tipo de avaliação mais apropriado que ajudará o aluno a crescer no seu desempenho intelectual”. O que não pode ocorrer, é o professor se limitar a um modelo de avaliação que consiste apenas em testes escritos e atribuir uma nota ao aluno, como se o educando fosse um objeto que não possui sentimento, valor e cidadania. O processo de ensino leva o educador a buscar mudanças dentro dos parâmetros da educação para melhor ensinar e avaliar. Corroborando com o que diz Hoffmann (2014, p.

17), “um professor que não avalia constantemente a ação educativa, no sentido indagativo, investigativo do termo, instala sua docência em verdades absolutas, pré-moldadas e terminais”.

O professor que pesquisa adquire conhecimento prévio e suficiente para responder as indagações dos alunos, e o questionamento é uma forma de a avaliação contínua. Porque o questionamento do aluno indica que o mesmo está de fato buscando entender os temas discutidos nas aulas. E quando o professor durante as aulas lança um questionamento para a turma e os discentes respondem com propriedade, significa que o conteúdo foi compreendido. Para Barros Filho e da Silva (2002):

[...] a avaliação é um requisito básico para o melhoramento da qualidade de ensino, à medida que pode vir a ser usada como um instrumento de feedback tanto para os professores quanto para os alunos. A avaliação deve servir para acompanhar o desenvolvimento dos alunos, permitindo fazer mudanças, ajustes e correções nas ações pedagógicas, verificando se determinada atividade teve o resultado (BARROS FILHO; DA SILVA, 2002, p. 29).

Neste ponto, o professor está avaliando a aprendizagem dos alunos de forma contínua. Dessa forma, o educando pode ter sucesso nas avaliações, que passam pela prognóstica ou diagnóstica, formativa e cumulativa ou somativa (HADJI, 2001; OTAVIANO; SILVA; LIMA, 2017).

A ferramenta de avaliação da aprendizagem proposto nesse trabalho está em consonância com a avaliação discorrida pelos autores Perrenold (1999), Luckesi (2011) e Hoffmann (2009; 2014) e outros, pois, o jogo educacional é uma estratégia eficiente de aproximar o aluno dos conteúdos da disciplina Física. E, o game proposto, além de ser desenvolvido em uma das plataformas em que são desenvolvidos alguns jogos usados pelos alunos, a forma como ele foi desenvolvido direciona o aluno a buscar conhecimento nas aulas, livros, internet e outras fontes literárias sobre o tema abordado. Pois segundo Hadji (2011, p. 15), “aqueles que acreditam na necessidade de uma avaliação formativa afirmam a pertinência do princípio segundo o qual uma prática – avaliar – deve tornar-se auxiliar de outra – aprender”. Como as fases que contém as perguntas estão de acordo com os conteúdos vistos durante os bimestres, tanto em uma sequência lógica quanto didática, como usada na maioria das escolas, tem-se uma facilidade na avaliação da aprendizagem do educando e por conseguinte um novo mecanismo de avaliação para subsidiar a aprendizagem em Dinâmica, como afirma Haydt (1988) apud Melo e Bastos (2012):

A avaliação do rendimento do aluno tem sido uma preocupação constante dos professores, pois faz parte do trabalho docente verificar e julgar o rendimento dos alunos, avaliando os resultados do ensino, e ainda porque o progresso alcançado pelos alunos reflete a eficácia do ensino. Nesse sentido, o rendimento do aluno reflete o trabalho desenvolvido em classe pelo professor, uma vez que, ao avaliar os alunos, o professor está também avaliando seu próprio trabalho. Portanto, a avaliação faz parte da rotina escolar e é responsabilidade do professor aperfeiçoar suas técnicas de avaliação (HAYDT, 1988, p. 7 apud MELO; BASTOS, 2012, p. 183).

O game proposto possui cinco fases, cada fase possui quinze perguntas teóricas e sete de cálculo sobre dinâmica e os assuntos abordados estão em uma sequência didática como encontrada no livro “Física Conceitual” de Paul Hewitt (2015), ou seja, possui, em sequência os conteúdos: as leis de Newton e suas aplicações, impulso, momento, colisões, trabalho e energia. Assim, ao término dos conteúdos ministrados nas aulas sobre os conhecimentos que envolvem as leis de Newton, por exemplo, os alunos foram submetidos ao game para o diagnóstico o desenvolvimento de conhecimento nos assuntos trabalhados.

A avaliação realizada com game desenvolvido ocorreu da seguinte maneira: o professor estipulou um mínimo de conhecimento que o discente deveria alcançar para que o mesmo prosseguisse ao próximo assunto, se o aluno passar pela primeira fase respondendo dez questões teóricas corretas, dentre as quinze propostas, e uma de cálculo entre as sete propostas, demonstraria que adquiriu conhecimento suficiente sobre os conteúdos abordados nas aulas. De forma sucinta, o aluno alcançaria um aprendizado significativo dentro do mínimo estipulado pelo professor sobre o conteúdo. Isso não significa que o aluno não pudesse aumentar sua nota no jogo. Para tanto, estabeleceu-se uma proporção que, ao acertar dez ou mais questões teóricas o discente alcançaria a nota seis, logo, precisaria acertar mais quatro questões de cálculo para obter a nota máxima, pois cada questão de cálculo valia um ponto. Todavia, se conseguisse acertar as sete questões de cálculo proposta por fase do jogo, alcançaria sete pontos, precisando apenas de mais cinco acertos nas questões teóricas para alcançar a nota máxima. Assim, tanto os alunos que melhor se adaptam aos conceitos como os que melhor se adaptam aos cálculos não seriam prejudicados com a avaliação no game.

Porém, para aqueles que não conseguiram atingir o mínimo de pontuação no jogo, conseqüentemente, o mínimo de conhecimento adquirido estipulado pelo professor, puderam recomeçar a fase do jogo e tentar ampliar seus pontos. Se o aluno conseguiu acertar, por exemplo, cinco teóricas e uma de cálculo, sua nota corresponderá a quatro. Ao reiniciar a fase o aluno pode tentar responder as dez teóricas e respondendo

corretamente essas questões, como já havia respondido uma de cálculo, sua nota passaria a ser sete, que foi o mínimo estipulado. Se desejar, o discente poderia tentar responder mais questões de cálculo para ampliar mais ainda sua nota. Isso foi possível porque o game possui uma aleatoriedade em cada um dos pontos de perguntas teóricas, ou seja, as perguntas não seriam as mesmas que foram feitas na primeira tentativa na avaliação.

A maior parte da nota na avaliação atribuiu-se ao conhecimento teórico de Física, pois conhecer os fenômenos e os conceitos que envolvem a Física se torna mais relevante para a aprendizagem do aluno e para a avaliação, do que a modelagem matemática da disciplina, que também não pode ser excluída da avaliação. Porque se o discente consegue resolver os problemas de cálculo proposto, significa que o mesmo conseguiu identificar e compreender a teoria envolvida no fenômeno físico discorrido no problema proposto na avaliação da aprendizagem.

Outro ponto positivo do jogo, é que mesmo que o aluno passe de fase, ou o jogo seja reiniciado, ou a fase seja reiniciada, as perguntas não serão as mesmas, pois, para cada ponto de pergunta onde estarão os “Guardiões de Energia” (personagem do jogo que faz as perguntas teóricas ao jogador) haverá um banco aleatório de três questões distintas. Assim, em uma única fase, que consta de quinze pontos de perguntas teóricas, o jogo terá 45 (quarenta e cinco) questões que serão disponibilizadas aleatoriamente por fase, totalizando 225 (duzentos e vinte e cinco) questões conceituais disponibilizadas nas cinco fases do game.

Se mesmo depois desse procedimento o aluno ainda não alcançar a nota mínima planejada pelo professor, o discente poderá tentar novamente ampliar sua nota na segunda fase, pois essa corresponde a recuperação dos conhecimentos da primeira fase. Pois, o problema da aprendizagem já deverá ter sido diagnosticado e recuperado com o uso de atividades diversificadas e o aluno poderá melhorar sua pontuação, conseqüentemente, sua nota (HOFFMANN, 2009). Assim, todos tem a oportunidade de aprendizagem dos conteúdos planejados pelo professor, e conseguirão obter uma nota satisfatória na avaliação e, esta, desenvolverá seu real papel que é auxiliar o ensino e a aprendizagem. Corroborando com o que diz Luckesi:

[...] o professor terá de planejar o que é o mínimo necessário e trabalhar com seus alunos para que todos atinjam esse mínimo. A avaliação, no caso, seria um mecanismo subsidiário pelo qual o professor iria detectando os níveis de aprendizagem atingidos pelos alunos e trabalhando para atinjam a qualidade ideal mínima necessária. Só passaria para um conteúdo novo, quando os alunos tivessem atingido esse patamar mínimo. (LUCKESI, 2011, p. 57).

Com o exposto, o game educacional pode ser uma das estratégias eficiente de aproximar o aluno dos conteúdos trabalhado em sala de aula de uma forma lúdica para direcionar a atenção do educando para o ensino dos conteúdos de física na escola. E é uma alternativa para as escolas se adequarem as tecnologias que dispersam a atenção dos alunos diante de uma realidade do cotidiano educacional e, assim, incluir o discente no processo avaliativo, convidando-o a melhorar seu aprendizado.

Dessa forma, a avaliação não exclui o educando, como se observa na aplicação de exames e provas que ocorrem sem diagnosticar os pontos que precisam ser desenvolvidos pelos discentes. A avaliação deve ser praticada com o diagnóstico, depois aplica-se atividades que desenvolvam cognitivamente o aluno com relação aos conteúdos ensinados, e, posteriormente, aplica-se a avaliação cumulativa ou somativa (HADJI, 2001). Se assim não ocorrer, não se estar diante de um processo avaliativo contínuo e, sim, diante de uma verificação da aprendizagem que taxa o aluno como “aprovado” ou “reprovado”, sem que o aluno tenha chance de desenvolver o conteúdo ministrado, é um ponto final, é uma prática excludente. Como discorre Luckesi;

Para distinguir essas duas condutas – examinar ou avaliar na escola –, basta relembrar sucintamente que o ato de examinar se caracteriza, especialmente (ainda que tenha outras características) pela *classificação* e *seletividade* do educando, enquanto que o ato de avaliar se caracteriza pelo seu *diagnóstico* e pela *inclusão*. O educando não vem para a escola para ser submetido a um processo seletivo, mas sim para aprender e, para tanto, necessita do investimento da escola e de seus educadores, tendo em vista efetivamente aprender. O investimento necessário do sistema de ensino é para que o educando aprenda e a avaliação está a serviço dessa tarefa. Os exames, por serem classificatórios, não têm essa perspectiva; a sua função é de sustentar a aprovação ou reprovação do educando; função diversa de subsidiar um investimento significativo no sucesso da aprendizagem, própria da avaliação. (LUCKESI, 2011, p. 29).

O jogo desenvolvido é uma estratégia para avaliação da aprendizagem que pode aproximar a escola do cotidiano do aluno, direcionar a atenção dos educandos para os conteúdos abordados em sala de aula, serve para diagnosticar o conhecimento de Física desenvolvidos pelos discentes e pode recuperá-los nos pontos abordados em que os mesmos não conseguiram êxito e, tudo feito de forma prazerosa e satisfatória tanto para o aluno como para o professor.

Na próxima seção, será demonstrado o desenvolvimento do game Zeeman na plataforma RPG Maker MV, o motivo da escolha dessa plataforma para o desenvolvimento do jogo foi devido a possibilidade de ocorrência de um diálogo entre o herói e personagens fixos no game, o que abriu um precedente para que ocorresse um

jogo com de perguntas com opções de resposta voltadas para a avaliação da aprendizagem somativa em dinâmica dos alunos. E, também, será exposto o passo a passo da usualidade do jogo para o propósito de avaliar o desenvolvimento dos alunos com relação aos conteúdos da Dinâmica. Para isso, apresenta-se a interface do jogo, as torres e os conteúdos que cada uma avalia quando o aluno está jogando, os procedimentos para manter o aluno no jogo até o final da avaliação, como utilizar as dicas do game para lembrar o que foi ensinado durante as aulas, e, se preciso, como retornar ao início da fase para obtenção de um melhor aproveitamento na fase-avaliativa do game e, conseqüentemente, melhoria na pontuação na avaliação do aluno.

5 DESENVOLVIMENTO E JOGABILIDADE DO GAME ZEEMAN

A plataforma RPG Maker é uma *engine* destinada a desenvolvimento de jogos eletrônicos que tem uma grande biblioteca de objetos que facilita este tipo de “programação”. Essa ferramenta foi desenvolvida no fim dos anos de 1988 no Japão, pela empresa *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) e, posteriormente, comprada pela Enterbrain, com sua distribuição apenas no idioma japonês. O diferencial da RPG Maker em comparação com outras *engines* de desenvolvimento de jogos é a facilidade com que os games podem ser desenvolvidos, a ponto de “pessoas sem nenhum conhecimento de lógica de programação” conseguirem esse feito (SEREIA; TENORIO, 2016). A RPG Maker possibilita ao desenvolvedor começar a produção de um jogo desde do início ao fim, bastando para isso, um pouco de dedicação e paciência (CRUZ; ALBUQUERQUE, 2014).

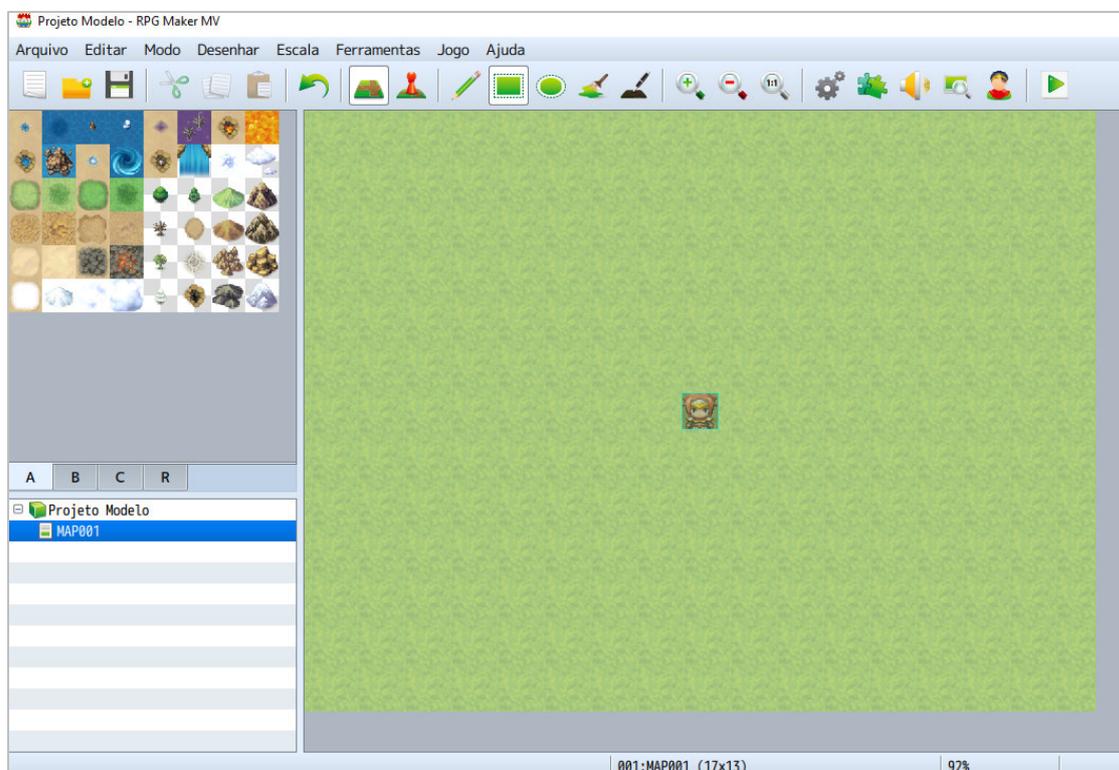
O surgimento da RPG Maker se deu com o intuito de criar jogos para consoles, porém, não foi bem sucedido devido aos recursos serem muito limitados para essa finalidade e ter sua distribuição complexa. Assim, a ASCII buscou outro público alvo, os jogadores de games em PCs (SEREIA; TENORIO, 2016). Surge, então, a primeira versão da RPG Maker para PCs, a RPG Maker 95, que foi lançada no ano de 1997, com todo o seu conteúdo em japonês (DIAS, [s.d.]). De imediato, o idioma foi o grande empecilho do não conhecimento desta ferramenta no ocidente, visto que poucas pessoas na parte ocidental do mundo conseguem decifrar o sistema silábico japonês, o hiragana. O RPG 95 trazia consigo muitos recursos programáticos para o desenvolvimento de jogos, sem que fosse preciso muito conhecimento de programação, como por exemplo, personagens prontos com todos os movimentos, gráficos usados para fazer mapas (cenários do jogo), músicas de fundos, efeitos sonoros dentre outros (SEREIA; TENORIO, 2016). Mesmo com todos esses recursos disponíveis para o desenvolvimento de games pela RPG 95, havia limitações que não permitiam o uso de toda a criatividade do desenvolvedor e, isso, tornava o software pouco atrativo para esse fim.

Com o surgimento da plataforma RPG Maker MV, em 2015, os jogos desenvolvidos puderam ser exportados para executarem em outras plataformas além da Windows, tais como: Mac OS X, iOS, HTML 5 e Android. Outra novidade foi a mudança da linguagem de programação da Ruby para a linguagem de programação JavaScript (DIAS, [s.d.]; SEREIA; TENORIO, 2016). Porém, o desenvolvimento de jogos na

plataforma RPG Maker MV continua não sendo complicado com relação à linguagem de programação, isto porque, a RPG Maker foi criada para facilitar o desenvolvimento de jogos feito por amadores e iniciantes. Mas, nada impede que jogos mais elaborados possam ser feitos na plataforma, a diferença em relação as outras é a disposição dos objetos de sua biblioteca e a facilidade de manuseio dos mesmos, sem comandos complicados e difíceis de se aprender. Na verdade, essa plataforma parece mais uma montagem de “cubinhos” que vão criando formas da maneira que o desenvolvedor quiser.

A RPG Maker possui um banco de dados que tem todas as informações para a criação de um jogo e, nele, o desenvolvedor poderá criar, editar e gerenciar os dados do seu jogo. Devido a facilidade de uso dos eventos e seus comandos, o desenvolvedor pode criar uma conversa entre o herói e um personagem, ataques de monstros, vendas em uma loja ou mercado, o que possibilita a criação de um jogo educacional onde um fenômeno pode ser discutido ou uma pergunta pode ser feita com as opções de resposta, e esse é o motivo para a escolha da RPG Maker MV como plataforma para o desenvolvimento do game educacional “Zeeman”.

Figura 14 - Interface inicial da RPG Maker MV



Fonte: RPG Maker MV (2015).

Na Figura 14, observa-se a interface inicial da RPG Maker MV, onde na parte superior têm-se os comandos: arquivo, editar, desenhar, escala, ferramentas, jogo e ajuda. Logo abaixo dos comandos citados, encontram-se alguns destes comando em forma de ícones de acesso rápido.

Figura 15 - Mapa mundo do Planeta Zeeman desenvolvido para o game com as cidades que correspondem as fases do game



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

A RPG Maker MV, disponibiliza mapas completos, sem que o desenvolvedor precise ter o trabalho de fazer um mapa mundo. Porém, no mundo dos desenvolvedores, a criatividade é muito apreciada e usar um mapa já pronto demonstra falta de criatividade, isso é mais usado para quem está começando no desenvolvimento de games para facilitar

a aprendizagem e uso dos comandos da *engine*. Na Figura 15, tem-se o mapa mundo do planeta “Zeeman”, que mostra as cidades que correspondem as fases do game desenvolvido.

Ao se desenvolver a primeira cidade (Figura 16), o game já disponibiliza o herói pronto (Figura 17), porém, caso o desenvolvedor queira, o mesmo pode ser modificado e personalizado conforme a sua criatividade (Figura 18). Além disso, o herói já vem com todos os movimentos prontos, o que na programação convencional levaria muito tempo e dependeria de muitos comandos de programação.

Na Figura 16, tem-se um cenário de uma cidade do game, em que o personagem do herói irá encontrar outros habitantes que discutirão alguns fenômenos físicos.

Figura 16 - Cidade do Planeta Zeeman onde ocorre discussões de fenômenos físicos



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

Além de o desenvolvedor personalizar o herói de acordo com sua criatividade, o mesmo pode escolher, também, um personagem homem ou mulher, Figura 17. A lista que é disponibilizada do lado esquerdo do personagem, quando se clica no ícone de acesso rápido “Gerador de personagem”, possui tudo que se pode mudar no herói, tais como: rosto, cabelo frontal, cabelo traseiro, barba, orelhas, olhos, sobrancelhas, nariz, boca, roupas, acessórios e outros.

Figura 17 - Personalização do herói de um jogo na RPG Maker MV



Fonte: RPG Maker MV (2015).

A única diferença da lista do personagem homem para a lista da personagem mulher é que na lista da mulher não tem barba. E quando se altera algo no herói automaticamente é alterado no *Sprite* (miniaturas do personagem com todos os seus movimentos no jogo), Figura 18.

Figura 18 - Personalização do herói ou heroína e de seus Sprites com todos os devidos movimentos



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

Na Figura 17, tem-se o personagem do herói original, e uma ampliação da personalização do herói mostrando que o desenvolvedor pode mudar a cor e corte do cabelo, o rosto, orelhas, a roupa e acessórios e outras características, é exibida na Figura 18. O *Sprite* já vem pronto com todos os movimentos, como observado ao lado da foto do herói, tais como: movimento de andar para a direita, esquerda, para cima e para baixo, batalha lateral, batalha frontal, morrendo e outros.

Na Tabela 2, tem-se os requisitos mínimos para execução de um jogo desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, segundo a Steam (2015).

Tabela 2 - Recursos mínimos para o RPG Maker MV.

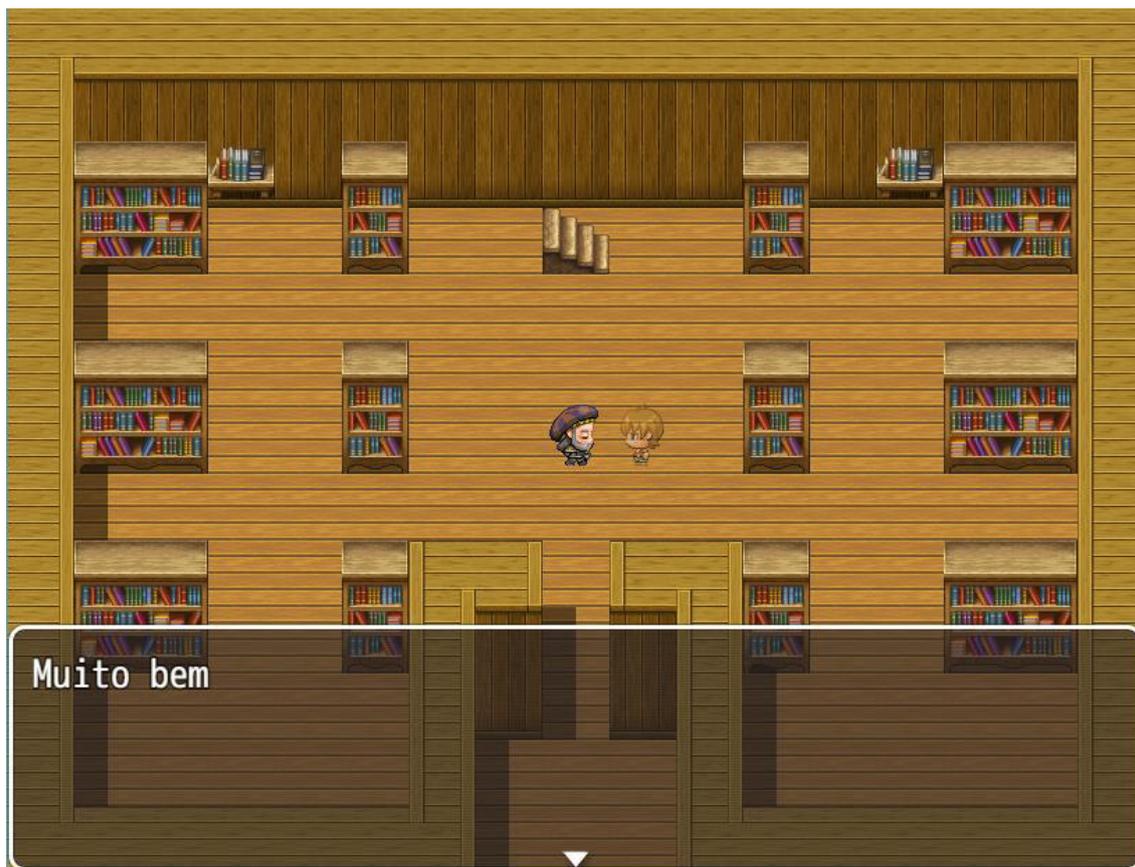
Sistema Operacional	Windows 7/ 8/ 8.1/ 10 (32bit/64bit)
Processador	Intel Core2 Duo
Memória	2 GB de RAM
Placa de vídeo	DirectX9/OpenGL 4.1 capable GPU
Armazenamento	1 GB de espaço disponível
Display	1280 x 768
Recomendados	Suporte de driver de hardware OpenGL ES 2.0 necessário para aceleração WebGL. (AMD Catalyst 10.9, nVidia 358.50), iOS 8.0, Android 4.4.4

Fonte: Adaptado da Steam (2015).

Como a linguagem de programação da RPG Maker, que está sujeita aos eventos controlados por comandos, é orientada à objeto, isso facilita muito o desenvolvimento de jogos nesta plataforma porque a Programação Orientada a Objeto (POO) não está interessada em como o sistema funciona, mas para que serve cada comando de evento. Com estes comandos o desenvolvedor pode fazer, por exemplo, um diálogo entre o herói e um outro personagem, emitir um *flash* de luz ao atingir o inimigo, um som ao golpear o inimigo dentre outras coisas. Dentre os comandos da RPG Maker, podemos destacar alguns, como: mostrar mensagem, armazenar números, mostrar escolhas, iniciar batalha, teletransporte, inserir nome do herói, chamar menu, parar batalha e muito mais. A estrutura da programação disponibiliza três itens que são muito usados no desenvolvimento de games, que são: *Switches*, Variáveis e Condições.

A *Switches* controla ou determina o fim de um evento, funciona como um interruptor de ligar ou desligar um evento. Por exemplo, caso o herói encontre um “Guardião de Energia” e este lhe faça uma pergunta, se a resposta for correta o jogador receberá certa quantidade de energia que fará parte de um total de energia para que o herói mude de fase, ou em caso de erro na resposta o jogador não ganha a quantidade de energia. Se nesse evento não for usado a *Switches* e o jogador voltar no mesmo Guardião de Energia (GE), o evento se repete, mas caso a *Switches* seja aplicada, o evento se encerra e mesmo que o jogador volte no mesmo GE, não haverá repetição da pergunta. No game desenvolvido a finalização desse evento é marcado com a frase “Muito bem”, o que significa que o jogador já respondeu a pergunta e não poderá refazê-la (Figura 19).

Figura 19 - Finalização do evento com o uso de switches



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

Para que o aluno permaneça jogando porque o game é uma avaliação, o ideal é que o herói não “morra”, assim, são disponibilizadas várias “porções de cura” em todas as fases do jogo para que o herói possa aumentar sua “vida” depois de uma luta com os monstros que guarnecem o lugar. A contagem dessas “porções de cura” é um exemplo do uso de variáveis, que faz parte de um item chamado de “Porção” (Figura 20).

Outro exemplo contabilizado com o uso das variáveis, são os números de acertos das questões teóricas, feitas pelos Guardiões de Energia, e o número de acertos das questões de cálculo, feitas pelos baús no game. A intenção da RPG Maker é simplificar ao máximo a programação, logo, as variáveis utilizadas são de números inteiros e as principais operações aritméticas são: soma, subtração, multiplicação, divisão e resto divisor.

Figura 20 - Uso de variáveis para a contagem das porções de cura no game



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

Já as condições são os comandos que se deve criar para que surja uma necessidade de um acontecimento. Como por exemplo, no jogo para que o herói passe de fase, o mesmo terá que responder corretamente dez perguntas direcionadas para Física, especificamente ao conteúdo de Dinâmica. Assim, a condição para o jogador mudar de fase é responder corretamente dez perguntas de Dinâmica das quinze disponibilizadas em uma fase.

5.1 Comandos do game Zeeman

Todos os comando para se jogar esse game são fácies de se aprender, porque, além de se usar poucas teclas, elas são de conhecimento comum para quem usa o teclado de computadores. Esse conjunto de teclas são usados para escolher a fase que se quer iniciar, iniciar o jogo, conduzir o herói pelo game, atacar durante as batalhas, responder as perguntas conceituais, colocar os códigos das perguntas subjetivas, aumentar o “*life*” do herói durante as lutas ou depois das lutas e reiniciar a fase.

Abaixo segue a lista de comandos game com suas funções e utilidades para o jogador:

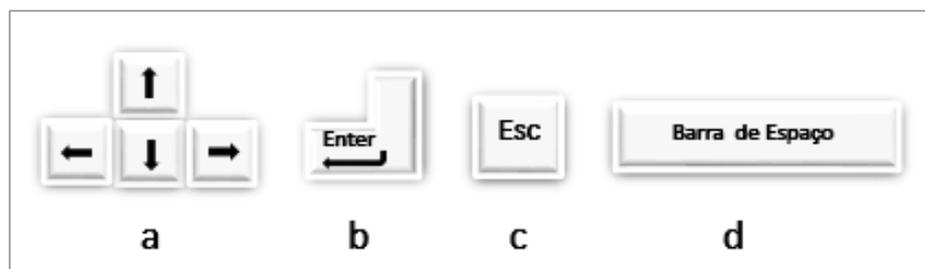
- as teclas do cursor, Figura 21a, servem para o jogador direcionar, na tela inicial, a escolha de iniciar o novo jogo, continuar e opções. Depois de iniciado o jogo, elas são usadas conduzir o herói, isso também pode ser feito com o *mauser*, e para escolher a fase que se quer jogar. Também, são usadas para escolher a opção de resposta nas questões conceituais e colocar o código nas questões subjetivas.

- a tecla “Enter”, Figura 21b, serve para confirmar a escolha feita com a tecla do cursor e passar os quadros das perguntas e diálogos no game, e, também serve para atacar durante as batalhas no jogo. Além disso, serve para acelerar o enredo quando se inicia um “Novo jogo”, (ver Figura 22).

- a tecla “Esc”, Figura 21c, serve para acessar os itens que o herói conseguir pegar durante o jogo, por exemplo, as poções de cura que aumentam o seu “life”. Essa tecla também serve para retornar ao jogo depois de escolhido um item.

- a tecla da barra de espaço, Figura 21d, é utilizada para fazer o herói atacar os monstros guardiões.

Figura 21 - Teclas de comandos do game Zeeman



a) Tecla para movimentar o herói e fazer escolhas no game; b) Tecla de confirmação de uma escolha no jogo; c) Tecla para retornar uma ação no game; d) Tecla de ataque.

Os comandos do jogo são fáceis para garantir uma boa jogabilidade e diversão ao aluno. De maneira que, em poucos minutos o professor poderá ensinar os comandos do jogo aos educandos, ou os mesmos podem entender como se joga o game e como são realizadas as avaliações com o jogo, lendo o produto educacional (Apêndice B).

5.2 Iniciando o Game Zeeman

Ao se iniciar o game aparece a tela com a interface do jogo (Figura 22), com as opções de novo jogo, continuar e opções. A opção “Novo jogo” já é auto explicativo, ou

seja, o aluno iniciará o um jogo novo. Ao optar por “Continuar”, o educando voltará para o início da fase e recomeçará a avaliação, porém as perguntas conceituais são modificadas automaticamente, ou seja, não serão as mesmas do início do jogo e essa opção só é ativada depois que o aluno inicia o jogo pelo menos uma vez. Ao escolher “Opções”, o jogador poderá aumentar, diminuir ou anular os sons do jogo, dentre eles, os de ataques.

Figura 22 - Tela inicial do game Zeeman



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2018.

Antes de iniciar o jogo, deve-se verificar se existe alguma informação no item “save” no diretório dos arquivos do game, Figura 23. Isso acontece se alguém já tiver utilizado o jogo e deixou arquivado as respostas das perguntas de cálculo. Para verificar, selecione “save” e der um “Enter” ou dois cliques. Caso, tenha algo nesse arquivo, como na Figura 3, selecione tudo e delete tudo. Esse procedimento deve ser realizado toda vez que se inicia a avaliação ou se inicia o game. Pois, caso não seja realizado esse procedimento as respostas dos “Baús”, que correspondem as perguntas de cálculo no jogo, dadas pelo jogador anterior (aluno) serão mantidas. Ou seja, as respostas dos baús ficam gravadas e precisam ser apagadas antes do início do jogo.

Figura 23 - Procedimento antes do início do jogo

Nome	Data de modificaç...	Tipo	Tamanho
locales	14/02/2019 16:27	Pasta de arquivos	
save	29/03/2019 09:36	Pasta de arquivos	
www	14/02/2019 16:28	Pasta de arquivos	
d3dcompiler_47.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	3.386 KB
ffmpegsumo.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	939 KB
Game.exe	20/10/2015 01:00	Aplicativo	45.344 KB
icudtl.dat	20/10/2015 01:00	Arquivo DAT	10.213 KB
libEGL.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	72 KB
libGLESv2.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	1.447 KB
nw.pak	20/10/2015 01:00	Arquivo PAK	7.308 KB
package.json	20/10/2015 01:00	Arquivo JSON	1 KB
pdf.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	11.960 KB

Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2018.

Após a seleção de todos os arquivos encontrado em “save”, o professor deve apagar (deletar) todas as informações (Figura 24).

Figura 24 - Procedimento antes do início do jogo

Nome	Data de modificaç...	Tipo	Tamanho
config.rpgsave	29/03/2019 09:44	Arquivo RPGSAVE	1 KB
file1.rpgsave	19/02/2019 11:43	Arquivo RPGSAVE	8 KB
file2.rpgsave	15/03/2019 10:10	Arquivo RPGSAVE	8 KB
file3.rpgsave	15/03/2019 10:12	Arquivo RPGSAVE	8 KB
file4.rpgsave	15/03/2019 11:16	Arquivo RPGSAVE	8 KB
file5.rpgsave	29/03/2019 09:36	Arquivo RPGSAVE	8 KB
global.rpgsave	29/03/2019 09:36	Arquivo RPGSAVE	1 KB

Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2018.

Depois desses procedimentos, o jogo está pronto para ser iniciado. E para isso, deve-se selecionar no diretório dos arquivos do game o arquivo “Game.exe”, Figura 25. Com esse passo, o jogo será iniciado com o enredo do game, que conta como o herói “Niels” foi teletransportado para o planeta Zeeman. Caso o jogador queira que o enredo passe mais rápido, basta apertar e segurar a tecla “Enter”.

Depois de passar todo o enredo, a tela inicial do game aparecerá, como na Figura 22. O jogador observará na interface inicial que a opção “Continuar” estará indisponível, assim, ele terá que optar pela opção “Novo jogo” para iniciar sua avaliação de aprendizagem.

Figura 25 - Procedimento para iniciar o Game Zeeman

Nome	Data de modificaç...	Tipo	Tamanho
locales	14/02/2019 16:27	Pasta de arquivos	
save	05/04/2019 19:25	Pasta de arquivos	
www	14/02/2019 16:28	Pasta de arquivos	
d3dcompiler_47.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	3.386 KB
ffmpegsuno.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	939 KB
Game.exe	20/10/2015 01:00	Aplicativo	45.344 KB
icudtl.dat	20/10/2015 01:00	Arquivo DAT	10.213 KB
libEGL.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	72 KB
libGLv2.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	1.447 KB
nw.pak	20/10/2015 01:00	Arquivo PAK	7.308 KB
package.json	20/10/2015 01:00	Arquivo JSON	1 KB
pdf.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	11.960 KB

Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2018.

O enredo do jogo se passa em um planeta dominado pelos conceitos Físicos, onde os fenômenos físicos são debatidos constantemente. Tudo começa quando o Prof. Dr. Max, pai solteiro e que trabalha com Mecânica Quântica Avançada, acidentalmente descobre um portal para um planeta chamado “Zeeman”, e é sugado por este portal deixando seu filho, Niels, um adolescente estudante do Ensino Médio, sem saber o que aconteceu com seu pai. Ao chegar no planeta, o Prof. Max percebe que o mesmo pode conter respostas para suas perguntas sobre suas pesquisas que podem leva-lo a grandes descobertas em Tecnologias Quânticas.

Niels, ao chegar da escola, percebe que seu pai havia desaparecido e começa a procurá-lo em todos os cômodos da casa. Ao chegar no laboratório de seu pai, encontra os manuscritos que Ele havia deixado para trás ao ser absorvido pelo portal. Niels começa a lê-los, na expectativa de encontrar respostas para o sumiço de seu pai, quando se depara com o portal para o planeta Zeeman. Então, atravessa o portal e começa a sua peregrinação, nesse “novo mundo da Física”, em busca do paradeiro de seu pai. A Figura 26 retrata a mudança de ambiente de Niels e o início do jogo.

Figura 26 - Chegada do herói Niels no planeta Zeeman



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

Quando Niels chega em uma cidade do planeta Zeeman, percebe que aquele planeta se parece muito com a Terra, porém em uma época que mais parece o período medieval. Então, ele parte em busca de pistas que levem ao seu pai e, ao se aproximar de uma senhora que está estendendo roupa em um varal, começa um diálogo. Nessa conversa, a senhora explica para Niels o fenômeno físico responsável pela secagem das roupas quando exposta a luz solar, e na continuação do diálogo a personagem explica como as roupas secam com a ação do vento, conforme ilustra Figura 27.

Esses diálogos podem ser vistos como uma oportunidade de discutir outros fenômenos físicos que, necessariamente, não seja sobre Dinâmica, tema deste trabalho. Essas discussões podem aguçar a curiosidade do jogador sobre outros fenômenos, o que pode levá-lo a pesquisar na literatura sobre o assunto ou perguntar ao professor, caso não entenda o que foi explicado pelo personagem do jogo.

Figura 27 - Diálogo entre o herói e um habitante do planeta Zeeman



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

Outra vantagem adicionada no jogo é que logo em seu início, quando Niels chega em Zeeman, o jogador tem a opção de ir direto para o local onde ocorre a avaliação e, também, escolher para qual fase (avaliação) deseja iniciar. Assim, o jogador decide se quer ir direto para uma das avaliações ou quer fazer uma espécie de turismo na cidade e conversar com os habitantes de Zeeman para conhecer um pouco mais sobre a Física do cotidiano, Física Moderna e Mecânica Quântica.

5.3 Avaliação da Aprendizagem com o uso do Game Zeeman

Como mencionado anteriormente, um ponto positivo da plataforma RPG Maker MV, é que o desenvolvedor pode criar personagens fixos com quem o herói pode ter um diálogo. De forma que, o criador pode realizar uma discussão para explicar algum fenômeno físico. Com base nessa possibilidade, de ocorrer um diálogo entre os personagens, é que desenvolvemos um jogo de perguntas e respostas sobre os conteúdos

que foram trabalhados em sala de aula neste estudo e o produto educacional (Apêndice B).

Ao chegar no planeta Zeeman o herói Niels, que personifica o aluno ou jogador, tem a opção de ser teletransportado diretamente para o local onde ocorrerá a avaliação da aprendizagem dos conteúdos de Dinâmica, conforme ilustra a Figura 28.

Figura 28 - Teletransporte do herói Niels direto para uma das avaliações



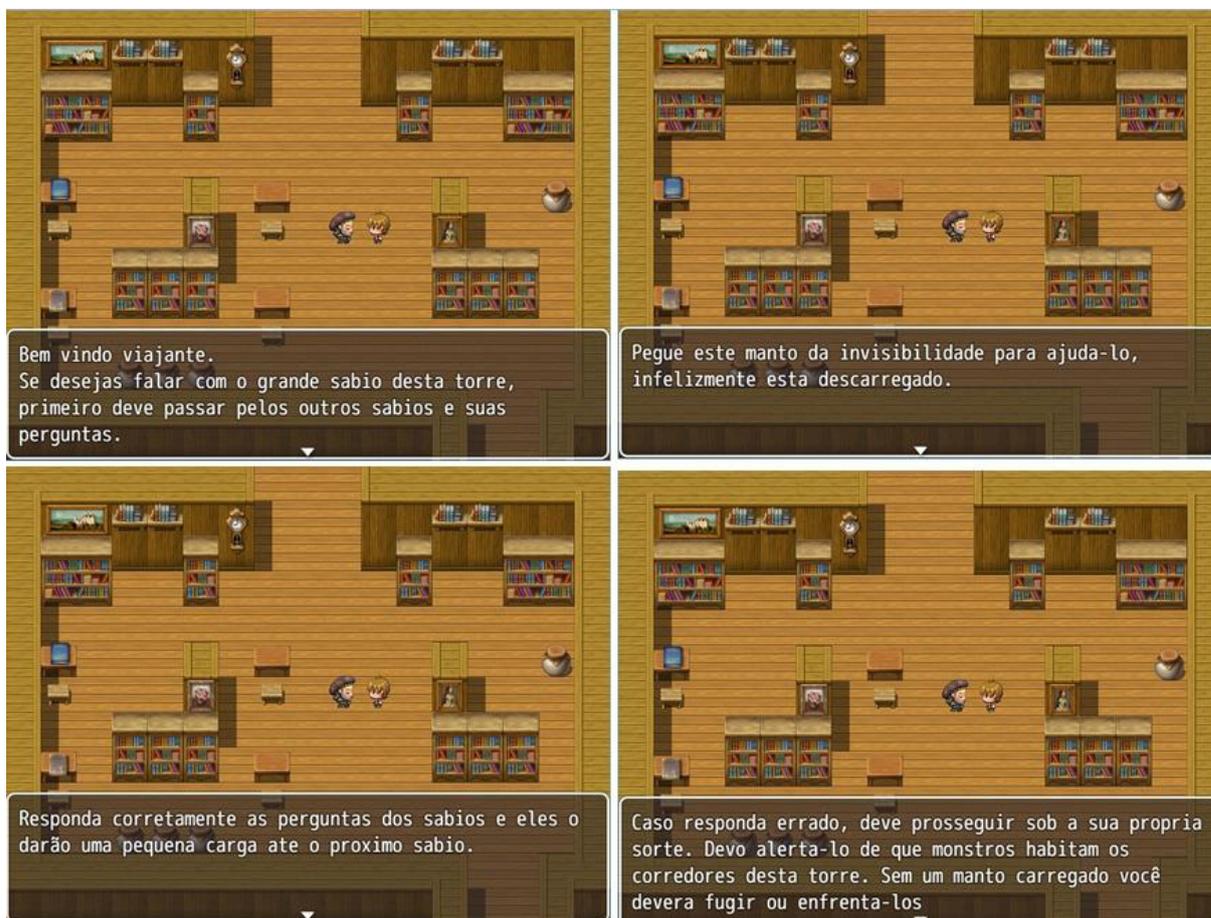
Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

Dentre as escolhas, encontram-se as cinco torres correspondentes as avaliações que ocorreram no segundo semestre de 2018. Distribuídas da seguinte forma: Torre 1, corresponde a primeira avaliação; Torre 2, representa a avaliação de recuperação da primeira avaliação; Torre 3, é a segunda avaliação; Torre 4, representa a terceira avaliação; por fim, a Torre 5, que corresponde a avaliação final, ou seja, se por acaso o discente não obteve êxito nas demais avaliações, ele será submetido à quinta fase do game, composta com todos os conteúdos das três avaliações anteriores.

Ao encontrar o Velho Sábio, Niels é orientado, a antes de prosseguir em busca de seu pai, que seus conhecimentos adquiridos sobre conteúdos da Dinâmica serão testados pelos Guardiões de Energia (Figura 29). Nesta etapa, Niels também é

presentado pelo Velho Sábio com um manto da invisibilidade, que servirá para tornar o jogador invisível para os orcs, gárgulas e monstros que guarnecem o lugar onde se encontram os Guardiões.

Figura 29 - Orientações do velho Sábio para Niels



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

O manto da invisibilidade, é uma estratégia de manter o aluno no jogo para que sua avaliação seja concluída. Porém, o manto só tornará Niels invisível até que o mesmo consiga chegar ao próximo Guardião e quando ocorrer os encontros serão feitas as perguntas teóricas sobre Dinâmica. E, sempre que o jogador chegar ao Guardião de Energia, é exposto o número do Guardião, ou seja, se é o primeiro, segundo, ..., décimo quinto Guardião, Figura 30a. Isso para que o aluno possa se situar em qual pergunta teórica ele se encontra, pois são disponibilizadas quinze perguntas teórica distribuídas em cada uma das fases do game. Cada ponto de pergunta teórica (loais onde se encontram os Guardiões de Energia que realizarão as perguntas teóricas) possui uma aleatoriedade

de três perguntas. Para mudar de fase, o discente (jogador) terá que responder apenas dez das quinze disponibilizadas.

Figura 30 - Encontro do herói com o primeiro Sábio Guardião de Energia



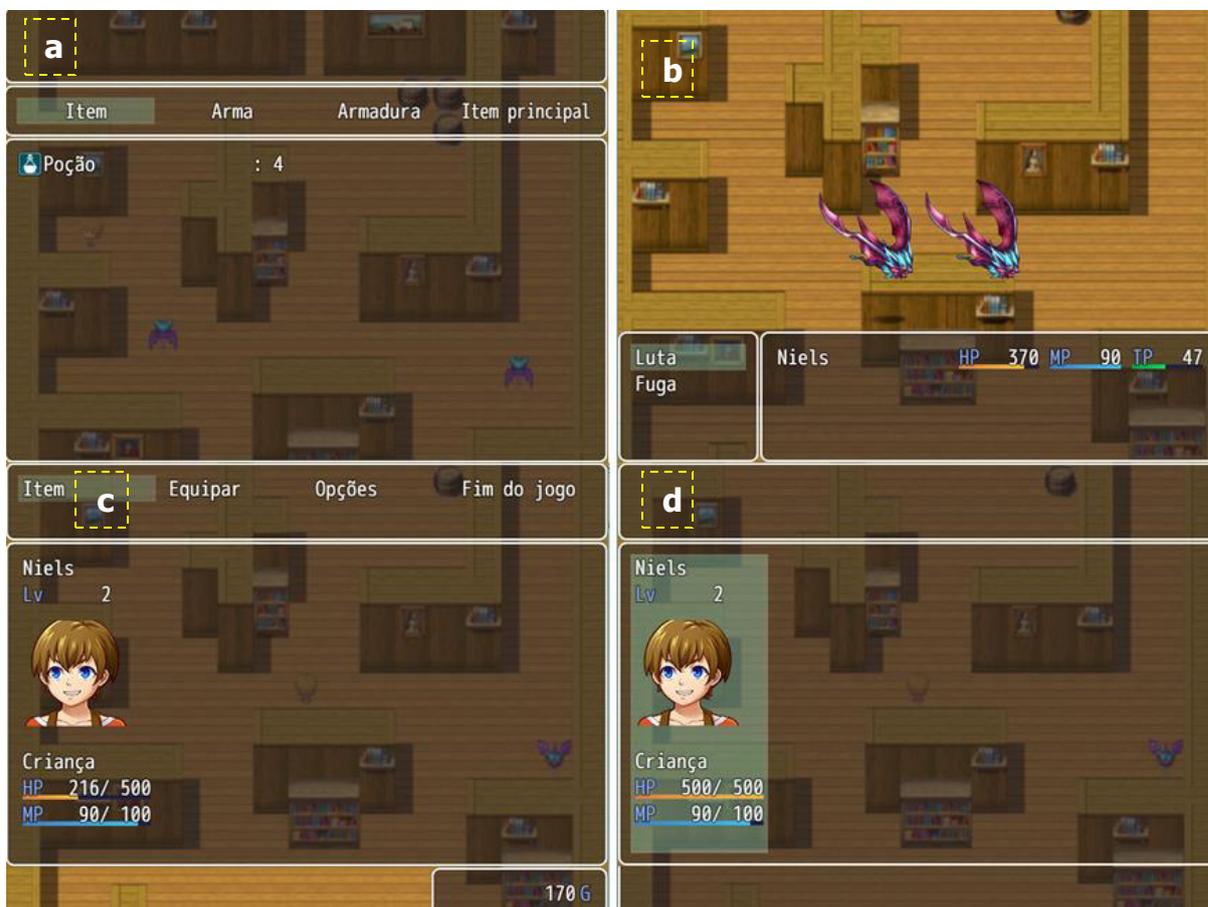
Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

Nas Figuras 30a e 30b, se observa que existe uma pequena grade (porta) fechada e que a mesma só é aberta depois que o jogador responde a pergunta do Guardião (Figura 30c). Essa porta indica o caminho para o próximo Guardião, isso facilita para que o aluno perceba o caminho que deve seguir no game. Outro indicador do caminho certo no jogo é a mensagem “Muito bem” proferida pelo Guardião que já teve sua pergunta respondida.

Ao responder a pergunta teórica corretamente, como mostra a Figura 30b, o jogador poderá optar pela “invisibilidade”, que lhe garantirá chegar até o próximo guardião sem que seja atacado pelos monstros que guarnecem o local, ou optar pela “porção de cura”, que lhe restaurará seu “life”, caso o herói tenha lutado e se ferido na batalha (Figura 30c). Uma estratégia é optar pela invisibilidade, pois sempre haverá porções de cura espalhadas pela fase do jogo (Figura 30d). E, essas porções podem ser guardadas como “item” pelo jogador para serem usadas sempre que precisar curar seus

ferimentos após uma batalha (Figura 31a). A Figura 31, representa uma simulação da invisibilidade do herói após ter tomado uma porção de cura.

Figura 31 - Estratégia do uso da porção de cura para se manter invisível no jogo



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

Na Figura 31a, observa-se que durante o jogo foram guardados quatro itens de porção de cura, ao entrar em combate com as gárgulas, o herói perde parte de seu “life” simbolizado pela sigla HP (Figura 31b). No final da batalha, Niels sai vencedor mais seu HP, que era de 500, cai para 216 (Figura 31c), e, ao usar uma das quatro porções que tinha anterior a batalha, seu HP volta a ser de 500 (Figura 31d). Com essa estratégia de estocar porções de cura, o aluno permanecerá no jogo e as batalhas serão apenas uma diversão a parte, ou seja, o discente conseguirá terminar sua avaliação da aprendizagem com o uso do game.

Como o intuito desse projeto é a substituição da avaliação convencional pela avaliação com o uso do game Zeeman, não poderia deixar de faltar no jogo as questões de cálculo, mesmo que a ênfase seja para aquisição do conhecimento teórico da Física conceitual. Na Figura 32, tem-se um exemplo de como são feitas as perguntas que

requerem um pouco de conhecimento matemático e uma interpretação conceitual para suas soluções no game.

Figura 32 - Pergunta de cálculo e a solução como código para abri o baú



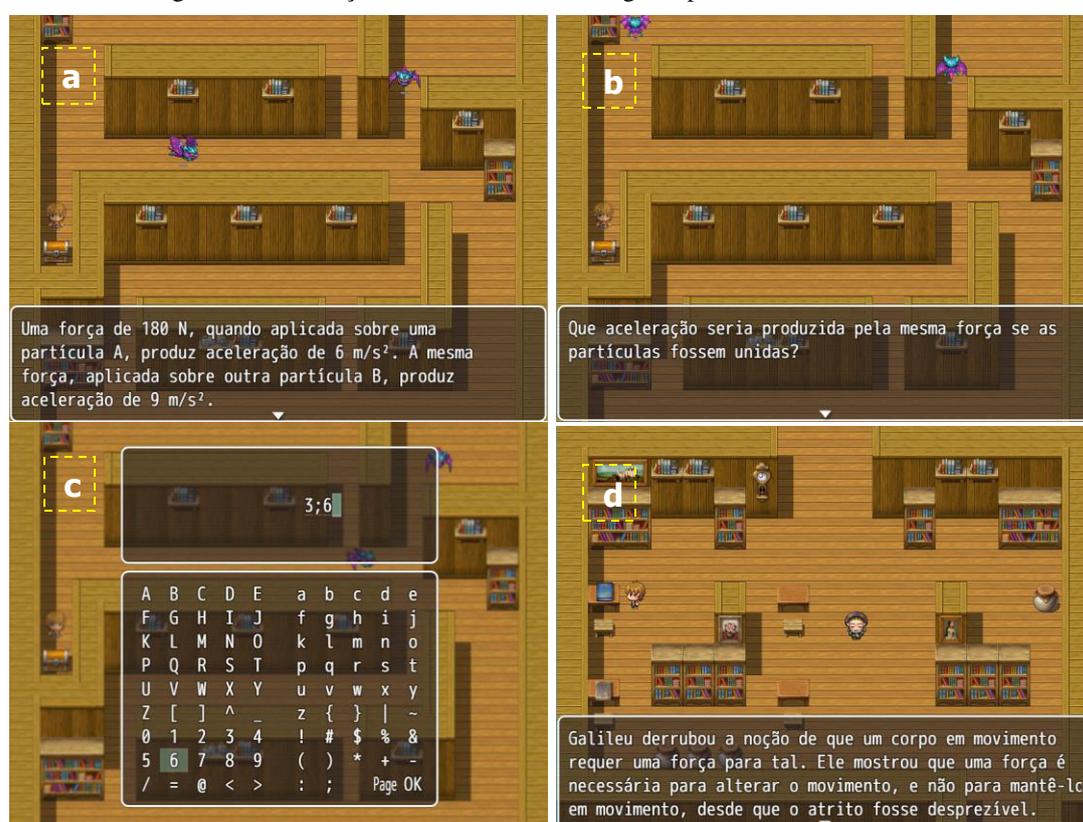
Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

Além existir diálogos entre o herói e os personagens fixos no jogo, objetos como os baús que se encontram espalhados pelas fases do game, também podem dialogar com o herói (Figura 32a). Então, foi proposto que para abrir o baú, o jogador tem que inserir um código ou senha (Figura 32b). Esse código é exatamente o número que corresponde a solução do problema proposto pelo baú. Ao conseguir abrir o baú, Niels ganhará algumas moedas para comprar o que quiser nas cidades e o aluno ganha uma explicação sobre um fenômeno físico que poderá lhe ajudar a resolver as próximas perguntas, quer sejam objetivas ou de cálculo (Figuras 32c e 32d). Essa recompensa pelo sucesso na resolução do problema é para motivar o aluno e conduzi-lo ao êxito em sua avaliação,

também conhecida como gamificação². Além das dicas nos baús, existem no game vários pergaminhos espalhados que também presenteia o aluno com bônus em forma de explicações rápidas sobre Dinâmica.

Outro ponto que deve ficar claro para o aluno, é o que ocorre nas perguntas como as das Figuras 33a e 33b, cujos valores atribuídos à solução das perguntas forem valores decimais, o resultado deverá ser atribuído utilizando-se o teclado virtual do game, e no lugar da vírgula será usado o ponto e vírgula (Figura 33c). Mas, a bonificação com uma boa dicas, caso o aluno acerte o código, permanece (Figura 33d).

Figura 33 - Utilização do teclado virtual do game para resultados decimais



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

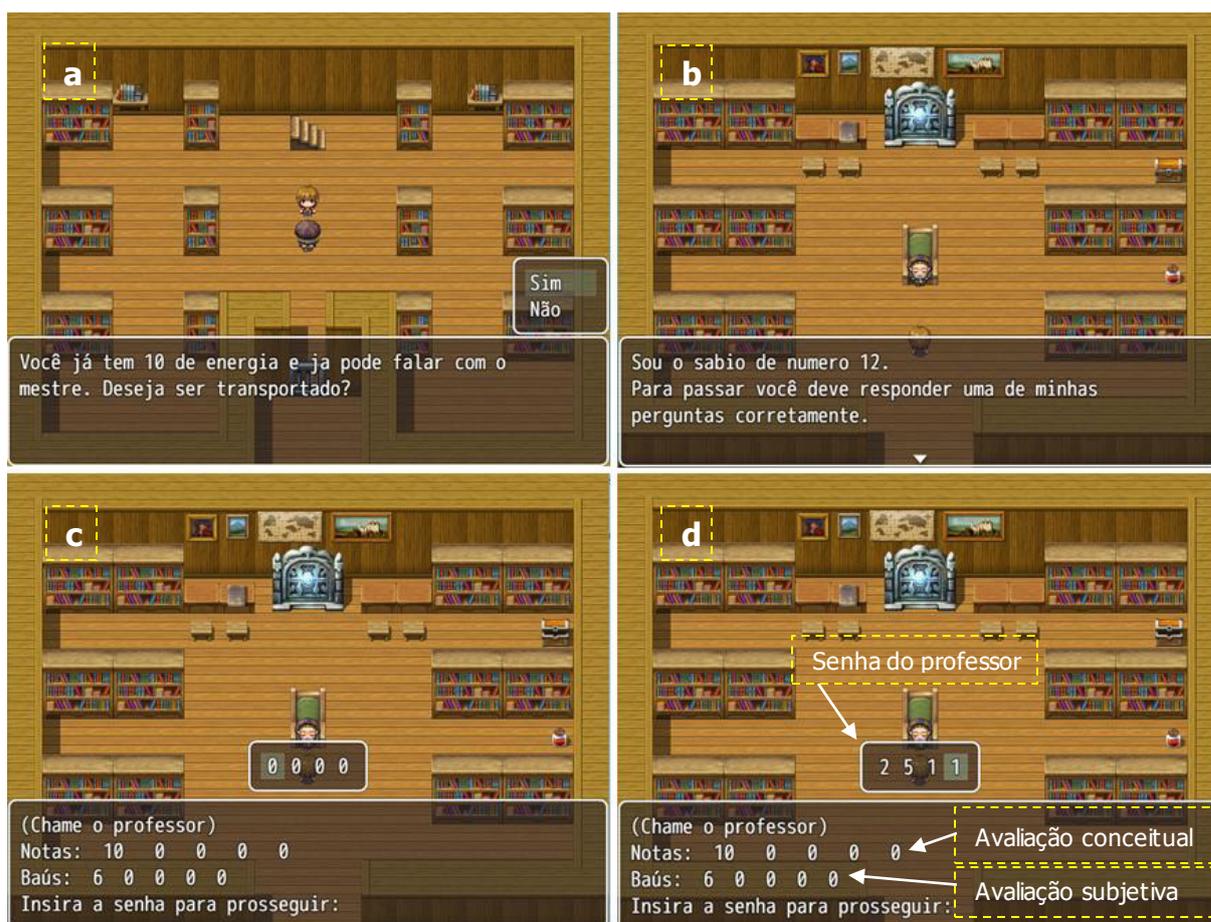
Na sala onde se encontra o Guardião de Energia, ou em outros lugares do jogo, pode haver um pergaminho com uma boa dica para ajudar o aluno a resolver as próximas questões. Essa ideia parte da compreensão que durante a avaliação, o professor pode fornecer informações, quando requisitada pelo aluno, que direcione o discente ao

² Gamificação é um fenômeno emergente, que deriva diretamente da popularização e popularidade dos games, e de suas capacidades intrínsecas de motivar a ação, resolver problemas e potencializar aprendizagens nas mais diversas áreas do conhecimento e da vida dos indivíduos (FARDO, 2013, p. 2).

pensamento correto para a solução de problemas propostos. Isso não significa fornecer a resposta pronta ou a solução do problema, mas conduzir o educando ao pensamento autônomo e ao raciocínio cognitivo das questões que se encontram no game. Nesse contexto, a avaliação proposta pelo jogo possui mais um ponto que o diferencia da avaliação convencional, além da ludicidade natural dos games.

Para cada resposta correta das questões objetivas dos Guardiões, o jogador receberá uma fração de 1/10 da quantidade total de energia que irá precisar para ser teletransportado para outra cidade do planeta Zeeman, que pode ser, por exemplo, para a segunda fase do game. Pois, a energia para que Niels seja teletransportado deve ser exatamente a de dez Guardiões, o que significa que o jogador terá que responder corretamente dez perguntas sobre Dinâmica em cada fase, das quinze disponibilizadas por fase, conforme exemplo mostrado na Figura 34.

Figura 34 - Finalização da fase com o resultado da avaliação do aluno

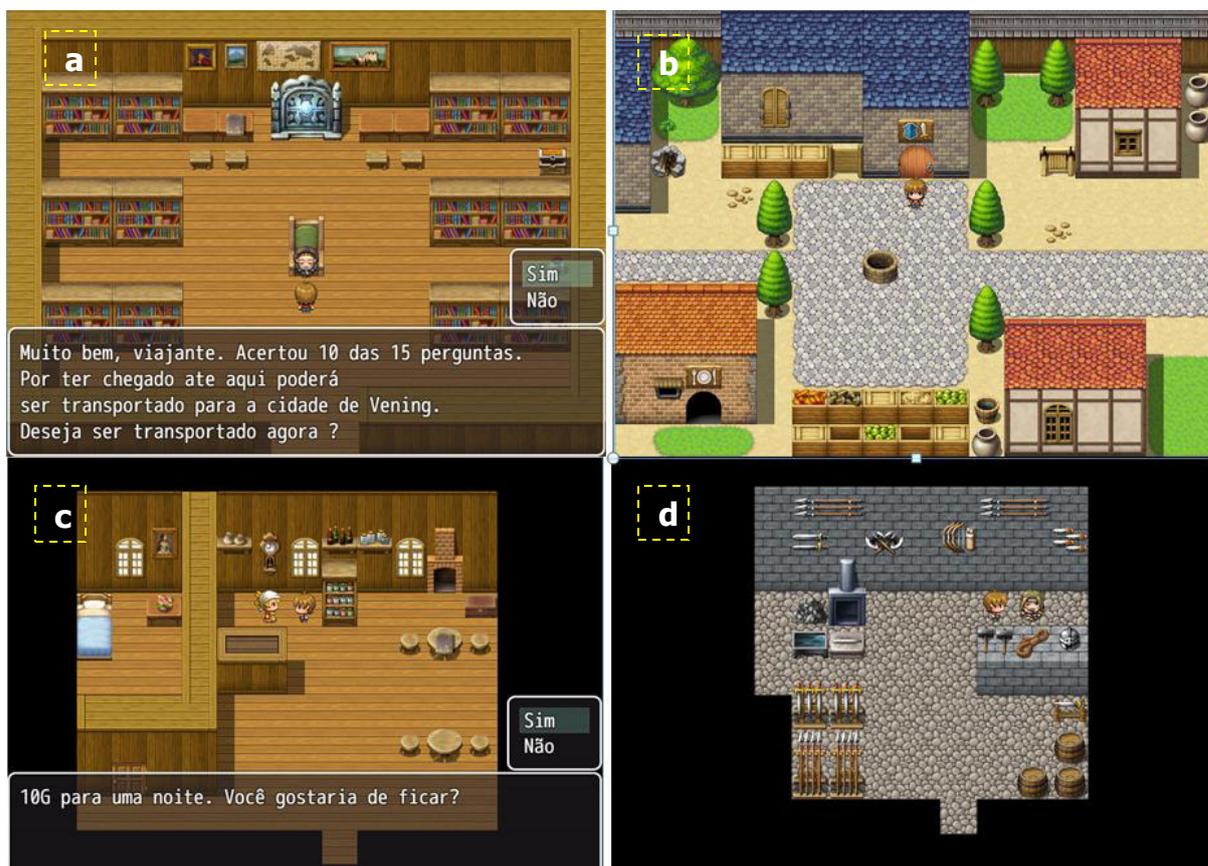


Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

Depois de alcançar os dez acertos, o próximo guardião perguntará se Niels quer falar com o Mestre dos Guardiões (Figura 34a). Se o responder que “Sim”, Niels será enviado para o Mestre, representado pelo Sábio Guardião de número 12 (Figura 34b). Apesar desse guardião mencionar que Niels tem que responder uma de suas perguntas, assim que o jogador apertar a tecla “Enter” ou clicar com o “*Maus*”, aparecerá na tela a mensagem “Chame o professor” (Figura 34c). Observa-se nessa tela que é preciso inserir um código para prosseguir, isso impede o aluno de sair da tela sem que o professor faça análise de sua nota (Figura 34d).

Dez ou mais questões objetivas respondidas corretamente corresponderão a uma nota 6,0 (seis) e cada baú corresponde a 1,0 (ponto). No exemplo mostrado na Figura 34d, a nota seria 6,0 (seis) pontos de teoria e 6,0 (seis) pontos de cálculo, somando um total de 12,0 (doze) pontos, ou seja, a nota desse aluno seria 10,0 (dez) nessa avaliação. Esse foi o modelo de proporção que utilizou-se nesse trabalho, mas, nada impede que cada professor crie seu próprio modelo ao utilizar este game-avaliação.

Figura 35 - Chegada do herói na próxima cidade para descansar e comparar armas



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

Por fim, o código é inserido e o mestre guardião pergunta se Niels quer ser teletransportado para outra cidade (Figura 35a). Respondendo “Sim”, o herói aparecerá em outra cidade para descansar, comprar armas e se alimentar (Figuras 35b, 35c e 35d). Se sua resposta for “Não”, o game retorna ao menu inicial. Dessa forma, o jogador poderá optar por “Continuar” a jogar e tentar melhorar sua nota, caso não tenha obtido uma boa pontuação na avaliação (Figura 36).

Figura 36 - Menu inicial do game com a opção de continuar a jogar



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV (2015).

Um ponto relevante que se tem com a utilização desse game em substituição da avaliação convencional, é que o resultado da avaliação é obtido imediatamente no final de cada fase. E, ao optar por continuar, o aluno retornará para o início da avaliação correspondente a fase que encerrou. E, ao reiniciar a fase, as perguntas conceituais não serão as mesmas feitas anteriormente, pois o game possui uma aleatoriedade de três questões para cada Guardião de Energia. Porém, as novas perguntas conduzem o discente para a mesma construção do conhecimento que as questões anteriores, ou seja, o grau de dificuldade vai aumentando de acordo com o número do Sábio, até que o educando atinja o conhecimento mínimo, estipulado pelo professor, que precisará para o próximo conteúdo a ser ministrado.

Logo, são anotadas as pontuações dos baús e dos guardiões, por exemplo, se aluno acertou as respostas de 2 (dois) baús e de 5 (cinco) guardiões, sua nota corresponderá aos dois pontos dos baús mais três pontos proporcionais aos cinco acertos das perguntas conceituais dos guardiões, assim, sua nota será 5 (cinco). Se ainda tiver tempo de avaliação, o educando poderá retornar ao início da fase e tentar as dez questões conceituais dos guardiões para aumentar sua proporção para 6 (seis) pontos nas teóricas. Como já havia acertado 2 (dois) baús, que correspondem a dois pontos, sua nota passará para 8 (oito) pontos.

Como o objetivo deste trabalho é avaliar a aprendizagem do aluno em Dinâmica, o jogo pode ser iniciado em qualquer uma das cinco fases, ou seja, iniciado na fase que corresponde ao conteúdo ministrado em sala de aula, conteúdos que foram divididos no game conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Divisão dos conteúdos trabalhados por etapas no jogo

1ª Etapa/Fase	Leis de Newton e suas aplicações
2ª Etapa/Fase	Leis de Newton e suas aplicações
3ª Etapa/Fase	Impulso, momento linear e colisões
4ª Etapa/Fase	Trabalho e energia
5ª Etapa/Fase	Revisão dos conteúdos

Os conteúdos assim distribuídos no jogo, estão de acordo como foram ministrados durante a aplicação do protótipo em sala de aula. Ou seja, a primeira fase correspondeu a primeira avaliação, a segunda foi aplicada como recuperação da primeira, por isso a repetição dos conteúdos, a terceira correspondeu a segunda nota, a quarta foi usada como terceira nota e a quinta fase contribuiu para a recuperação final.

Neste contexto, a avaliação da aprendizagem feita por este game educacional não será uma medida taxativa de aprovar ou reprovar, ou uma forma de excluir o aluno e, sim, um processo de aprendizagem e inclusão do discente na busca pelo conhecimento. Neste contexto, a aprendizagem do aluno passa a ser o objetivo do processo avaliativo e

a relação professor-aluno se torna mais próxima e humana, e não uma relação de notas, sistema ou coisas, afinal, o aluno é parte maior do processo de aprendizagem e o sistema de ensino só existe porque existe o aluno.

A premissa por desenvolver um produto educacional que possa avaliar o aprendizado do aluno quanto aos conteúdos de Dinâmica trabalhados em sala de aula e aproximar a busca do conhecimento a uma tecnologia que o aluno associe ao seu cotidiano, como forma de mudança na prática pedagógica do professor em sala de aula, foi construída devido a avaliação ser vista como um processo contínuo não como uma média, uma nota, um conceito, e sim, um mecanismo que subsidia o ensino e aprendizagem do aluno.

Visto por essa perspectiva, o discente não será rotulado de bom ou ruim, mas alcançará um conhecimento mínimo estipulado pelo professor para que o aluno possa prosseguir para outro tema, pois todos são capazes de aprender e entender os conteúdos de Física, segundo a teoria das inteligências múltiplas. E aqui vale lembrar, que a avaliação é feita de forma diagnóstica, formativa e somativa, ou seja, após as aulas os alunos podem ser submetidos ao jogo para serem avaliados os seus pontos fortes e suas deficiências em dinâmica (diagnóstica), depois de detectados os pontos fracos os mesmos podem ser desenvolvidos com atividades que faça o aluno evoluir no conteúdo (formativa) e, por fim, depois de todo esse processo, submetê-los novamente ao jogo para uma nova avaliação (somativa), fechando o processo avaliativo e preparando o educando para a próxima etapa dos conteúdos. Dessa forma, não ocorre exclusão ou seletividade, e sim, inclusão e um convite pra que os discentes continuem a busca pelo aprender e a construir o caminho do conhecimento com autonomia e autoria.

A construção desse produto levou em consideração a opinião daqueles que irão utilizá-lo, tais como: alunos, professores e desenvolvedores, para que o game seja dinâmico e o mais próximo da realidade do aluno. Mas, tudo feito com base na didática que requer a pedagogia para o ensino de Física. E para averiguar a dinâmica, a didática e jogabilidade do game desenvolvido, serão discutidos, na próxima seção, os resultados da aplicação do questionário com o teste de inteligências múltiplas que aponta os possíveis alunos que terão dificuldade no desenvolvimento da inteligência lógico-matemática que é essencial para o aprendizado dos conteúdos da Física; a aplicação do questionário com o uso do *Google Docs* para obtenção de informações sobre a jogabilidade do game, satisfação dos alunos quanto ao uso do jogo desenvolvido para avaliar a aprendizagem dos conteúdos da dinâmica e a opinião dos discentes quanto a substituição da avaliação

somativa convencional pelo game Zeeman. Além disso, para mostrar a eficiência do jogo em substituição da avaliação somativa convencional, apresenta-se uma comparação das avaliações com e sem o game durante os semestres de 2018.1 e 2018.2 aos alunos participantes da pesquisa.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO DA APLICAÇÃO DO GAME ZEEMAN

De acordo com a teoria das Inteligências Múltiplas (IM), existe uma relação entre a inteligência central do aluno e sua afinidade com as disciplinas ministradas na escola (GARDNER; HATCH, 1989; GARDNER, 1994; ANTUNES, 2002). Todavia, as demais inteligências podem ser desenvolvidas no discente, de maneira que o mesmo seja capaz de aprender e entender os conteúdos das disciplinas que não fazem parte de suas disciplinas “afins”.

Com o intuito de averiguar as inteligências centrais dos alunos, o que indicaria o “grau” de afinidade dos discentes com a disciplina Física, aplicou-se um questionário online, encontrado no site <<http://idaam.edu.br/testes/teste-das-multiplas-inteligencias>>, que versa sobre as IM (IDAAM, 2018). O teste, que se encontra no Anexo A, é composto de 70 (setenta) perguntas sobre diversos assuntos, em que o participante pode optar, como resposta às perguntas, entre: discorda totalmente, discorda parcialmente, concorda totalmente, concorda parcialmente. Com os dados, observou-se a inteligência lógico-matemática desenvolvida pelos alunos entre as sete IM, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Desenvolvimento da IM Lógico-Matemática entre as sete Inteligências

Aluno/IM	Ling.	Lóg. Mat.	Mus.	Cin. Corp.	Esp. Vis.	Interp.	Intrap.	IM Lóg. Mat.
A1	29	25	36	34	34	35	33	1ª – Desenvolvida
A2	27	26	34	31	25	35	26	2ª – Desenvolvida
B1	25	25	38	32	29	25	27	3ª – Desenvolvida
C1	38	23	32	20	22	36	28	4ª – Desenvolvida
C2	33	26	32	26	22	34	26	5ª – Desenvolvida
D1	28	25	28	25	23	22	29	6ª – Desenvolvida
D2	30	26	27	33	26	31	28	7ª – Desenvolvida
E1	27	19	22	30	24	25	29	
H1	26	23	28	31	25	31	26	
J1	31	29	31	30	29	30	31	
J2	25	18	32	24	21	26	18	

J3	28	30	31	33	28	26	29
J4	36	21	21	24	27	22	28
J5	28	29	31	26	33	31	29
J6	30	27	25	23	22	29	26
L1	31	32	27	29	32	31	29
L2	32	28	27	25	24	22	26
L3	19	16	29	24	25	19	25
L4	36	27	37	32	37	29	30
L5	29	20	33	19	30	29	24
L6	32	29	24	27	31	26	28
L7	23	17	33	26	21	36	33
M1	22	21	21	28	24	22	24
M2	26	25	15	32	24	29	26
M3	29	17	29	26	31	35	21
M4	32	21	33	28	21	31	28
M5	27	18	32	27	28	31	28
P1	32	35	25	29	29	25	26
P2	19	28	21	32	21	26	23
P3	24	22	23	24	23	30	24
R1	26	25	27	24	18	27	19
S1	31	27	31	19	26	33	29
S2	31	24	29	26	29	33	33
T1	25	24	25	22	25	20	22
W1	32	31	30	28	31	32	31
W2	31	29	34	30	28	34	23
W3	34	27	35	34	28	33	29

Fonte: Adaptado do Teste de Inteligências Múltiplas realizado no IDAAM (2018).

Os alunos destacados em negrito, na Tabela 4, são aqueles que possuem a IM lógico-matemática desenvolvida entre as três últimas das sete inteligências desenvolvidas pelo ser humano. Esta análise tornou-se necessária para que fosse observado que há alunos que devem ter uma atenção maior com relação ao conteúdo trabalhado em sala de aula. Isso não significa que os demais também não devem ter a atenção do professor, mas sim, que o mesmo quando aplicar alguma atividade em grupo, por exemplo, poderia envolver os alunos que ainda não possuíam desenvolvida a inteligência lógico-matemática com os demais que já possuíam a lógica-matemática bem desenvolvida. Pois, o êxito da avaliação só ocorre se houver o aprendizado de forma significativa, e para isso, é necessário que seja identificada a inteligência desenvolvida pelo educando que melhor se adequa ao conteúdo trabalhado pelo professor.

As teorias da aprendizagem significativa e das inteligências múltiplas estão atreladas, ou seja, uma corrobora ou até mesmo complementa a outra, agregando na prática do professor uma contribuição para que o aluno tenha a liberdade de aprender da forma que melhor lhe convém (GARDNER, 1994; AUSUBEL, 2003). Logo, para que haja o aprendizado dos conteúdos de Física, é preciso que o aluno tenha desenvolvido a IM lógico-matemática. Sendo esse um indicador de que o discente poderá alcançar o aprendizado mínimo dos conteúdos de Física, mesmo que a lógica-matemática não seja a IM que mais se sobressaia no discente. Além disso, a lógico-matemática relaciona-se com as demais IM, segundo Antunes,

A relação dessa inteligência com as demais é muito explícita. A beleza da lógica e a expressão pura da matematização do cotidiano precisam da inteligência linguística e essa busca espacial da matemática não dispensa a inteligência cinestésica corporal. Não há nada mais matemático do que a dança de um grande bailarino, e a própria expressão da geometria não dispensa a inteligência pictórica. A espacialidade é quase nada sem matemática e os grandes músicos fazem da sua arte uma matemática sonora. Toda a força poética dessas múltiplas relações talvez se sintetize na mensagem de Fernando Pessoa: "O binômio de Newton é tão belo quanto a Vênus de Milo" (ANTUNES, 2002, p. 33).

O desenvolvimento de uma inteligência pelo aluno não significa que o mesmo não possa desenvolver outra ou até mesmo a tenha. Assim, caso o aluno tenha desenvolvido bem a inteligência corporal-cinestésica e seja um excelente jogador de tênis de mesa, não quer dizer que ele não possa aprender Física, que faz parte da inteligência lógico-matemática. Tudo parte da forma como se aborda o tema ou o fenômeno físico trabalhado em sala de aula, se for feito de forma progressiva e dada determinada ênfase a

ideia física do fenômeno, sem se ater à cálculos matemáticos, esse aluno, que tem a inteligência corporal-cinestésica, terá perfeitas condições de entender e discutir o assunto com seus colegas que possuem a inteligência lógico matemática bem desenvolvida. Essa situação pode abrir precedente para um bom debate entre os discentes sobre a Física devido à possibilidade das leis que regem a disciplina estarem presentes em um jogo de tênis de mesa. O uso de jogos é uma forma eficiente de despertar no aluno sua inteligência, como afirma Antunes,

A ideia de um ensino despertado pelo interesse do aluno acabou transformando o sentido do que se entende por material pedagógico e cada estudante, independentemente de sua idade, passou a ser um desafio à competência do professor. Seu *interesse* passou a ser a força que comanda o processo da aprendizagem, suas *experiências e descobertas*, o motor de seu progresso e o professor um *gerador de situações estimuladoras e eficazes*. É nesse contexto que o jogo ganha um espaço como a ferramenta ideal da aprendizagem, na medida em que propõe estímulo ao interesse do aluno, que como todo pequeno animal adora jogar e joga sempre principalmente sozinho e desenvolve níveis diferentes de sua experiência pessoal e social. O jogo ajuda-o a construir suas novas descobertas, desenvolve e enriquece sua personalidade e simboliza um instrumento pedagógico que leva ao professor a condição de condutor, estimulador e avaliador da aprendizagem (ANTUNES, 1998, p. 36).

Dessa forma, os resultados das avaliações de Física estão relacionados com o desenvolvimento da inteligência lógica-matemática, que mesmo não sendo a inteligência central aparece entre as sete desenvolvidas pelo aluno e influencia em seu aprendizado, como mostra-se na Tabela 5. Observa-se nestes dados que dos alunos destacados em negrito na Tabela 4, que fazem parte do grupo de alunos que possuíam a inteligência lógico-matemática desenvolvida entre as últimas das sete IM, apenas seis não conseguiram desenvolver a inteligência lógico-matemática a ponto de obter o mínimo de conhecimento nos conteúdos planejado pelo professor na primeira fase avaliativa do game e nem na segunda fase, que é a recuperação da primeira.

Tabela 5 - Relação da IM Lógica-Matemática com as notas dos alunos no game Zeeman

Alunos	Lógica Matemática	1ª Fase 2018.2	2ª Fase 2018.2	3ª Fase 2018.2	4ª Fase 2018.2	5ª Fase 2018.2
A1	25	2,0	7,0	8,0	5,5	7,00
A2	26	7,0		9,0	3,5	7,50
B1	25	2,0	5,0	7,0	8,0	7,00

C1	23	7,0		9,0	4,0	7,00
C2	26	7,0		8,0	8,0	
D1	25	3,0	7,0	9,0	6,0	
D2	26	10,0		10,0	10,0	
E1	19	4,5	5,0	7,0	6,0	7,50
H1	23	3,5	7,0	10,0	8,0	7,00
J1	29	4,5	7,0	7,0	9,0	7,50
J2	18	10,0		9,0	10,0	
J3	30	10,0		8,0	9,0	
J4	21	3,5	3,0	8,0	4,5	8,50
J5	29	7,0		10,0	9,0	8,00
J6	27	10,0		10,0	10,0	
L1	32	7,0		8,0	4,0	7,00
L2	28	9,0		9,0	5,0	7,00
L3	16	8,0		10,0	8,0	
L4	27	7,5		7,0	9,0	
L5	20	3,0	5,0	9,0	4,0	8,00
L6	29	7,0	9,0	10,0	8,0	7,00
L7	17	8,0		10,0	10,0	
M1	21	4,5	5,0	7,0	10,0	7,00
M2	25	3,0	7,5	8,0	8,0	
M3	17	7,0		10,0	8,5	7,00
M4	21	3,5	4,5	7,0	8,0	8,00

M5	18	1,5	7,0	10,0	7,5	7,00
P1	35	9,0		9,0	7,5	
P2	28	10,0		10,0	10,0	
P3	22	7,0		8,0	8,0	
R1	25	7,0		9,0	8,5	
S1	27	10,0		6,0	6,0	
S2	24	2,0	7,0	8,0	6,5	8,00
T1	24	3,0	7,0	10,0	6,5	7,00
W1	31	9,5		10,0	9,0	
W2	29	10,0		10,0	7,5	8,00
W3	27	7,0	7,5	10,0	7,0	7,50

Fonte: Diários de turma do IFMA (2018).

A 1ª fase do game, Tabela 5, corresponde a 1ª nota do segundo semestre de 2018, e os conteúdos trabalhados para essa fase foram as Leis de Newton e suas aplicações. A compreensão desses conteúdos são fundamentais para que os educandos possam entender os demais conteúdos da 3ª e 4ª fases do game. Por esse motivo, a 2ª fase também é composta com questões conceituais e de cálculos sobre as Leis de Newton e suas aplicações, mas com questões diferentes das encontradas na 1ª fase. Esta fase do jogo corresponde também à recuperação paralela da aprendizagem.

Com relação a recuperação, não é preciso que o professor revise os conteúdos com a ministração de novas aulas, basta inserir atividades diversificadas que conduzam o discente a evoluir na aquisição do conhecimento necessário para depois realizar uma nova avaliação, nesse caso, a 2ª fase do game. Como afirma Hoffmann,

Estudos paralelos de recuperação são inerentes a uma prática avaliativa mediadora, com a intenção de subsidiar, provocar, promover a evolução do aluno em todas as áreas do seu desenvolvimento. Tarefas, respostas e manifestações são analisadas com frequência pelo professor que propõe novas perguntas e experiências educativas ajustadas às necessidades e interesses percebidos. Nessa concepção, os estudos de recuperação são direcionados ao futuro, porque não se trata de repetir explicações ou trabalhos, mas de avançar em termos do conhecimento. (HOFFMANN, 2009, p. 24).

Depois de direcionar os discentes, que precisavam, a evoluir na recuperação do conhecimento e aplicar a 2ª fase do game, observou-se um desenvolvimento da maioria dos alunos que participaram da recuperação, mesmo que alguns não tenham alcançado a nota mínima estipulada pela instituição de ensino onde ocorreu a pesquisa.

Ainda sobre a Tabela 5, observa-se as notas da 3ª e 4ª fases no game, essas compuseram a 2ª nota do segundo semestre de 2018 (ver Tabela 6). Essa nota foi composta da média aritmética das duas fases, 3ª e 4ª, que correspondem, respectivamente, aos conteúdos impulso, momento linear, colisões e trabalho, energia cinética, energia potencial, energia mecânica (ver Tabela 3). Os conteúdos organizados e avaliados dessa maneira, possuem um sentido melhor na construção do conhecimento dentro dos conteúdos de Dinâmica. Pois, na primeira e segunda fases os destaques são dados para as Leis de Newton, nas quais trabalha-se muito o conceito e aplicação da força. Logo, não faz sentido pular os conteúdos impulso e momento linear, que precisam do conhecimento das Leis de Newton e suas aplicações, e ministrar os conteúdos trabalho e energia, como se encontram em alguns livros didáticos adotados por algumas escolas.

Assim, a avaliação ocorrida na terceira fase do game foi composta apenas pela sequência da construção do conhecimento dos conteúdos ministrados, ou seja, para essa avaliação foi trabalhado somente os conteúdos impulso, momento linear e colisões, o que provavelmente contribuiu para a melhoria das notas dos discentes e, principalmente, daqueles que não possuíam a IM lógico-matemática como sendo a inteligência central. Essa atitude, deve ter contribuído para a diferença entre as notas do primeiro semestre e as do segundo semestre de 2018, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Relação entre as notas das avaliações dos dois semestres de 2018

Alunos	1ª Aval. 2018.1	2ª Aval. 2018.1	1ª Aval. 2018.2	2ª Aval. 2018.2	Média Anual	Aval. Final	Aval. Recuperação
A1	3,50	10,00	7,00	6,80	6,83	7,00	7,00
A2	5,00	4,00	7,00	6,30	5,58	7,50	
B1	5,50	8,00	5,00	7,50	6,50	7,00	5,00
C1	1,50	6,00	7,00	6,50	5,25	7,00	
C2	7,25	6,00	7,00	8,00	7,06		

D1	5,50	8,00	7,00	7,50	7,00		7,00
D2	5,00	8,00	10,00	10,00	8,25		
E1	1,50	6,00	5,00	6,50	4,75	7,50	5,00
H1	7,75	2,00	7,00	9,00	6,44	7,00	7,00
J1	2,50	6,00	7,00	8,00	5,88	7,50	7,00
J2	7,00	8,00	10,00	9,50	8,63		
J3	6,75	8,00	10,00	8,50	8,31		
J4	1,25	4,00	3,50	6,30	3,76	8,50	3,00
J5	5,50	4,00	7,00	9,50	6,50	8,00	
J6	7,00	6,00	10,00	10,00	8,25		
L1	2,50	6,00	7,00	6,00	5,38	7,00	
L2	7,00	4,00	9,00	7,00	6,75	7,00	
L3	7,00	5,00	8,00	9,00	7,25		
L4	5,50	8,00	7,50	8,00	7,25		
L5	7,00	6,00	5,00	6,50	6,13	8,00	5,00
L6	6,75	4,00	7,00	9,00	6,69	7,00	9,00
L7	6,25	6,00	8,00	10,00	7,56		
M1	6,75	7,00	5,00	8,50	6,81	7,00	5,00
M2	7,00	7,00	7,50	8,00	7,38		7,50
M3	4,75	6,00	7,00	9,30	6,76	7,00	
M4	6,00	4,00	4,50	7,50	5,50	8,00	4,50
M5	6,50	5,00	7,00	8,80	6,83	7,00	7,00
P1	7,00	4,00	9,00	8,30	7,08		

P2	9,50	7,00	10,00	10,00	9,13		
P3	7,00	6,00	7,00	8,00	7,00		
R1	8,25	5,00	7,00	8,80	7,26		
S1	8,50	6,00	10,00	6,00	7,63		
S2	6,00	4,00	7,00	7,30	6,08	8,00	7,00
T1	6,50	4,00	7,00	8,30	6,45	7,00	7,00
W1	6,75	4,00	9,50	9,50	7,44		
W2	1,25	4,00	10,00	8,80	6,01	8,00	
W3	1,25	4,00	7,50	8,50	5,31	7,50	7,50

Fonte: Diários de turma do IFMA (2018).

Na Tabela 6, encontram-se as notas que correspondem a 1ª fase do game já substituídas pelas notas da avaliação de recuperação (2ª fase do game). Além dessa substituição, ocorre outra que é a segunda nota de 2018.2, substituída pela média aritmética da 3ª e 4ª fases do game. E, observa-se também que apesar das notas que os alunos obtiveram com o game serem mais satisfatórias em relação a nota mínima de aprovação estipulada pela instituição de ensino dos mesmos, ou seja, menos notas abaixo da nota mínima (sete), a média anual obtida por muitos alunos ficaram abaixo da nota mínima de aprovação da instituição, alunos destacados em negrito na Tabela 6. Isso se deve pelo baixo desempenho dos educandos nas avaliações do primeiro semestre (2018.1).

Destaca-se também que, com poucas exceções, a grande maioria desses alunos são apontados como aqueles que desenvolvem a inteligência lógico-matemática entre as três últimas das sete IM, Tabela 4. Por outro lado, os alunos que fazem parte das exceções são devido aos seus empenhos na construção de um melhor desenvolvimento da inteligência lógico-matemática durante as atividades propostas nas aulas. De maneira que, esses aprendizes foram englobados no grupo de alunos que mesmo não tendo um bom desempenho no semestre 2018.1, obtiveram êxito na média anual de aprovação com nota igual ou superior que a mínima estipulada pela instituição de ensino onde os mesmos estudam, como os destacados em vermelho na Tabela 6. Com tudo, o problema da não

aprovação na média anual dos alunos que não obtiveram êxito foi solucionado com a aplicação da 5ª fase do game, que correspondeu a avaliação final dos discentes. A nota dessa avaliação final é somada com a média anual e dividida por dois, o resultado obtido deve ser a nova nota mínima (seis) para a aprovação dos educandos estipulada pela escola onde foi feita essa pesquisa.

O essencial é fazer o aluno progredir na busca do conhecimento e raciocinar de forma autônoma, percebendo qual a sua inteligência. E, cabe ao professor buscar uma forma de motivá-lo a deixar sobressair tal inteligência na construção do conhecimento com base na diferenciação progressiva das ideias. Como afirma Moreira:

Diferenciação progressiva é o princípio programático segundo o qual as ideias mais gerais e inclusivas da matéria de ensino devem ser apresentadas desde o início da instrução e, progressivamente, diferenciadas em termos de detalhes e especificidade. Não se trata de um enfoque dedutivo, mas sim de uma abordagem na qual o que é mais relevante deve ser introduzido desde o início e, logo em seguida, trabalhado através de exemplos, situações, exercícios. As ideias gerais e inclusivas devem ser retomadas periodicamente favorecendo assim sua progressiva diferenciação. É um princípio compatível com a progressividade da aprendizagem significativa (MOREIRA, 2010, p. 5).

Para que isso seja uma realidade no cotidiano da sala de aula, os métodos e mecanismos a serem empregados devem estar em consonância com o que é vivenciado pelo aluno, porque de outra forma, o mesmo não terá interesse em participar do processo de aprendizagem. Nesse sentido, as tecnologias atuais, como filmes, internet, *softwares*, simuladores e jogos eletrônicos constituem-se como recursos adicionais na abordagem a ser feita pelo professor. Tais recursos, quando usados de maneira apropriada são excelentes mecanismos facilitadores da aprendizagem por serem, por se só, atrativos e por fazerem parte do cotidiano do educando, pois a escola não pode se eximir e deixar de fora de seu ambiente ferramentas que estimulam o aprendizado dos alunos de forma lúdica, como é o caso dos jogos educacionais. Concordando com o que afirma Antunes,

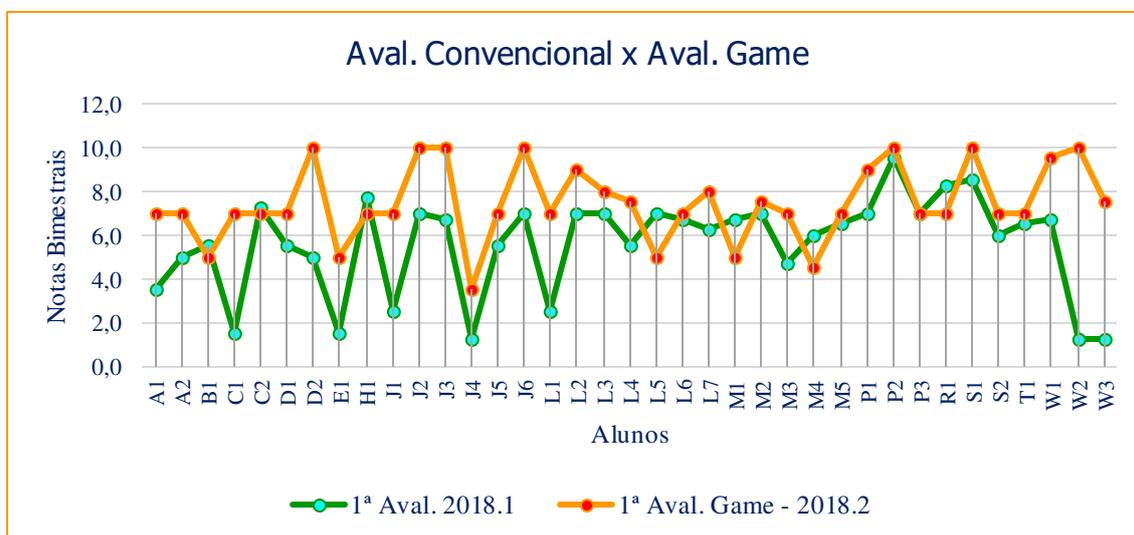
Está se perdendo no tempo a época em que se separava a “brincadeira”, o jogo pedagógico, da atividade “séria”. [...] Assim, brincar significa extrair da vida nenhuma outra finalidade que não seja ela mesma. Em síntese, o jogo é o melhor caminho de iniciação ao prazer estético, à descoberta da individualidade e à meditação individual (ANTUNES, 1998, p. 36-37).

A tensão de uma avaliação convencional pode ser amenizada quando se utiliza um jogo para avaliar o aluno, estando ciente dessa forma de avaliação e sabendo que o aprendizado dos conteúdos em sala são os suportes para perpassar os desafios proporcionados pelo game, o mesmo torna-se mais participativo e interessado em

entender os conteúdos ministrados durante as aulas. E pode render-lhe uma melhoria no aprendizado comprovado pelo diagnóstico da avaliação cumulativa.

No Gráfico 2, compara-se as notas dos alunos entre os primeiros bimestres de 2018.1 e 2018.2, ou seja, as notas das avaliações realizadas de forma convencional (prova escrita) e com o uso do game *Zeeman* (fase-avaliação). Pelo Gráfico 2, observa-se que dos 37 (trinta e sete) alunos participantes da pesquisa, apenas 6 (seis) obtiveram notas abaixo das notas da avaliação convencional utilizando as fases do game para realização das avaliações. Entretanto, 31 (trinta e um) alunos conseguiram elevar suas notas utilizando as fases-avaliações do game em relação a avaliação convencional.

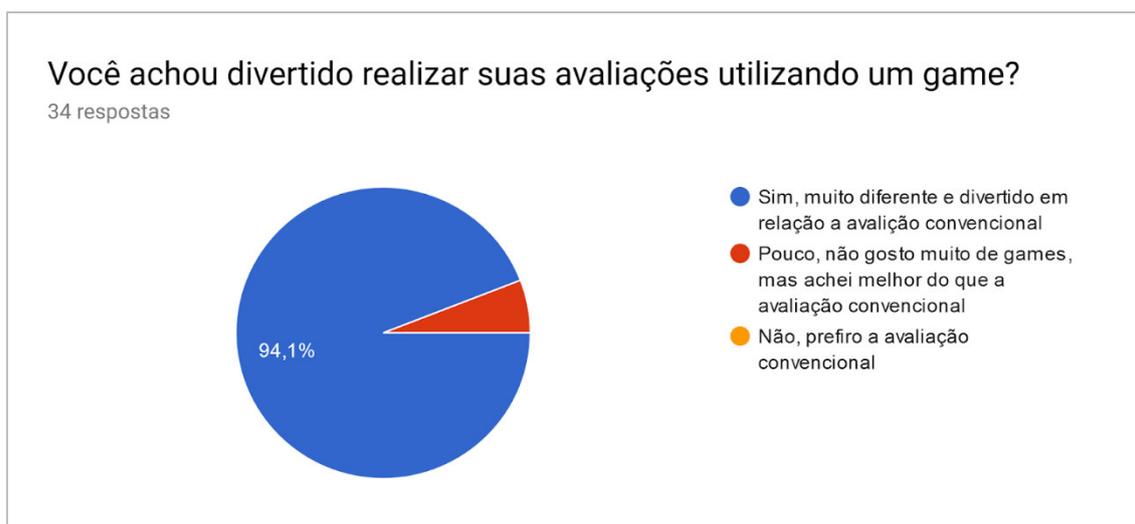
Gráfico 2 – Comparação das notas dos alunos no primeiro bimestre



Fonte: Diários de turma do IFMA (2018).

Outro dado interessante revelado no Gráfico 2, é que apenas 6 (seis) discentes ficaram com nota abaixo da média de aprovação estipulada pela instituição, ou seja, abaixo da nota 7,0 (sete). Enquanto que a quantidade de notas abaixo da média de aprovação dos educandos na avaliação convencional foram 24 (vinte e quatro). As seis notas abaixo da média obtidas com o uso do game, provavelmente estão relacionadas com o fato de alguns alunos não terem o hábito de brincarem com games por não gostarem muito dessa modalidade de “brincadeira”, como indica o Gráfico 3.

Gráfico 3 - Pergunta sobre a diversão de realizar avaliações com um game



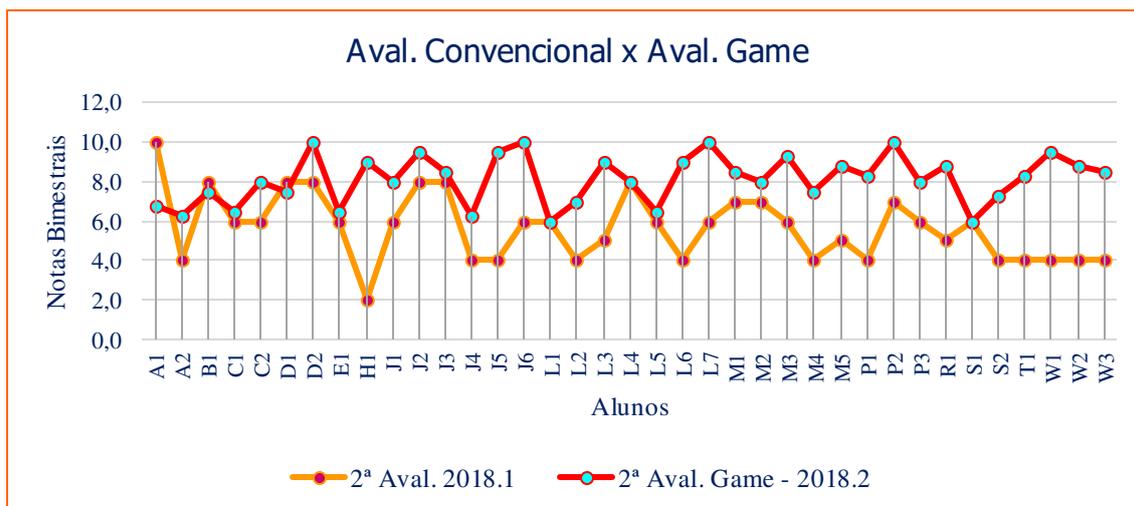
Fonte: Questionário Google Docs (2018).

Ainda no Gráfico 3, verificou-se que mesmo os discentes que classificaram como pouco divertido a avaliação com o game também consideraram essa forma de avaliação melhor que a avaliação convencional. Isto é, não optaram por preferir a avaliação convencional, que era uma das opções do questionário.

Outra justificativa para as notas abaixo da média com o uso do game, também pode estar atrelada à “afinidade” que os alunos possuem com a disciplina Física. Como se trata de uma disciplina vinculada a IM lógica-matemática, observa-se, na Tabela 4, que o desenvolvimento dessa inteligência por alguns dos educandos encontra-se em último ou penúltimo lugar entre as sete desenvolvidas, o que comprova a “não afinidade” com a disciplina, conseqüentemente, a existência de dificuldade no aprendizado dos conteúdos da Dinâmica. Em contra partida, a Tabela 5, mostra que alguns dos alunos que desenvolveram a inteligência lógica-matemática entre as últimas conseguiram superar as dificuldades de aprendizado dos conteúdos trabalhados em sala de aula e obtiveram êxito na disciplina.

Para a segunda nota, utilizou-se a média das notas da terceira e quarta fase do game. Como exposto anteriormente, a avaliação foi dividida em duas fases do game, pois, aplicada dessa forma não houve acúmulo de conteúdo em uma única avaliação. E, novamente as notas da maioria dos alunos foram superior as notas obtidas na avaliação convencional, como se observa no Gráfico 4.

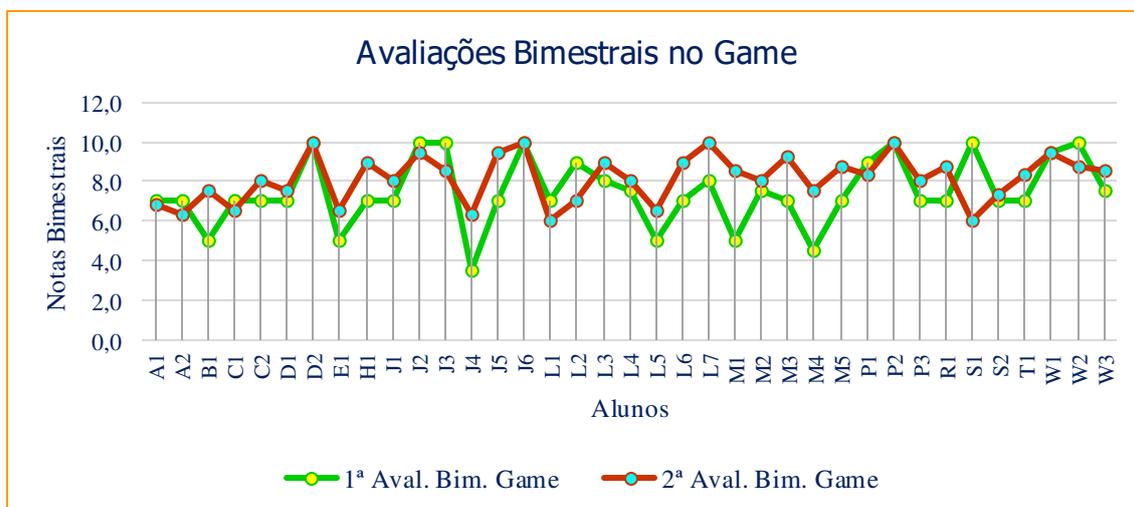
Gráfico 4 - Comparação das notas dos alunos no segundo bimestre



Fonte: Diários de turma do IFMA (2018).

O Gráfico 4 mostra que apesar das notas da maioria dos educandos terem atingido valores maiores que a segunda avaliação bimestral convencional, ocorreu um aumento das notas abaixo da nota de aprovação em relação às primeiras notas obtidas com o game. Talvez, esse aumento tenha ocorrido devido a divisão dos conteúdos da avaliação do segundo bimestre em duas fases-avaliativas, ou seja, não houve acúmulo de muito conteúdo para cada uma das duas avaliações que compuseram a segunda nota bimestral. Ou, pode ser também, que esteja associado a familiarização com os comandos do game e a nova forma de avaliação de um bimestre para o outro. O Gráfico 5, confirma esse avanço nas notas dos discentes do primeiro para o segundo bimestre.

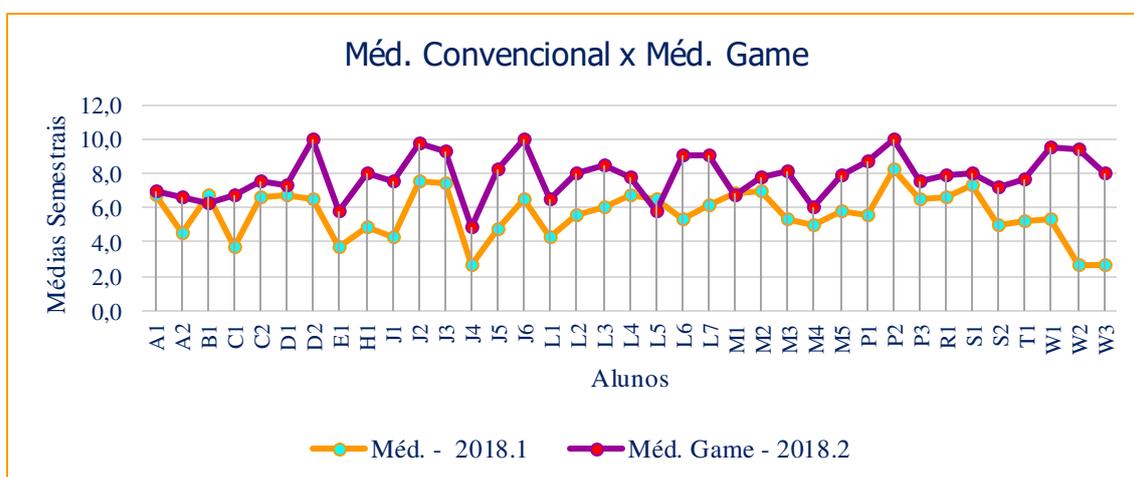
Gráfico 5 - Comparação das avaliações bimestrais com uso game Zeeman



Fonte: Diários de turma do IFMA (2018).

O Gráfico 5, aponta também que os alunos com notas abaixo da nota de aprovação no segundo bimestre são praticamente os mesmos que não alcançaram nota de aprovação no primeiro bimestre. Provavelmente, isso se deve ao fato destes discentes não terem conseguido melhorar o desenvolvimento da IM lógico-matemática durante as ministrações das aulas e as atividades realizadas em sala. Contudo, mesmo que poucos educandos não tenham obtido êxito, como já era apontado pelo teste de IM, no aprendizado dos conteúdos, o resultado das médias no segundo semestre com as fases do game foi mais satisfatório que o resultado das médias do primeiro semestre com avaliação convencional (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Comparação entre as médias das avaliações convencionais e das fases-avaliação no game



Fonte: Diários de turma do IFMA (2018).

Vale lembrar, que a avaliação com o uso do game Zeeman é apenas mais um de vários mecanismos de avaliação que o professor pode dispor. O diferencial desse game-avaliativo em relação a avaliação convencional é a ludicidade que proporciona ao educando uma amenização na “pressão” psicológica que uma prova escrita pode ter. Além disso, o jogo conseguiu diagnosticar os alunos com dificuldade de aprendizagem dos conteúdos de Dinâmica, indicando ao professor para quais discentes deveriam ser aplicadas atividades que recuperassem a aprendizagem dos conteúdos. Porque o intuito de avaliar não deve ser o de reprovar ou taxar o educando, e, sim, diagnosticar seus pontos de dificuldades para conduzi-los a uma evolução na aquisição do conhecimento na disciplina. Como sugere Hoffmann, com as atividades diversificadas,

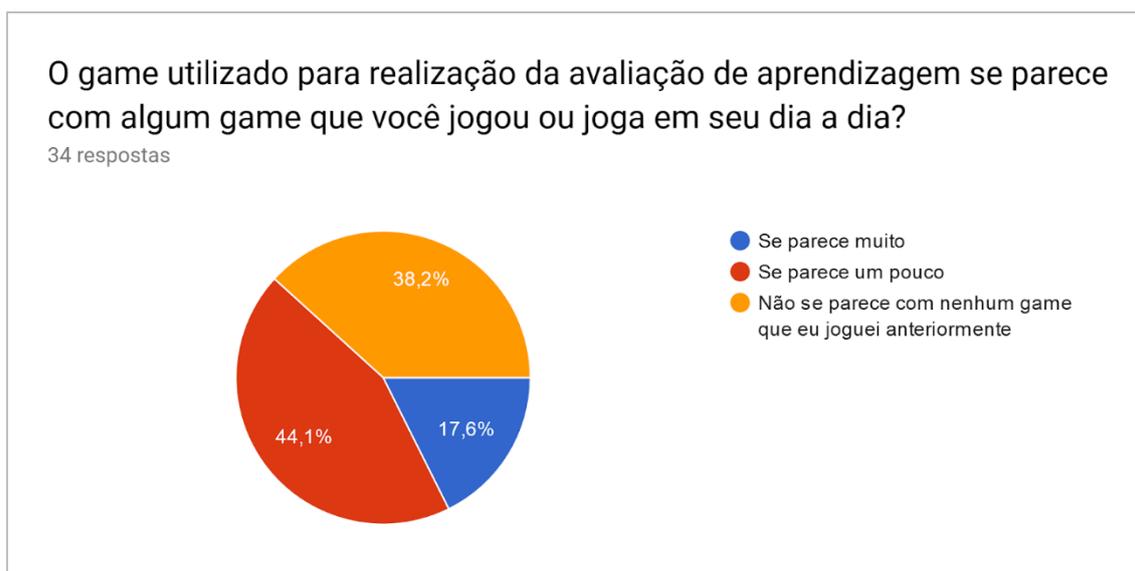
O professor propõe atividades diversificadas, propicia a busca do conhecimento a partir de vários agentes de informação, observa, intervém com explicações e novas perguntas, favorece diferentes momentos e formas de representação do pensamento (verbal, escrita, plástica, musical, dramática etc.), cria momentos de confronto e interação grupal, propõe questões, tarefas, relatórios para expressão individual do conhecimento. (HOFFMANN, 2009, p. 68).

Com o exposto, percebe-se que os jogos eletrônicos possuem um grande atrativo e que podem servir de estratégia para o ensino e aprendizagem como um excelente recurso didático para o professor, desde que os mesmos sejam adaptados para a disciplina do docente. Dessa maneira, o jogo eletrônico consegue desenvolver ou aguçar várias habilidades intrínsecas ao aluno, que, muitas vezes, as manifestam sem perceber quando estão jogando. Segundo Savi e Ulbricht (2008, p. 7), essas habilidades manifestadas pelo aluno ao jogar, são:

1. **Efeito motivador:** Os jogos educacionais demonstram ter alta capacidade para divertir e entreter as pessoas ao mesmo tempo em que incentivam o aprendizado por meio de ambientes interativos e dinâmicos e motivam estudantes com desafios, curiosidade e interação.
2. **Facilitador do aprendizado:** Os jogos colocam o aluno no papel de tomador de decisão e o expõem a níveis crescentes de desafios para possibilitar uma aprendizagem através da tentativa e erro.
3. **Desenvolvimento de habilidades cognitivas:** Os jogos promovem o desenvolvimento intelectual, já que para vencer os desafios o jogador precisa elaborar estratégias e entender como os diferentes elementos do jogo se relacionam. E, também desenvolvem várias habilidades cognitivas, como a resolução de problemas, tomada de decisão, reconhecimento de padrões, processamento de informações, criatividade e pensamento crítico.
4. **Aprendizado por descoberta:** Desenvolvem a capacidade de explorar, experimentar e colaborar, pois o feedback instantâneo e o ambiente livre de riscos provocam a experimentação e exploração, estimulando a curiosidade, aprendizagem por descoberta e perseverança.
5. **Socialização:** Outra vantagem dos jogos educacionais é que eles também podem servir como agentes de socialização à medida que aproximam os alunos jogadores, competitivamente ou cooperativamente, dentro do mundo virtual ou no próprio ambiente físico de uma escola ou universidade.
6. **Coordenação motora:** Diversos tipos de jogos digitais promovem o desenvolvimento da coordenação motora e de habilidades espaciais.
7. **Comportamento expert:** Crianças e jovens que jogam vídeo games se tornam experts no que o jogo propõe. Isso indica que jogos com desafios educacionais podem ter o potencial de tornar seus jogadores experts nos temas abordados.

Nesse contexto, o jogo eletrônico educacional pode conseguir aliar várias habilidades e despertar as inteligências dos alunos, além de atraí-los para o conteúdo ou tema proposto pelo professor.

Gráfico 7 - Comparação do game Zeeman com os utilizados cotidianamente pelos alunos



Fonte: Questionário Google Docs, 2018 (UFMA).

Porém, o game deve estar o mais próximo possível do tipo de jogo usado pelo educando em seu cotidiano (Gráfico 7), para que o mesmo se sinta atraído e tenha facilidade em manusear seus comandos (Gráfico 8). A ludicidade do game faz com que o recurso avaliativo não seja uma mera extensão da avaliação convencional conhecida pelo discente em sua vida acadêmica que tanto o desmotiva e o abala psicologicamente (ANTUNES, 1998). O uso das fases-avaliativas do jogo conduz o educando para um aprendizado prazeroso quando a aprendizagem é o caminho para transpassar pelos desafios que o game oferece em quanto o aluno joga. Além disso, os jogos são uma forma de desenvolver no aluno a inteligência lógico matemática que é essencial para o aprendizado dos conteúdos da disciplina Física. Como recomenda Antunes;

[...] O estímulo a essa inteligência, evidentemente, não se limita à infância. Interações abstratas, problemas matemáticos, análises algébricas, jogos como gamão e xadrez (igualmente estimulador da inteligência espacial, como se verá), games específicos e que explorem a dedução e o raciocínio analítico, os desafios ligados à engenharia e à arquitetura representam procedimentos recomendáveis, mesmo para os que não busquem essa alternativa lúdica ou profissional. Do ponto de vista biológico, existe algum consenso de que os lóbulos parietais esquerdos e as áreas de associação temporal e occipital contíguas assumem relevância no desempenho dessa inteligência, e lesões nessa área ocasionam colapsos em capacidade de cálculo, desenho geométrico e orientação esquerda/direita (ANTUNES, 2002, p. 33).

Por outro lado, o aprendizado para uma avaliação convencional, muitas vezes, é feita apenas com aulas expositivas e entediantes, em que o aluno é o depositário e o professor aquele que deposita a verdade indiscutível e incontestável. E, a avaliação é

usada como ameaça por falta de autoridade pedagógica do professor em sala de aula, conduzindo o aluno a estudar por medo da reprovação e não por ser importante o aprendizado dos conteúdos, como afirmar Luckesi;

[...] o professor utiliza-se das provas como um fator negativo de motivação. O estudante deverá se dedicar aos estudos não porque os conteúdos sejam importantes, significativos e prazerosos de serem aprendidos, mas sim porque estão ameaçados por uma prova. O medo os levará a estudar. (LUCKESI, 2011, p. 37).

O questionamento, a contextualização, a motivação, o conhecimento prévio devem sempre estar presentes na ministração dos conteúdos aos alunos, pois assim haverá significado no aprendizado. Propor o desafio de aprender os conteúdos para se sair bem nas fases-avaliativas do game é uma “brincadeira” estratégica que motiva os educandos na busca do conhecimento. Certo que não se pode usar qualquer jogo ou de qualquer maneira, a aplicação do game deve estar dentro do planejamento do professor para surtir o efeito esperado de um auxílio eficiente, segundo Antunes (1998, p. 40),

Os jogos devem ser utilizados somente quando a *programação possibilitar e somente quando se constituírem em um auxílio eficiente ao alcance de um objetivo dentro dessa programação*. De certa forma, a elaboração do programa deve ser precedida do conhecimento dos jogos específicos e, na medida em que estes aparecerem na proposta pedagógica, é que devem ser aplicados, sempre com o espírito crítico para mantê-los, alterá-los, substituí-los por outros ao se perceber que ficaram distantes desses objetivos.

O ideal é que os comandos do game sejam familiares aos alunos para que tenham facilidade durante a avaliação, do contrário, o game será mais um fator complicador do que motivador (Gráfico 8).

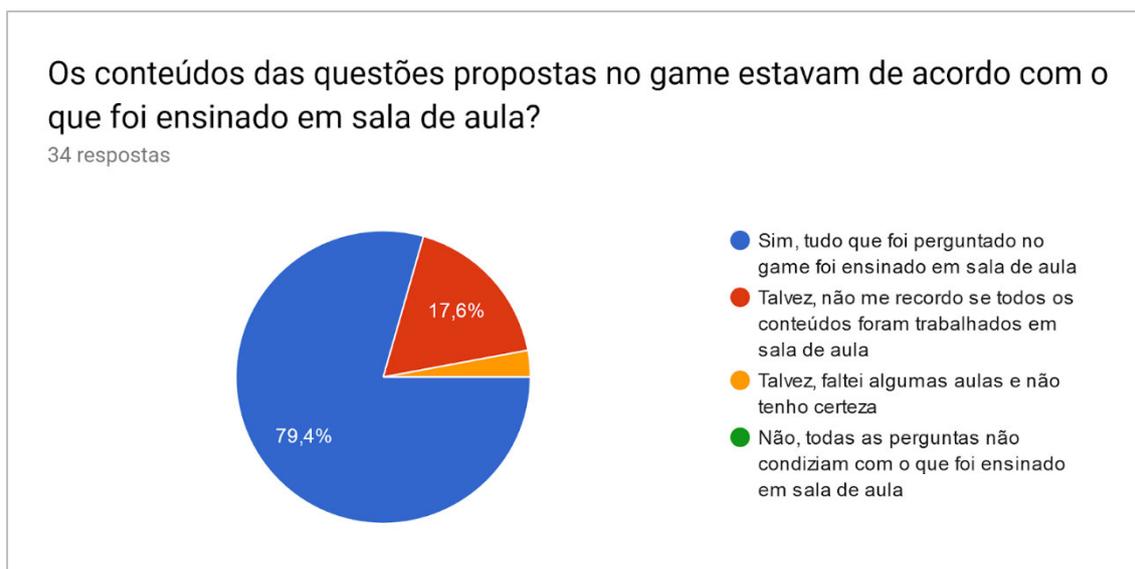
Gráfico 8 - Uso dos comandos do game Zeeman



Fonte: Questionário Google Docs (2018).

Os conteúdos ministrados durante as aulas deve ser outra preocupação do professor, pois, é lógico, que só se deve propor em uma avaliação aquilo que foi ensinado. E quando se trata do aluno de ensino médio, é melhor que a linguagem dos problemas propostos seja em um nível de compreensão do discente, de forma que o educando possa entender o que lhe foi perguntado nas questões da avaliação. Com essa preocupação, elaborou-se a questão que segue no Gráfico 9.

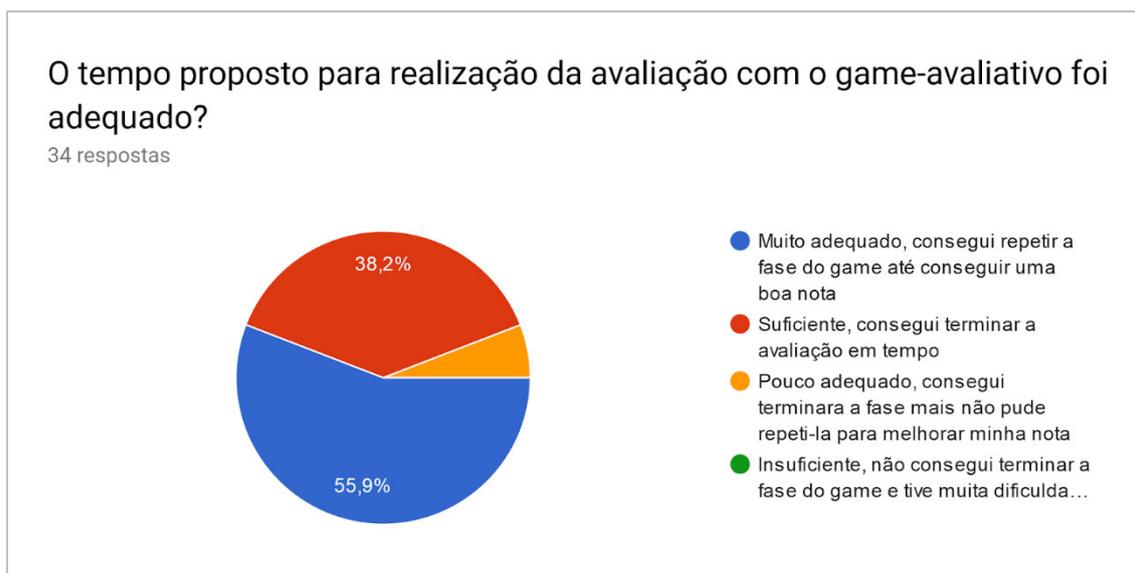
Gráfico 9 - Relação entre os conteúdos propostos no game Zeeman e o ensino em sala de aula



Fonte: Questionário Google Docs (2018).

O Gráfico 9, revela que por mais que alguns alunos tenham dúvidas, quanto ao conteúdo ministrado em sala e o proposto nas questões do game, muitos não aprenderam por não terem assistido as aulas ou por não se recordarem. Porém, a maior parte dos participantes do questionário confirma que os conteúdos foram trabalhados em sala de aula.

Gráfico 10 - O tempo de avaliação das fases do game Zeeman



Fonte: Questionário Google Docs (2018).

O tempo de realização da avaliação é outro ponto que deve ser levado em consideração pelo professor na hora da elaboração da mesma. Esse tempo deve ser percebido durante as atividades em sala de aula, lembrando-se que o tempo do aluno não é igual ao tempo do professor; este conhece os conteúdos por trabalhar com os mesmos durante anos, enquanto o discente se depara pela primeira vez com tais assuntos no ensino médio. Para saber se o tempo de avaliação com o uso do game foi suficiente para o aluno, propôs-se a pergunta como exposto no Gráfico 10.

Ao terminar a fase do game, anotou-se o resultado individual de cada aluno, pois o game dispunha do resultado imediatamente ao final de cada fase (Figura 34). A anotação constava das questões corretas de cálculo (os baús) e objetivas (perguntas feitas pelos Guardiões) que o discente alcançou. Se o aluno não atingisse o número mínimo estipulado de questões objetivas corretas, o educando poderia reiniciar a fase para tentar melhorar sua nota, caso não tivesse expirado o tempo para tal. O que não proporciona prejuízos para a avaliação, pois o game possui uma aleatoriedade de perguntas conceituais para

cada guardião (locais de perguntas objetivas no game). Quanto as perguntas subjetivas, elas são fixas, isto é, depois de solucionadas o discente saberia o código do baú, assim, não faz sentido ter que solucionar-las novamente, basta colocar a senha já descoberta com a solução do cálculo da questão do baú. O intuito é desafiar o discente a se superar, dando-lhe condições para vencer os desafios, corroborando com o que diz Hoffmann;

Avaliar é, então, questionar, formular perguntas, propor tarefas desafiadoras, disponibilizando tempo, recursos, condições aos alunos para a construção das respostas. Os conteúdos não deixam de existir, eles são mais do que nunca importantes, assim como a visão interdisciplinar, e é compromisso do professor sugerir e disponibilizar variadas fontes de informação. A premissa é oferecer aos alunos muitas e diversificadas oportunidades de pensar, buscar conhecimento, engajar-se na resolução de problemas, reformular suas hipóteses, comprometendo-se com seus avanços e dificuldades (HOFFMANN, 2009, p. 71).

Quando o aluno é convencido que a avaliação não tem a intenção de reprova-lo, mas de conduzi-lo à compreensão dos conteúdos da disciplina ministrados, pode diminuir a tensão provocada por uma prova escrita. E quando a avaliação convencional é substituída pela ludicidade de um game, tem-se a junção do brincar e aprender. Mas, mesmo durante a aplicação da avaliação surgem momentos de aprendizagem, em que a dúvida do aluno pode ser esclarecida pelo professor para conduzi-lo a um raciocínio que objetive a solução de um problema proposto. Não se trata de dar resposta pronta ao aluno, mas de fazê-lo lembrar do que foi ensinado em sala. Essa é uma concepção mediadora que acompanha a construção progressiva do conhecimento, com afirma Hoffmann:

Na prática classificatória, a pergunta do professor “comprova” respostas e que ele já antecipou. Ele explica noções e ensina como se faz e depois pergunta ou realiza tarefas para ver se a resposta do aluno está de acordo com o que ele ensinou. Na concepção mediadora, o professor pergunta sempre – ao iniciar, ao desenvolver e ao finalizar etapas de discussão sobre um tema. Tarefas e testes são elaborados e interpretados a partir dos diferentes significados que adquirem no acompanhamento da construção progressiva do conhecimento: investigar o que o aluno já entende sobre um novo assunto, acompanhar as estratégias cognitivas de que se vale para suas descobertas, a expressão de hipóteses e conceitos construídos (HOFFMANN, 2009, p. 67-68).

Para verificar essa afirmação, foi perguntado aos alunos participantes da pesquisa: “Existem explicações sobre os conteúdos da disciplina ensinados em sala de aula disponibilizadas dentro dos baús e espalhadas pelas fases do game. Essas dicas lhe ajudou a solucionar as questões do jogo? Justifique sua resposta”. Dentre as respostas dos alunos ao formulário do *Google Docs*, destacaram-se as seguintes:

“Sim, pois fazemos anotações e utilizamos nas resoluções das outras”.

“Sim, pois as vezes não lembramos de algum detalhe importante e os baús ajudam bastante”.

“Sim, essas dicas me deram noção de mais ou menos como se resolvia os cálculos”.

“Sim, algumas dicas foram de extrema importância para a resolução das questões”.

“Sim. Existe várias dicas que é o conteúdo estudado na sala de aula”.

“Ajudou bastante. Sempre que tinha dúvida, essas dicas lembravam alguma informação dita nas aulas, e as questões ficaram cada vez mais fáceis de se responder”.

“Sim, demais! Ajudou muito tinha esquecido um conteúdo e vi no jogo quando "cliquei no livro", isso me ajudou a responder um baú, ainda bem! Parabéns professor, por esse belo jogo”.

“Sim, pois as vezes a gente esquece do conceito de alguns assuntos, e com essa ajuda acaba lembrando”.

“Sim. A partir delas pude recobrar fórmulas e, digamos, "macetes" para a realização da avaliação alternativa, conseguindo obter um bom desempenho e me divertindo bastante em meio ao processo”.

A condução do aluno a um conhecimento que foi ensinado em sala de aula durante uma avaliação, corrobora com o sentido de avaliar. O ensino e a avaliação não estão desassociados, diagnosticar se o aluno aprendeu aquilo que foi ensinado é utilizar-se de um auxílio para fortalecer os pontos que precisam ser desenvolvidos pelo aluno nos conteúdos trabalhados é algo essencial. Todavia, quando utiliza-se um jogo quer seja para o ensino ou para avaliação da aprendizagem o mesmo não pode ser muito fácil e nem impossível de ser solucionado, pois, ambos os extremos pode conduzir o aluno ao fracasso. Como afirma Antunes,

Jogos extremamente “fáceis” ou cuja solução se coloque acima da capacidade de solução por parte do aluno causam seu desinteresse e, o que é pior, sua baixa estima, associada a uma sensação de incapacidade ou fracasso. Nesse particular, é importante que o professor possa organizá-los para simbolizarem desafios intrigantes e estimulantes, mas possíveis de serem concretizados pelos alunos, individualmente ou em grupo. Esse nível de dificuldade ideal não é parte inerente do jogo, mas provém da acuidade e perspicácia de observação do professor que pode, aqui e ali, dar algumas “dicas” facilitadoras quando o jogo é muito difícil, ou criar estratégias mais complexas, se julga de fácil solução. O reforço positivo expresso seguido de entusiasmático convite para outro jogo, na próxima vez (ANTUNES, 1998, p. 41).

A inserção de jogos na escola como instrumento para auxílio da aprendizagem ou da avaliação é sempre uma novidade que muito agrada ao educando. Mas, deve-se manter um certo rigor pedagógico, principalmente com os jogos eletrônicos, que podem

desviar atenção do aluno para outro sentido que não seja o objetivado pela disciplina ministrada em sala. É certo que, dentro do processo de aprendizagem, a avaliação requer uma quantidade de tempo que deixa pouco espaço para que o professor possa inovar em sua prática pedagógica. Como afirma Perrenoud,

Para fazer com que a máquina avaliativa funcione, *trabalha-se*, tomam-se múltiplas decisões, negocia-se. Tudo isso deixa finalmente poucos recursos para pensar em renovar o ensino, para se lançar em experiências didáticas, para transformar os métodos ou o estilo de administração de aula. Esse obstáculo à inovação é tão simples quanto importante: a avaliação frequentemente absorve *a melhor parte* da energia dos alunos e dos professores, não restando grande coisa para inovar (PERRENOUD, 1999, p. 68).

Ao se Utilizar um game para avaliar o aprendizado do educando, tem-se que se questionar se ele representa uma inovação e uma experiência didática que pode proporcionar algo muito diferente em relação a uma avaliação convencional. Assim, perguntou-se aos alunos: “O que você achou de realizar uma avaliação de aprendizagem com o uso de um game? Justifique sua resposta”. Dentre as respostas do formulário do *Google Docs*, destacaram-se as seguintes:

“Achei bem interessante, é uma forma de aprender e se divertir ao mesmo tempo”.

“Legal, é bem intuitivo e divertido, e testa os conhecimentos da mesma maneira da prova normal”.

“Achei muito legal, ajuda muito no aprendizado, e diminui a tensão de uma prova convencional de física”.

“Uma forma diferenciada de realizar a avaliação, e uma forma divertida logo para uma matéria que muitos tem tanta dificuldade”.

“Algo totalmente diferente, mas muito melhor que a prova "normal" pois achei muito mais divertido”.

“Ótimo, pois além de ajudar muito na avaliação é uma forma de se descontrair e relaxar”.

“Ótima. É uma boa forma de avaliar o aluno de uma forma menos cansativa, deixando-o focados nos desafios que o jogo tem a oferecer, sendo tanto pelas questões como pelos adversários espalhados pelo mapa”.

Assim, torna-se necessário que o docente compreenda que a utilização de games como estratégia de ensino ou de avaliação necessita de uma boa pesquisa para direcioná-lo e transformá-lo em uma ferramenta educacional. O lúdico da estratégia deve permanecer, até mesmo, porque esse ponto é o atrativo para o aluno, porém, o conhecimento, essencialmente, deve caminhar junto com o lúdico. Corroborando com o

que afirma Gros (2003, p. 1689), “os jogos são programas que podem ser facilmente introduzidos nas escolas para ensinar conteúdos curriculares específicos ou desenvolver estratégias e procedimentos; e sugere a transformação do jogo para a potencialização do aprendizado das crianças”. Utilizar-se de um game para avaliar o aprendizado dos alunos em Dinâmica, antes de tudo, deve-se ter o cuidado para que o jogo seja devidamente direcionado para os conteúdos ministrados em sala de aula. O game deve ter seus comandos muito bem explicados para os discentes e a estrutura gráfica deve ser a mais parecida possível dos jogos comumente utilizados pelos mesmos. Assim, o atrativo do jogo, que é a ludicidade, se mantém para provocar as mesmas sensações que o jogador sente quando joga cotidianamente.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

A ideia de mecanismo facilitador de aprendizagem pauta-se nos recursos didáticos utilizados pelo professor em sala de aula, de maneira que o mesmo consiga fazer com que o aluno entenda o que é ensinado, fazendo com que ocorra o aprendizado significativo, de forma que a inteligência múltipla do aluno seja motivada, pois essa inteligência será o que definirá o futuro do discente na disciplina ministrada e na vida em sociedade. Quando o professor pesquisa a melhor forma de fazer com que seus alunos assimilem o conteúdo trabalhado, depara-se com a problemática de como ensinar uma turma heterogênea na forma de pensar e compreender o assunto. Nesse sentido, constata-se que os jogos eletrônicos (games) conseguem atrair a atenção de jovens e adolescentes para si. Então, o professor, ao se utilizar de games educacionais terá em mãos uma excelente ferramenta pedagógica para motivar uma maior participação dos alunos na ministração de suas aulas em sala.

Partindo desse contexto, desenvolveu-se um game para avaliar os conhecimentos adquiridos pelos alunos em Dinâmica. Aplicou-se as fases do jogo depois da ministração dos conteúdos em substituição da avaliação convencional (prova escrita) e obteve-se resultados que descrevem certa evolução em relação aprendizagem dos alunos participantes da pesquisa. As análises obtidas através dos gráficos e tabelas plotados neste trabalho indicam claramente uma diferença das notas e médias entre o primeiro, com avaliações convencionais, e o segundo semestre, com as fases-avaliações do game, em 2018, ano da aplicação do game em substituição da avaliação convencional na escola, destacando-se nesta análise um aumento na média dos alunos.

Antes de submeter os alunos ao game, realizou-se um teste de inteligências múltiplas para observar a aptidão de cada aluno e comprovar que todos os alunos participantes da pesquisa, mesmo que não fosse a inteligência central, possuíam a inteligência lógico-matemática dentre as sete desenvolvidas. Isto é, todos os participantes poderiam adquirir conhecimento dos conteúdos ministrados em sala de aula em relação a Física. Então, as aulas foram ministradas considerando-se os conhecimentos prévios dos alunos, contextualizando-se, instigando-se o questionamento, dialogando-se em uma linguagem acessível aos discentes, aplicando-se atividades individuais e em grupos de formas diversificadas e, no final das ministrações dos conteúdos, os alunos foram submetidos às fases-avaliações do game.

Em cada uma das fases do game, disponibilizou-se aos discentes quinze questões conceituais e sete questões de cálculo para realização das avaliações, na qual observou-se um crescente aumento nas notas dos alunos da primeira para segunda avaliação, que se deve principalmente a adaptação à nova metodologia.

Para avaliar a ludicidade e a jogabilidade do game, utilizou-se um formulário do *Google Docs*, que foi respondido voluntariamente pelos alunos, em que se observou a preferência por esse tipo de avaliação, com o uso de um game, em relação a avaliação convencional, mesmo entre os alunos que não gostam de brincar com jogos eletrônicos cotidianamente. Com o formulário, comprovou-se, também, que a jogabilidade do game não era difícil e que o jogo, assim com seus comandos, se pareciam com os games jogados pelos alunos em seu dia a dia. Outra informação interessante foi que os discentes conseguiram perceber que os conteúdos ministrados em sala estavam de acordo com as questões do game e, também, que o tempo foi suficiente e adequado para realização da avaliação com as fases do game. Além disso, a gamificação existente no game e dicas sobre a dinâmica do jogo espalhadas nas fases e dentro dos baús, conduziram os participantes a um raciocínio cognitivo que os remetiam aos conteúdos ensinados em aula, ou seja, conseguiram aprender mesmo durante a realização da avaliação.

Outro ponto interessante do game, é a economia de papel que se tem com sua aplicação em substituição da avaliação convencional. Em geral, as turmas da escola onde se aplicou essa pesquisa, são compostas por 40 (quarenta) alunos e, quando se aplica as provas, utiliza-se no mínimo duas folhas de papel por prova com dez questões cada. Ou seja, para a aplicação de uma avaliação convencional em uma única turma, utilizam-se, em médias, 80 (oitenta) folhas de papel. Para as quatro avaliações semestrais precisam-se então de 320 folhas de papel, e para o ano escolar, 640 folhas. Essa economia de papel seria para uma única turma, todavia, considerando-se 10 (dez) turmas, a economia seria de 6400 folhas ou 12,8 resmas de papel por ano. O que pode parecer pouco, mas, estendendo-se o game para todos os conteúdos da Física e se, o mesmo, fosse utilizado em todos os campi do IFMA, a economia de papel seria muito mais considerável.

Por fim, a avaliação da aprendizagem dos conteúdos da Dinâmica com o uso do game *Zeeman*, conseguiu atender de forma satisfatória aos anseios da hipótese inicial deste trabalho, que era desenvolver um game para substituir a avaliação convencional. Além disso, os resultados superaram as expectativas quando se mostraram melhores que os da avaliação somativa convencional. Diante disso, para trabalhos futuros pretende-se estender o game *Zeeman* para todos os conteúdos da Física no Ensino Médio, e nada

impede que professores de outras áreas do conhecimento também desenvolvam suas avaliações a partir deste protótipo.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. M. DOS S. et al. Aprendizagem e Jogos: diálogo com alunos do ensino médio-técnico. **Educação & Realidade**, v. 41, n. 1, p. 91–115, 2016.

ARMSTRONG, Thomas. **Inteligências múltiplas na sala de aula**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

ANTUNES, Celso. **AS INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS E SEUS ESTÍMULOS**. 8. ed. Campinas: Papirus, 2002.

_____. **Jogos para a estimulação das múltiplas inteligências**. 16. ed. Petrópolis: Vozes, 1998.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1. ed. Revisão científica por Vitor Duarte Teodoro, traduzido por Lúgia Teopisto, Lisboa: Paralelo, 2003.

BARROS FILHO, J.; DA SILVA, D. Buscando um sistema de avaliação contínua: ensino de eletrodinâmica no nível médio. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 1, p. 27–38, 2002.

BEDIN, E.; BARWALDT, R. Tecnologia da informação e comunicação no contexto escolar: interações à luz da sustentabilidade ambiental no viés das redes sociais. **RENOTE**, v.12, n.1, 1-10, 2014.

BENTO, E. M. C. Uma nova visão da história da mecânica. **Revista de Ensino de Física**, v. 5, n.1, p. 45-70, 1983.

BLANCHARD, E.; FRASSON, C. Easy creation of game-like virtual learning environments. **Proc. of the 8th Teaching with Agents, ...**, 2006.

BOMFOCO, M. A.; AZEVEDO, V. DE A. Os Jogos Eletrônicos E Suas Contribuições Para a Aprendizagem Na Visão De J. P. Gee. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 4, p. 1–10, 2006.

CARITA, A. JOGAR E PENSAR VIDEOJOGOS : OBRAS ABERTAS À COMUNICAÇÃO. **Comunicando**, v. 3, p. 264–286, 2014.

CARPINTERO, E.; CABEZAS, D.; SÁNCHEZ, L. Multiple intelligences and high ability: An enrichment proposal based on Howards' Gardner model. **Faisca**, v. 14, p. 4–13, 2009.

CIASCA, M. I. F.; SILVA, L. M.; ARAÚJO, K. H. (Org.). **Avaliação da aprendizagem**: a pluralidade de práticas e suas implicações na educação. Fortaleza: EdUECE, 2017.

CHEE, Yam San. **Games-To-Teach or Games-To-Learn**: Unlocking the Power of Digital Game-Based Learning Through Performance. 1 ed. Series Title: Gaming Media and Social Effects, Singapore: Springer, 2016.

COSTA, R. C.; MIRANDA, J. C.; GONZAGA, G. R. Avaliação e Validação do Jogo Didático “Desafio Ciências – Sistemas do Corpo Humano” Como Ferramenta para o Ensino de Ciências. **REnCiMa**, v. 9, n.5, p. 56-75, 2018.

CRUZ, D. M.; ALBUQUERQUE, R. M. A produção de jogos eletrônicos por crianças : narrativas digitais e o RPG Maker. **Comunicação & Educação**, v. 19, n. 1, p. 111–120, 2014.

DAVID, A. The games psychologists play (and the data they provide). **Behavior Research Methods, Instruments, & Computers**, v. 35, n. 2, p. 185–193, 2003.

DURAN, D.; LEWANDOWSKI, N.; SCHWEITZER, A. A 3D computer game for testing perception of acoustic detail in speech. **Proceedings of Meetings on Acoustics**, v. 28, p. 1-12, 2017.

DEL CONT, Valdeir. Francis Galton: eugenia e hereditariedade. **scientiæ zudia**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 201-18, 2008.

DEMO, P. **Metodologia para quem quer aprender**. São Paulo: Atlas, 2008.

DE SENA, S. et al. Aprendizagem baseada em jogos digitais: a contribuição dos jogos epistêmicos na geração de novos conhecimentos. **Renote**, v. 14, n. 1, p. 1–11, 2016.

DIAS, R. **RPG MAKER TUDO SOBRE as engines**. Disponível em: <<http://producaodejogos.com>>. Acesso em: 25 de jul. 2017.

DÖRNER, R. et al. **Serious Games: Foundations, Concepts and Practice**. Germany: Springer, 2016. Disponível em: <<https://www.springer.com/gp/book/9783319406114>>. Acesso em: 25 de nov. 2018.

FARDO, M. L. A GAMIFICAÇÃO APLICADA EM AMBIENTES DE APRENDIZAGEM. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 11, n. 1, jul., 2013.

FERREIRA, V. M. Ensino médio politécnico: mudança de paradigma. **In: AZEVEDO, J. C.; REIS, J.** Reestruturação curricular do ensino médio. São Paulo: Fundação Santillana, 2013.

FONSECA, D. G.; MACHADO, R. B. (Org.). **Educação Física: (re)visitando a Didática**. Porto Alegre: Sulina, 2015.

FREITAS, L. C.; OVANDO, N. G. Avaliação educacional em contextos municipais. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 34, n. 125, p. 1153-1174, 2013.

FEYNMAN, R. P. **Lições de física de Feynman** [recurso eletrônico]: edição definitiva/ Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands; tradução Antônio José Roque da Silva, Sylvio Roberto Accioly Canuto. – Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FIRTH, N. “First wave of virtual reality games will let you live the dream,” **New Scientist**, v. 218, n. 2922, p. 19–20, 2013.

FONSECA, M. et al. O laboratório virtual: Uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, p. 4503, 2013.

GALTON, Francis. Hereditary talent and character. **Macmillan’s Magazine**, v. 12, p. 157-66, 318-27, 1865.

GARDNER, H.; HATCH, T. Multiple Intelligences Go to School: Educational Implications of the Theory of Multiple Intelligences. **Educational Research**, v. 18, n. 8, p. 4–10, 1989.

GARDNER, Howard. **Estrutura da Mente: A Teoria das Inteligências Múltiplas**. trad. Sandra Costa. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1994.

GEE, J. P. **Good video games and good learning: Collected essays on video games, learning and literacy.** New York, NY: Peter Lang, 2007.

_____, J. P. **What video games have to teach us about learning and literacy** (Revised and updated ed.). New York, NY: Palgrave Macmillan, 2007.

_____, J. P. **The anti-education era: Creating smarter students through digital learning.** New York, NY: Palgrave Macmillan, 2014.

KAPP, K. M., BLAIR, L.; MESCH, R. **The gamification of learning and instruction fieldbook: Ideas into practice.** San Francisco, CA: Wiley, 2014.

_____, K. M. **The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education.** San Francisco, CA: Pfeiffer, 2012.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GLEISER, Marcelo. **A dança do universo: dos mitos de Criação ao Big Bang.** São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

GROS, B. The impact of digital games in education. **Frist Monday**, v. 8, n. 7, p. 1689–1699, 2003.

HAYDT, Regina Cazaux. **Avaliação do processo ensino-aprendizagem.** São Paulo: Ática, 1988.

HADJI, C. **A avaliação desmitificada.** Porto Alegre: Artmed, 2001.

HENRY, L. M. New Methods for the Diagnosis of the Intellectual Level of Subnormals. **L'Année Psychologique**, n. 12, p. 191–244, 1998.

HORTA NETO, J. L. H. Avaliações educacionais e seus reflexos em ações federais e na mídia eletrônica. **Estudos em Avaliação Educacional**, São Paulo, v. 25, n. 59, p. 172–201, 2014.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual** [recurso eletrônico]/Paul G. Hewitt; tradução: Trieste Freire Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

HOFFMANN, Jussara. **Avaliação mito e desafio: uma perspectiva construtivista**. 44. ed. Porto Alegre: Mediação, 2014.

_____, Jussara. **Avaliar para promover: as setas do caminho**. 11. ed. ver. e atual. ortog. Porto Alegre: Mediação, 2009.

IDAAM. Instituto de Desenvolvimento Econômico Rural e Tecnológico Dados da Amazônia. Disponível em: < <http://idaam.edu.br/testes/teste-das-multiplas-inteligencias>>. Acesso em: 06 de ago. 2018.

JENSEN, A. The G factor: The science of mental ability: revisão de libro por Secades, R. **Psicothema**, v. 11, n.2, p. 445-446, 1999.

KENSKI, V. M. **Educação e Tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8. ed. Campinas, SP: Editora Papirus, 2011.

KIMBALL, G. et al. Supporting research into sound and speech learning through a configurable computer game. **In: IEEE International Games Innovation Conference (IGIC)**, p. 110–113, Sept, 2013.

KNIGHT, Randall. **Física 1: uma abordagem estratégica** [recurso eletrônico] / Randall Knight; tradução Trieste Freire Ricci. 2. ed. Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2009.

KUO, C. C. et al. Identifying young gifted children and cultivating problem solving abilities and multiple intelligences. **Learning and Individual Differences**, v. 20, p. 365–379, 2010.

LOPES, N.; OLIVEIRA, I. Videojogos, serious games e simuladores na educação: usar, criar e modificar. **Educação, Formação & Tecnologias**, v. 6, n. 1, p. 4–20, 2013.

LIMA FILHO, M. A.; WAECHTER, H. N. Hiper mídias educativas em tablets: estado da arte. **Blucher Design Proceedings**, v.1, n.2, p.1-13, 2014.

LIBÂNEO, J. C. **Educação escolar: políticas, estruturas e organização**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

LLOR, L. et al. Multiple intelligences and high ability. **Aula Abierta**, v. 40, p. 27–38, 2012.

LUCKESI, C. C. **AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM ESCOLAR: Estudos e proposições**. 22ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

MACEDO, Lino de. **Ensaio construtivistas**. 4. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1994.

MACHADO, C. Avaliação externa e gestão escolar: reflexões sobre usos dos resultados. **Revista @mbienteeducação**, Tatuapé, v. 5, n. 1, p. 70-82, 2012.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2018, 312 p.

MAZZOTTI, A. J. A.; GEWANDSZNAJDER, F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1998.

MELO, E. S.; BASTOS, W. G. Avaliação escolar como processo de construção de conhecimento. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 23, n. 52, p. 180–203, 2012.

MORÁN, J. M. **Como transformar nossas escolas: novas formas de ensinar a alunos sempre conectados**. São Paulo: ECA; USP, 2015, 25p.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. **III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, n. 3, p. 33–45, 2010.

_____. **Metodologia da Pesquisa em Ensino**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

NASCIMENTO, E. L.; SCHMIGUEL, J. Referenciais Teóricos- Metodológicos: Sequencias Didáticas com Tecnologias no Ensino de Matemática na Educação Básica. **REnCiMa**, v.8, n.2, p.115-126, 2017.

NEISSER, U. et al. Intelligence: Knowns and unknowns. **American Psychologist**, v. 51, n. 2, p. 77-101, 1996.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. 1. ed. Lisboa: PLATANO, 1984, p. 210.

OLIVEIRIA, A. F. ET. AL. Inteligências Múltiplas e o Método de Ensino: um Estudo com Discentes e Docentes em uma Universidade do Sul do Brasil. **Pensar Contábil**, v. 50, n. 13, p. 23–32, 2011.

OLIVEIRA, L. M.; GOMES, M. L. A. Einstein e a Relatividade entram em cena: diálogos sobre o teatro na escola e um ensino de Física criativo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 33, n. 3, p. 943-961, dez. 2016.

MACÊDO, J. A.; DICKMAN, A. G.; ANDRADE, I. S. F. Simulações Computacionais como Ferramentas para o Ensino de Conceitos Básicos de Eletricidade. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n. Especial 1: p. 562-613, set. 2012.

OTAVIANO, F. M.; SILVA, D. M.; LIMA, M. A. M. A avaliação como quesito motivador e inclusivo no ensino superior. **In: CIASCA, M. I. F.; SILVA, L. M.; ARAÚJO, K. H. (Org.). Avaliação da aprendizagem: a pluralidade de práticas e suas implicações na educação**. Fortaleza: EdUECE, 2017. p. 288-304.

PERRENOUD, Philippe. **Avaliação: da excelência à regulação da aprendizagem – entre duas lógicas**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

PRETO, N. de L. O desafio de educar na era digital: educações. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, v. 24, n. 1, p. 95-118, 2011.

PRIETO, M. D.; Ferrándiz, C. **Inteligencias múltiples y curriculum escolar**. Málaga: Aljibe, 2001.

QUINTAS, M. J.; CARVALHO, P. S. Ensino interativo na abordagem da eletricidade numa escola portuguesa. p. 839–860, 2016.

ROPELATO, M. et al. Inteligências Múltiplas: Um Comparativo entre Diferentes Centros de Ensino de uma Universidade. **REGE**, v. 18, n. 2, p. 211–224, 2011.

RIGO, D. Y.; DONOLO, D. S. Tres enfoques sobre inteligencia: um estudio con

trabajadores manuales. **Estudos de Psicologia**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 39-48, jan. - mar., 2013.

RIGO, D. Y.; DONOLO, D. S. ¿De qué modo somos inteligentes? Resultados para pensar la educación. **Cultura y Educación**, v. 24, n. 1, p. 5-15, 2012.

SAUL, A. M. **Avaliação emancipatória: desafio à teoria e à prática de avaliação e reformulação de currículo**. São Paulo: Autores Associados, 1988.

SAVI, R.; ULBRICHT, V. R. Jogos Digitais Educacionais: Benefícios e Desafios. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 6, p. 1-10, 2008.

SEREIA, G. S.; TENORIO, M. B. DESENVOLVIMENTO DE JOGO COM RGSS NA RPG MAKER XP. **Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura**, v. 19, p. 49-62, 2016.

SILVA, A. de L.; SERRA, K. C. O Ava Moodle e suas Possibilidades no Ensino-Aprendizagem de Ciências: trabalhando o conteúdo “geração de energia elétrica” no Ensino Fundamental. **REnCiMa**, v. 9, n. 1, p. 122-139, 2018.

SILVA, T. Um jeito de fazer hipermídia para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 0, p. 864-890, 2012.

STEAM: RPG Maker MV Bundle, 2015. Disponível em: <
<http://store.steampowered.com/news/?appgroupname=RPG+Maker+MV+Bundle&appids=363890,426100,403870,405920>>. Acesso em: 23 de Ago. 2017.

WALTER, S. A. et al. Similaridades e divergências no desenvolvimento das inteligências múltiplas de um curso de ciências contábeis: um comparativo entre cursos, turmas e gêneros. **In: CONGRESSO DE CONTROLADORIA E CONTABILIDADE DA USP**, 9., 2008, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 2008.

TRENTIN, M. A. S.; SILVA, M.; ROSA, C. T. W. ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA APOIADA NAS TECNOLOGIAS E NA EXPERIMENTAÇÃO. **REnCiMa**, v. 9, n.5, p. 94-113, 2018.

VASCONCELLOS, C. S. **Avaliação da aprendizagem: práticas de mudanças por uma práxis transformadora**. 5. ed. São Paulo: Libertad, 2003.

VIANNA, H. M. **Avaliação educacional**. São Paulo: Ibrasa, 2000.

_____, H. M. Avaliação e o avaliador educacional: depoimento. **Estudos em Avaliação Educacional, São Paulo**, v. 25, n. 60, p. 86-103, n. esp., 2014.

VILLAS BOAS, B. M. F. **Portfólio, avaliação e trabalho pedagógico**. Campinas: Papyrus, 2015.

_____, B. M. F. **Virando a escola do avesso por meio da avaliação**. Campinas: Papyrus, 2008.

WARREN, S. J.; JONES, G. **Learning Games: The Science and Art of Development**. Denton: Springer, 2017.

WESENDONK, F. S.; TERRAZZAN, E. A. Caracterização dos focos de estudo da produção acadêmico-científica brasileira sobre experimentação no Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 779, 15 dez. 2016.

ZANETIC, João. DOS “PRINCIPIA” DA MECÂNICA AOS “PRINCIPIA” DE NEWTON. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 5, número especial, p. 23-35, 1988.

APÊNDICE A – Questionário sobre o Game Zeeman aplicado pelo *Google Docs*

PERGUNTAS	RESPOSTAS	34
<h2>Questionário sobre o Game "Zeeman"</h2>		
<p>Prezado aluno(a)!</p> <p>Eu sou o professor Pedro Fontes, do Instituto Federal do Maranhão - Campus Bacabal, e estou fazendo uma pesquisa através deste formulário sobre a aplicação do Game Educacional "Zeeman" em substituição da avaliação convencional na 1ª série do Ensino Técnico Integrado ao Médio do curso de Informática, turma onde foi aplicado o game. Conto com sua colaboração para responder o questionário que segue abaixo e contribuir para melhorias do Game Zeeman. As informações desse questionário serão utilizadas estritamente para fins científico e todas as informações serão mantidas sigilosas. Não é necessário sua identificação pessoal, apenas idade e sexo.</p>		
<p>Nome da sua escola? *</p> <p>Texto de resposta curta</p>		
<p>Qual o turno que você estuda? *</p> <p><input type="radio"/> Matutino</p> <p><input type="radio"/> Vespertino</p>		
<p>Qual a sua idade? *</p> <p>Texto de resposta curta</p>		
<p>Qual o seu sexo? *</p> <p><input type="radio"/> Masculino</p> <p><input type="radio"/> Feminino</p>		
<p>O game utilizado para realização da avaliação de aprendizagem se parece com algum game que você jogou ou joga em seu dia a dia? *</p> <p><input type="radio"/> Se parece muito</p> <p><input type="radio"/> Se parece um pouco</p> <p><input type="radio"/> Não se parece com nenhum game que eu joguei anteriormente</p>		

Você teve dificuldades para usar os comandos do game? *

- Sim, muita dificuldade
- Sim, pouca dificuldade
- Não, já conhecia jogos da plataforma RPG Maker
- Não, aprendo rápido sobre comandos de games

Se sua resposta foi sim, para a questão anterior, contribua com o game justificando quais as dificuldades e o qual sugestão você daria para melhoria do jogo.

Texto de resposta longa

Além do Zeeman, você já havia realizado uma avaliação de aprendizagem com o uso de um game, ou ouviu falar, ou leu sobre o assunto em algum lugar? Justifique sua resposta. *

Texto de resposta longa

O que você achou de realizar uma avaliação de aprendizagem com o uso de um game? Justifique sua resposta. *

Texto de resposta longa

Os conteúdos das questões propostas no game estavam de acordo com o que foi ensinado em sala de aula? *

- Sim, tudo que foi perguntado no game foi ensinado em sala de aula
- Talvez, não me recordo se todos os conteúdos foram trabalhados em sala de aula
- Talvez, faltei algumas aulas e não tenho certeza
- Não, todas as perguntas não condiziam com o que foi ensinado em sala de aula

Você achou divertido realizar suas avaliações utilizando um game? *

- Sim, muito diferente e divertido em relação a avaliação convencional
- Pouco, não gosto muito de games, mas achei melhor do que a avaliação convencional
- Não, prefiro a avaliação convencional

O tempo proposto para realização da avaliação com o game-avaliativo foi adequado? *

- Muito adequado, consegui repetir a fase do game até conseguir uma boa nota
- Suficiente, consegui terminar a avaliação em tempo
- Pouco adequado, consegui terminara a fase mais não pude repeti-la para melhorar minha nota
- Insuficiente, não consegui terminar a fase do game e tive muita dificuldade no jogo

Se sua resposta a pergunta anterior foi “Pouco adequado” ou “Insuficiente”, e você queira especificá-la por não concordar totalmente com a opção que marcou, responda qual o tempo ideal para você realizar a avaliação no formato do game e por que esse tempo seria necessário para você.

Texto de resposta longa

Existem explicações sobre os conteúdos da disciplina ensinados em sala de aula disponibilizadas dentro dos baús e espalhadas pelas fases do game. Essas dicas lhe ajudou a solucionar as questões do jogo? Justifique sua resposta. *

Texto de resposta longa

APÊNDICE B – Produto Educacional

The background image shows a study desk with an open book in the center, a lit oil lamp on the right, and several other books and a quill pen scattered around. The scene is dimly lit, creating a warm, scholarly atmosphere.

ZEEMAN

UM GAME ESTRATÉGICO PARA
AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM
EM DINÂMICA

Pedro Fontes

Produto Educacional
Mestrado em Ensino de Física

Autor:

Pedro Alves Fontes Neto

Orientador:

Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho

Capa:

Pedro Alves Fontes Neto

Figura da capa:

Desenvolvido na plataforma da RPG Maker MV

São Luís

2019

© Pedro Alves Fontes Neto e Edson Firmino Viana de Carvalho – 2019.
O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores e utilizadas para fins didáticos. Por favor, contate os autores caso constate que houve violação de seus direitos autorais. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

Apresentação

Este trabalho consiste na apresentação de um produto educacional desenvolvido com o intuito de substituir a avaliação convencional pela utilização de um game educacional para avaliar os conhecimentos adquiridos pelos alunos nos conteúdos de Dinâmica.

A relevância deste produto para a avaliação pauta-se na ludicidade e aproximação existente entre o game desenvolvido e os games usados cotidianamente pelos adolescentes. Além disso, é uma forma de introduzir nas escolas mais um recurso didático tecnológico que sirva também para aguçar a curiosidade dos alunos sobre alguns fenômenos físicos, visto que, o game proposto possui diálogos entre os personagens que retratam resumidamente alguns fenômenos de Física Moderna, Mecânica Quântica e Física no Cotidiano.

O diferencial desse game, em relação aos encontrados na literatura atual, é que o mesmo consiste em contextualizar os conceitos e leis da Física dentro de um ambiente virtual imersivo, em que o educando possa aplicar conhecimentos de Mecânica, orientado ao objetivo de resolver problemas que simulem situações reais envolvendo movimento, posição, velocidade, aceleração de corpos, força, quantidade de movimento, impulso, colisões e energia, proporcionando ao jogador uma experiência desafiante na qual os obstáculos devem ser transpassados com o seu conhecimento adquirido em sala de aula.

Os diálogos de personagens fixos com o herói, abriu precedente para que os eventos e comandos do jogo fossem utilizados e adaptados à compreensão dos adolescentes em ambientes de games para Windows, em que os fenômenos físicos são discutidos e perguntas conceituais com opções de resposta, bem como perguntas de cálculo, cujas respostas são códigos para abertura de baús que contém dicas para solucionar as próximas perguntas sobre Dinâmica. Essas perguntas são disponibilizadas com o intuito de avaliar o ensino e a aprendizagem do conteúdo repassado ao educando.

Dessa forma, apresenta-se neste produto educacional a interfase do jogo criado, seu funcionamento, ilustrações do game com perguntas e opções de respostas, ilustrações com fenômenos físicos sendo discutidas, organização dos conteúdos em relação à dinâmica do game e sua eficácia como ferramenta de avaliação da aprendizagem.

Sumário

1	Introdução	5
2	Resumo dos conteúdos da Dinâmica	6
2.1	Conceitos básicos.....	6
2.2	As Leis de Newton.....	7
2.3	Momento linear.....	10
2.4	Impulso	12
2.5	Energia cinética e o teorema do trabalho.....	14
2.6	Energia potencial e conservação da energia mecânica	17
3	Comandos do game Zeeman	19
4	Iniciando o game Zeeman	21
4.1	Como utilizar o game “Zemann” para avaliar	25
4.2	Uma proposta de avaliação com o game Zeeman	33
5	Mensagem ao professor.....	38
	Referências	39

1 Introdução

A plataforma RPG Maker é uma engine destinada a desenvolvimento de jogos eletrônicos que tem uma grande biblioteca de objetos que facilita este tipo de “programação”. Essa ferramenta foi desenvolvida no fim dos anos de 1988 no Japão, pela empresa American Standard Code for Information Interchange (ASCII) e, posteriormente, comprada pela Enterbrain, com sua distribuição apenas no idioma japonês. O diferencial dessa plataforma em comparação com outras engines de desenvolvimento de jogos é a facilidade com que os games podem ser desenvolvidos, pois não há necessidade que se conheça muito sobre lógica de programação. De forma que, com um pouco de dedicação e paciência, é possível ao desenvolvedor começar a produção de um jogo desde do início ao fim.

Com o surgimento da RPG Maker MV, em 2015, os jogos desenvolvidos puderam ser exportados para executarem em outras plataformas além da Windows, tais como: Mac OS X, iOS, HTML 5 e Android. Outra novidade foi a mudança da linguagem de programação da Ruby para a linguagem de programação JavaScript. Porém, o desenvolvimento de jogos nessa plataforma continua não sendo complicado com relação a linguagem de programação, isto porque, ela foi criada para facilitar o desenvolvimento de jogos feito por amadores e iniciantes. Mas, nada impede que jogos mais elaborados possam ser feitos nessa engine. A diferença em relação as outras é a disposição dos objetos de sua biblioteca e a facilidade de manuseio dos mesmos, sem comandos complicados e difíceis de se aprender. Na verdade, essa plataforma parece mais uma montagem de “cubinhos” que vão criando formas da maneira que o desenvolvedor quiser.

Dessa maneira, utilizou-se a RPG Maker MV, que possui um banco de dados com todas as informações para o desenvolvimento de um game, para editar, gerenciar os dados de seu sistema e criar diálogos entre o herói e personagens fixos, o que possibilitou a criação de um jogo educacional em que um fenômeno pode ser discutido ou uma pergunta pode ser feita com as opções de resposta. O resultado desse esforço foi a criação do game educacional “*Zeeman*”, que é voltado para estudantes do Ensino Médio, cuja principal finalidade é de avaliar os conhecimentos adquiridos em sala de aula sobre o conteúdo de Dinâmica.

2 Resumo dos conteúdos da Dinâmica

O produto educacional desenvolvido é direcionado para a avaliação da aprendizagem dos conteúdos da Dinâmica. Dessa forma, é conveniente que se faça um pequeno resumo dos assuntos de Dinâmica abordados no Game, porém de forma qualitativa. Neste contexto, começaremos este capítulo explicando em que se concentra o estudo da Mecânica, com o que se relaciona a Dinâmica, discutiremos também sobre as três leis de Newton, impulso e momento linear e fecharemos o capítulo falando sobre trabalho e energia. Que são os conteúdos explorados no game educacional durante as avaliações e, vistos dessa forma, proporcionam uma representação didática mais coerente.

2.1 *Conceitos básicos*

Os elementos conceituais básicos da mecânica são os de espaço e tempo, que proporciona o ambiente onde a Física ocorre; massa e força, que mostra como ocorre o movimento que está relacionado com o espaço e tempo.

Para ocorrer o movimento é preciso um referencial que nos mostre a diminuição ou o aumento do espaço no decorrer do tempo. Assim, uma pessoa sentada no banco de um ônibus, tomando como referencial o motorista, está em repouso. Por outro lado, se o ônibus se aproxima de uma pessoa que está na parada de ônibus, a pessoa que está dentro do ônibus e o motorista estão em movimento em relação a pessoa da parada de ônibus. Pois, o espaço entre o ônibus e a pessoa da parada diminui com o passar do tempo. Logo, com a formulação de um referencial pode-se perceber a variação do espaço no tempo relativa ao referencial adotado.

O tempo para a Mecânica Clássica é algo simples, que passa igualmente para todos os observadores, é algo que só aumenta e nunca diminui. Para sua determinação é preciso que seja especificado uma origem e seja sincronizado um relógio. Um tempo específico muito usado na Mecânica Clássica é o período, que por definição é o tempo que um objeto leva para realizar uma oscilação completa. Galileu, observando a oscilação de um grande candelabro de uma igreja e usando sua pulsação para medir o tempo de oscilação percebeu que o período era independente do peso dos objetos. (GLEISER, 1997).

O conceito intuitivo de força que temos se refere a um puxão ou empurrão, porém, esse conceito é interessante para o conceito científico de força. Pelo conceito intuitivo, ao arrastarmos uma mesa sobre um piso de cerâmica, ou ao empurrarmos um carro que tenha

faltado combustível na estrada, relacionamos esse puxão ou empurrão a uma força aplicada sobre os objetos que lhes causam como efeito o movimento. O que não está tão distante do conceito de força definido por Feynman (2009, p.92), “A Segunda Lei forneceu uma maneira específica de determinar como a velocidade muda sobre as diferentes influências chamadas de **forças**”.

É conveniente que dado um objeto, em um determinado contexto, que possamos identificar quais são as forças que esse objeto está submetido. E que, essas forças, podem ser forças de contato, quando o objeto está interagindo com uma superfície, por exemplo, um caixote sendo arrastado sobre o solo ou um livro sobre uma mesa. Ou força de ação à distância (de campo), quando um objeto é abandonado do alto de um prédio e cai devido a ação da força gravitacional da Terra. Lógico que não podemos ver as forças, mas podemos observar e sentir os efeitos das mesmas. Ao observar um objeto cair de certa altura, sabemos que ele cai devido a força gravitacional da Terra; ao carregarmos uma sacola com compras feitas em um supermercado, sentimos a ação da força peso sobre a sacola de compras; ao subirmos uma escada sentimos mais a ação da gravidade (cansamos mais) do que ao descermos por essa mesma escada, isso porque, ao subirmos estamos indo contra a força da gravidade e ao descermos estamos indo a favor da gravidade terrestre.

2.2 As Leis de Newton

A parte da Mecânica que estuda o movimento e suas causas é conhecida como Dinâmica. Ao nos referirmos ao estudo da Dinâmica é primordial que entendamos as três Leis de Newton. Apesar da primeira Lei de Newton (Lei da Inércia) ser um caso particular da segunda Lei de Newton (lei fundamental da Dinâmica), a segunda não subsiste sem a primeira, porque a primeira serve para garantir o referencial inercial na segunda Lei de Newton. Assim, a segunda lei definida como: uma força (a “causa”) aplicada sobre uma massa (um “objeto”) desenvolve uma aceleração (o “efeito”) sobre essa massa, só é possível se existir um referencial inercial. Sem este, não se pode determinar o movimento, conseqüentemente, não se pode determinar a aceleração adquirida por uma massa devido a uma força, ou seja, sem um referencial inercial determinado pela primeira Lei de Newton a segunda lei não terá validade. Dessa forma, pode-se exprimir a função da segunda Lei de Newton como uma taxa de variação do momento linear e como o produto da massa pela aceleração da seguinte maneira:

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}, \quad (1)$$

isto é, a Mecânica Clássica mostra a equivalência entre a taxa de variação do momento e o produto da massa pela aceleração, o que não se estende para a mecânica relativística. Na mecânica newtoniana a massa é imutável, o espaço e o tempo são absolutos, assim, podemos aceitar a relação de equivalência entre as duas formas de expressar a força resultante; por outro lado, na relativística, que se baseia na taxa de variação do momento, temos a dilatação do tempo e a contração do espaço, que deixam de ser absolutos, conseqüentemente, a massa passa a ser variável.

Apesar disso, quando Newton determina a segunda lei, ele a expressa em função do momento linear (BENTO, 1983). A equivalência da força resultante com o produto da massa pela aceleração é utilizada pela primeira vez em 1752 (ZANETIC, 1988). A força resultante é o somatório vetorial de todas as forças aplicadas em uma determinada massa. Se imaginarmos um carro preso em um lamaçal (“atolado”) e para tirarmos esse carro desse lamaçal convidarmos cinco pessoas para empurra-lo ou puxa-lo, até que o mesmo saia dessa situação, teríamos várias forças sendo aplicadas sobre o mesmo objeto (o carro). Todavia, se ao invés de usarmos as forças das cinco pessoas para tirar esse carro do atoleiro, usássemos um único trator e conseguíssemos tirar o carro do atoleiro, a força que esse trator aplicou para realizar a tarefa corresponderia ao somatório de todas as forças das cinco pessoas. Assim, pode-se definir força resultante com a expressão:

$$\vec{F}_{res} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N. \quad (2)$$

Uma definição da segunda lei de Newton é expressa por Knight (2009, p. 138):

Segunda Lei de Newton: Um corpo de massa m , sujeito as forças, $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots$ sofrerá uma aceleração \vec{a} dada por

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{res}}{m}$$

em que a força resultante $\vec{F}_{res} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$ é o vetor soma de todas as forças exercidas sobre o corpo. O vetor aceleração \vec{a} tem a mesma orientação que o vetor força resultante \vec{F}_{res} .

Mas, existem outras forças que são alisadas em uma perspectiva clássica que merecem atenção. Na **Tabela 1**, tem-se uma variedade de forças muito utilizadas nas resoluções de problemas de Dinâmica.

Tabela 1 – Alguns tipos de forças usadas em dinâmica.

Força	Notação
Força genérica	\vec{F}
Força gravitacional	\vec{F}_G
Força elástica	\vec{F}_{elast}
Tensão	\vec{T}
Força normal	\vec{n}
Atrito estático	\vec{f}_e
Atrito cinético	\vec{f}_c
Força de arraste	\vec{D}
Força de empuxo	\vec{F}_{empuxo}

Em Dinâmica pode ser observado dois tipos de equilíbrio: o estático e o dinâmico. O estático ocorre quando forças se anulam de tal maneira que a força resultante seja zero. Por outro lado, no dinâmico a velocidade é constante e a aceleração é zero, o que implica em uma força resultante zero.

Ao se discutir a Terceira Lei de Newton pode-se mostrar de que maneira ela está relacionada com o princípio da conservação do momento linear, que consiste em um princípio básico e essencial da Mecânica Clássica. A terceira lei é observada quando um corpo A exerce uma força de ação sobre um corpo B e, esse exerce uma força de reação sobre o corpo A, como definido por Knight (2009, p. 189):

Toda força existe com um dos membros de um par de forças ação/reação.

- Os dois membros de qualquer par ação/reação são exercidos sobre **diferentes** objetos.

- Os dois membros de um par ação/reação têm o mesmo módulo, mas sentidos contrários um ao outro: $\vec{F}_{A \text{ sobre } B} = -\vec{F}_{B \text{ sobre } A}$.

As forças de ação e reação, necessariamente, não precisam estar no mesmo segmento de reta que as une. Mas, quando isso acontece, dizemos que a terceira lei de Newton possui sua forma mais intensa possível, ou seja, quando as duas forças são paralelas ao segmento que as une. Assim, podemos concluir que o somatório de um par de forças internas ou forças mútuas internas é sempre zero, ou seja, as forças internas se anulam entre si. Pois,

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}. \quad (3)$$

Sendo a terceira lei de Newton verdadeira, a segunda lei impõe uma conservação do momento linear. Restando somente a resultante das forças externas sobre um sistema que leva a uma taxa de variação do momento e, conseqüentemente, a ocorrência de uma aceleração.

2.3 Momento linear

A mecânica newtoniana se resume as três leis de Newton, porém, em alguns casos fica mais difícil resolver problemas utilizando-se apenas delas. Para contornar esta dificuldade, desenvolveram-se as leis de conservação, que são fundamentais para que possamos construir atalhos, muito mais fáceis, para resoluções de certos problemas. Outro aspecto relevante está no limite da modelagem newtoniana para descrição da massa e velocidade do objeto estudado, pois as leis de Newton não se aplicam à mecânica quântica, mas as leis de conservação sim.

A definição de momento linear não depende de referencial, ou seja, o momento pode ser definido em um referencial inercial ou não inercial, mas é mais fácil trabalhar com referenciais inerciais que referenciais acelerados, por exemplo. O momento é definido como o produto da massa pela velocidade,

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (4)$$

Tomando como exemplo uma colisão inelástica entre dois carros, em que o carro B está em repouso e o carro A se aproxima com uma certa velocidade e colide com o carro B. É conveniente colocar que, no mundo real as forças externas sobre o sistema não são nulas, mas se considerarmos apenas o pequeno intervalo de tempo antes e depois da colisão pode-se desprezar tais forças em função das forças de interações entre os dois carros.

Assim, se considerarmos a soma das forças externas como sendo igual a zero, $\vec{F}_{ext} = 0$, temos que a soma dos momentos dos carros antes da colisão é igual à soma dos momentos depois da colisão, segundo o princípio de conservação do momento linear.

$$\vec{P}_{antes} = \vec{P}_{depois} \quad (5)$$

$$m_A \vec{v}_{1A} + m_B \vec{v}_{1B} = m_A \vec{v}_{2A} + m_B \vec{v}_{2B}. \quad (6)$$

como a colisão é inelástica as velocidades depois da colisão para os dois carros são iguais. Logo, temos,

$$m_A \vec{v}_{1A} + m_B \vec{v}_{1B} = (m_A + m_B) \vec{v}. \quad (7)$$

Desta forma, a velocidade final do conjunto é dada pela média ponderada, onde a ponderação está contida nas massas, tal que,

$$\vec{v} = \frac{m_A \vec{v}_{1A} + m_B \vec{v}_{1B}}{m_A + m_B}. \quad (8)$$

Como a velocidade inicial de B é igual a zero, porque está em repouso, temos que

$$\vec{v} = \frac{m_A \vec{v}_{1A}}{m_A + m_B}. \quad (9)$$

Para um caso particular, se considerarmos a massa de A muito menor que a massa de B, por exemplo, um projétil balístico ao colidir com um pedaço de madeira em repouso, livre de atrito e massa muito maior que o projétil, a expressão pode ser analisada para o caso limite de $m_A \ll m_B$. Logo, a equação (16) torna-se,

$$\vec{v} = \frac{\frac{m_A}{m_B} \vec{v}_{1A}}{1 + \frac{m_A}{m_B}}. \quad (10)$$

Como a massa de A é muito menor que a massa de B, pode-se desprezar a contribuição da razão entre as massas no denominador da expressão. Assim, ficamos com

$$\vec{v} = \frac{m_A}{m_B} \vec{v}_{1A}, \quad (11)$$

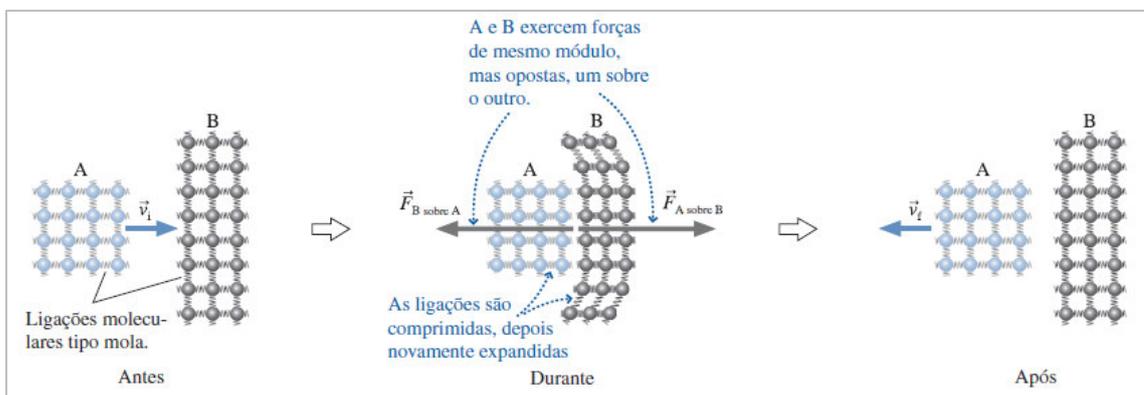
que nos leva a deduzir que a velocidade do conjunto após a colisão inelástica é menor que a velocidade do projétil antes da colisão e está relacionada com a razão entre as massas, o que ocorre de fato em uma análise real.

Conclui-se que, as forças de interações que formam os pares ação/reação para um sistema formado por apenas duas partículas, tem como resultante um somatório nulo. E que o mesmo acontece se ampliarmos esse sistema para N partículas, ou seja, os pares de ação/reação anularão as somas das forças internas de qualquer sistema, restando apenas, como força resultante, o somatório das forças externas ao sistema. Apesar de saber que o estudo dos detalhes de uma colisão oblíqua pode propiciar um bom conhecimento da aplicação do momento, o intuito, aqui, é esclarecer o princípio de conservação do momento linear. Assim, após as conclusões feitas sobre o momento linear, analisaremos um outro tópico muito interessante dentro do conteúdo de Dinâmica, que é o impulso.

2.4 Impulso

Quando dois objetos colidem ocorre, em um intervalo de tempo muito curto, uma deformação momentânea desses objetos. Essa deformação é devido as ligações moleculares dos materiais, que funcionam como se fossem minúsculas “molas” ligando os átomos. Portanto, no momento da colisão ocorre a compressão das ligações atômicas dos materiais envolvidos e posteriormente a compressão ocorre a expansão entre as ligações atômicas, como ilustrado na **Figura 1**.

Figura 1 - Ilustração das ligações atômicas em uma colisão entre dois objetos.



Fonte: KNIGHT, 2009.

A duração de uma colisão é muito breve, esse intervalo de tempo depende dos tipos de materiais envolvidos no choque e da dureza dos materiais. E, segundo Knight (2009, p. 241), “uma força intensa, exercida durante um curto intervalo de tempo, é chamada de **força impulsiva**”.

Se analisarmos essa colisão em uma dimensão, eixo x , segundo a segunda lei de Newton, podemos destacar a força impulsiva em função do tempo $F(t)$ como

$$ma_x = m \frac{v_x}{dt} = F_x(t). \quad (12)$$

Multiplicando os dois membros da equação (24) por dt , temos

$$mv_x = F_x(t) dt. \quad (13)$$

Na equação (25), ao integrarmos o primeiro membro na variação da velocidade que vai de v_{ix} a v_{fx} e o segundo membro em um intervalo de tempo que vai de t_i a t_f , tem-se

$$m \int_{v_i}^{v_f} dv_x = mv_{fx} - mv_{ix} = \int_{t_i}^{t_f} F_x(t) dt. \quad (14)$$

Desse modo, pode-se observar que chegamos a uma variação do momento linear, então, podemos reescrever a equação (26) como

$$\Delta p_x = p_{fx} - p_{ix} = \int_{t_i}^{t_f} F_x(t) dt. \quad (15)$$

Essa relação da variação do momento linear com a integral da força no tempo, nos levar a concordar com Knight (2009), que a chama de impulso (J_x). Assim, tem-se,

$$J_x = \int_{t_i}^{t_f} F_x(t) dt. \quad (16)$$

O resultado obtido na equação (28) pode ser escrito de forma mais clara para representar o **Teorema do Impulso-Momento**. Logo, para a coordenada x , temos:

$$\Delta p_x = J_x. \quad (17)$$

Segundo Knight (2009, p. 243), “o importante é a nova *ideia* de que um impulso exercido sobre uma partícula faz variar o momentum da mesma”.

Quando a bola se direciona para a parede temos uma velocidade positiva e, nesse instante, até o limite de tocar a parede, temos o momento da bola no sentido positivo. Assim, antes do contato temos: $v_{ix} > 0$ e $p_{ix} > 0$. Durante a interação da bola com a parede temos o impulso com a compressão das ligações atômicas dos materiais e seu ápice no pico da curva destacada no gráfico da força impulsiva, $F_x(t)$. Logo em seguida, ocorre a expansão das ligações atômicas dos materiais até que a bola deixe a superfície da parede. Nesse momento, a velocidade da bola muda de sentido para $v_{fx} < 0$ e, conseqüentemente, também muda de sentido o momento para $p_{fx} < 0$. A segunda parte do gráfico nos mostra o início e fim do contato da bola com a superfície, o que nos leva a observação da variação do momento linear e sua relação com o impulso gerado pela força impulsiva, ou seja, confirma o teorema do impulso-momento.

Durante o contato da bola com a parede existe uma perda de energia, a energia cinética é transformada em energia térmica e vibracional nos materiais envolvidos. Após a compressão máxima, uma parte dessa energia é dissipada na parede e por isso a velocidade de retorno, em geral, é menor (FEYNMAN, 2009). Assim, percebe-se que existe uma relação próxima entre colisões e a energia gerada, quer sejam: a energia cinética devido a velocidade dos objetos, a energia vibracional devido as ligações atômicas dos materiais, ou a energia térmica advinda das vibrações das ligações atômicas que, após se transformar em energia térmica, se dissipa nos materiais. Por isso, depois dos comentários sobre colisões, se faz necessário uma explanação sobre energia e trabalho, ainda que de forma qualitativa, como discorrido a seguir.

2.5 Energia cinética e o teorema do trabalho

A energia é um conceito muito importante em Física e, através dela, pode-se ter um diálogo com outras ciências. O conceito de energia não se limita apenas a mecânica clássica, mas se estende à mecânica quântica por causa do interesse em variáveis que se mantêm constante na natureza. Ou seja, o conceito de energia foi construído ao longo do tempo pelos cientistas e levou a concepção de que é possível existir na natureza valores que não se alteram com o tempo. Como afirma Feynman,

Existe um fato, ou se você preferir, uma *lei* que governa todos os fenômenos naturais que são conhecidos até hoje. Não se conhece nenhuma exceção a essa lei – ela é exata até onde sabemos. A lei é chamada de *conservação da energia*. Nela enuncia-se que existe uma certa quantidade, que chamamos de energia, que não muda nas múltiplas modificações pelas quais a natureza passa. Essa é uma ideia muito abstrata, por que é um princípio matemático; ela diz que existe uma quantidade numérica que não muda quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou algo concreto; é apenas um estranho fato de que podemos calcular algum número e, quando terminamos de observar a natureza fazer seus truques e calculamos o número novamente, ele é o mesmo (FEYNMAN, 2009, p. 39).

Assim, surge o princípio de conservação da energia a partir de observações dos processos de transformações de um tipo de energia em outro que ocorrem na natureza. Esse foi um dos motivos da demora da concepção da ideia do conceito de energia ao longo do tempo. Se considerarmos a ideia que um objeto possui energia porque está se movendo, podemos chegar à conclusão que existe uma relação da energia com a velocidade desse objeto. Assim, pode-se conceituar a energia associada ao movimento de um objeto como sendo a energia cinética. Expressa pela equação,

$$T = \frac{1}{2} m v^2. \quad (18)$$

Desta equação, podemos destacar que a energia cinética é uma grandeza escalar mesmo dependendo da velocidade, que é uma grandeza vetorial. Essa afirmação baseia-se no fundamento que tal dependência é ao quadrado da velocidade que é igual ao produto escalar $\vec{v} \cdot \vec{v}$. Outro ponto a destacar, é que a velocidade depende de um referencial determinado. Logo, um objeto possui energia cinética se estiver se movendo em relação a um referencial determinado, caso esteja em repouso em relação a esse referencial, ele não possuirá energia cinética.

Nesse sentido, o interesse é determinar qual a taxa de variação da energia cinética com o tempo. O que nos leva a expressão

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2} m \frac{d}{dt} (\vec{v} \cdot \vec{v}) = \frac{1}{2} m \left(\frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{v} + \vec{v} \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} \right). \quad (19)$$

Como o produto escalar é comutativo, podemos trocar a ordem dos produtos porque o resultado será o mesmo. Assim,

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2} m \left(2 \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{v} \right). \quad (20)$$

Logo,

$$\frac{dT}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{v} = \vec{F} \cdot \vec{v}. \quad (21)$$

Aqui, determina-se a taxa de variação temporal da energia cinética em função do produto escalar da força resultante pela velocidade adquirida por uma massa, que é o termo denominado de **potência**.

Prosseguindo com a análise da equação, podemos expressá-la em função da posição, pois o vetor velocidade é dado como a variação temporal da posição. Dessa forma, tem-se que,

$$\frac{dT}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt}. \quad (22)$$

Eliminando-se dt , dos dois membros da equação, teremos

Durante esse pequeno deslocamento da partícula, tem-se uma pequena variação da energia cinética que é dada pelo produto escalar da força resultante pela pequena variação do vetor deslocamento. Todavia, se formos prever a mudança da energia cinética em um deslocamento finito, por exemplo, da posição \vec{r}_1 para \vec{r}_2 devemos somar todos os pequenos intervalos $d\vec{r}$ sujeitos as variações das forças durante o percurso. E esse somatório é realizado com o uso de uma integral de linha que depende do percurso do objeto sobre a trajetória, denominado de trabalho, expressando-se por:

$$W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2} = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = \Delta T. \quad (23)$$

Assim, demonstrou-se que a aplicação de uma força resultante sobre uma partícula pode deslocá-la de uma posição inicial para uma posição final e, com o deslocamento, a partícula sofre uma variação em sua energia cinética que é igual ao trabalho realizado pela força resultante sobre a partícula entre as duas posições em uma trajetória. Esse enunciado é o que denomina-se de **teorema do trabalho-energia cinética**, representado por

$$\Delta T = W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2}. \quad (24)$$

2.6 Energia potencial e conservação da energia mecânica

Apesar da definição do teorema do trabalho-energia cinética depender do percurso que a partícula realiza em uma trajetória, alguns estudos em Física mostram que há forças para as quais o trabalho realizado, entre dois pontos, sobre um objeto não depende da trajetória. Tais forças são muito importantes no estudo de fenômenos físicos e são chamadas de **forças conservativas**.

O conceito de forças conservativas associa-se a uma extensão do conceito de energia cinética que nos direciona a uma definição de energia. Quando se tem uma interação conservativa pode-se construir uma ideia do que é a energia potencial, que se associa a energia cinética para a construção de um outro conceito de energia denominado energia mecânica total, que na condição de conservativa permanece constante.

Pode-se definir algumas das forças conservativas existentes na natureza, como é o caso da força gravitacional. Assim, define-se uma função que dependa apenas das posições, com o valor zero para a posição \vec{r}_0 , que é uma posição arbitrária. Logo, escreve-se a função,

$$U(\vec{r}) = -m\vec{g} \cdot \Delta\vec{r}. \quad (25)$$

Esta função pode ser expressa dessa forma porque não depende do caminho, mas somente das posições \vec{r}_0 e \vec{r} . E essa função, como já definida anteriormente, é o trabalho realizado pela força sobre uma partícula entre as duas posições definidas, $W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}}$. Porém, se quisermos determinar um trabalho total realizado que se inicia na posição \vec{r}_0 e vá até a posição \vec{r}_2 , podemos escrever que:

$$W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_2} = W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_1} + W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2}, \quad (26)$$

que também pode ser escrito da seguinte forma,

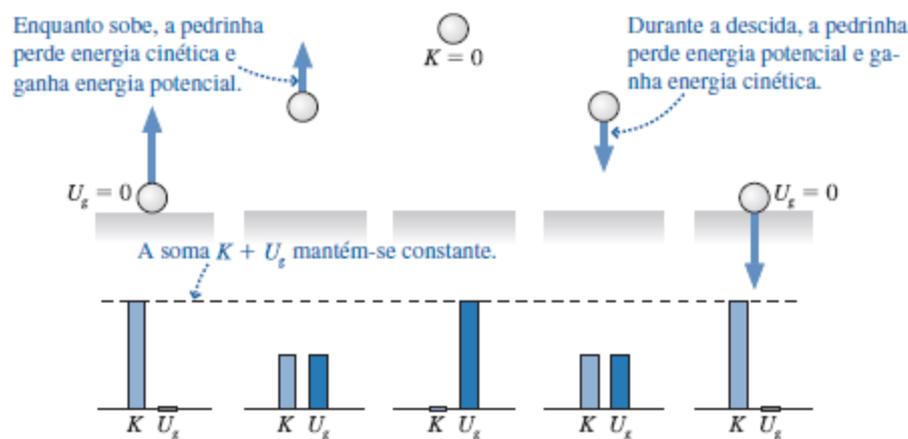
$$W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2} = W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_2} - W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_1}. \quad (27)$$

Logo, podemos definir que,

$$W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2} = -U(\vec{r}_2) + U(\vec{r}_1). \quad (28)$$

Na equação da **Figura 12**, temos um exemplo da conservação da energia mecânica, em que uma pedrinha é lançada para cima a partir do solo e, ao atingir a sua altura máxima, retorna ao ponto de partida; considerando, também, que as forças atuantes sejam conservativas. A energia cinética está associada ao quadrado da velocidade adquirida pela pedrinha e a energia potencial é associada à altura atingida pela mesma.

Figura 2 - Demonstração gráfica da conservação da energia mecânica.



Fonte: KNIGHT, 2009.

Pela **Figura 12** verificamos que no ponto de partida a energia potencial da pedrinha é zero, considerando o solo como referencial. A partir do momento em que a pedrinha entra em movimento para cima, sua velocidade é diferente de zero, logo, existe uma energia cinética associada à velocidade. E, como a altura começa a aumentar, existe uma energia potencial associada a ela. Conforme a pedrinha vai subindo, ela vai diminuindo sua velocidade, conseqüentemente, diminui sua energia cinética, até atingir a altura máxima, ponto em que sua energia cinética é zero, pois a pedrinha adquire o repouso para mudar de sentido. No intervalo do solo à altura máxima, observa-se que a energia cinética é transformada em energia potencial em uma proporção que a soma das duas permanece constante. Por outro lado, quando a pedrinha começa a descer, ela aumenta sua velocidade e diminui sua altura, ou seja, a energia potencial da pedrinha é transformada em energia cinética que ao atingir o solo alcançará sua energia cinética máxima com a que tinha no momento de partida. Mas, para ambos os casos, subida e descida da pedrinha, a energia é transformada de cinética em potencial ou de potencial em cinética de maneira que a energia mecânica permaneça constante.

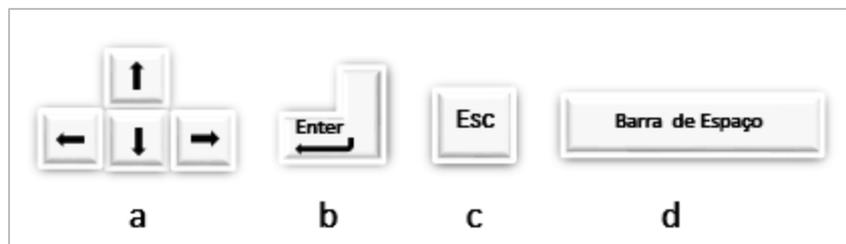
3 Comandos do game Zeeman

Todos os comando para se jogar esse game são fácies de se aprender, porque, além de se usar poucas teclas, elas são de conhecimento comum para quem usa o teclado de computadores. Esse conjunto de teclas são usados para escolher a fase que se quer iniciar, iniciar o jogo, conduzir o herói pelo game, atacar durante as batalhas, responder as perguntas conceituais, colocar os códigos das perguntas subjetivas, aumentar o “*life*” do herói durante as lutas ou depois das lutas e reiniciar a fase.

Abaixo segue a lista de comandos game com suas funções e utilidades para o jogador:

- as teclas do cursor, **Figura 3a**, servem para o jogador direcionar, na tela inicial, a escolha de iniciar o novo jogo, continuar e opções. Depois de iniciado o jogo, elas são usadas conduzir o herói, isso também pode ser feito com o *mauser*, e para escolher a fase que se quer jogar. Também, são usadas para escolher a opção de resposta nas questões conceituais e colocar o código nas questões subjetivas.

Figura 3- Teclas de comandos do game Zeeman



a) Tecla para movimentar o herói e fazer escolhas no game; b) Tecla de confirmação de uma escolha no jogo; c) Tecla para retornar uma ação no game; d) Tecla de ataque.

- a tecla “Enter”, **Figura 3b**, serve para confirmar a escolha feita com a tecla do cursor e passar os quadros das perguntas e diálogos no game, e, também serve para atacar durante as batalhas no jogo. Além disso, serve para acelerar o enredo quando se inicia um “Novo jogo”, (ver **Figura 4**).

- a tecla “Esc”, **Figura 3c**, serve para acessar os itens que o herói conseguir pegar durante o jogo, por exemplo, as poções de cura que aumentam o seu “*life*”. Essa tecla também serve para retornar ao jogo depois de escolhido um item.

- a tecla da barra de espaço, **Figura 3d**, é utilizada para fazer o herói atacar os monstros guardiões.

Os comandos do jogo são fáceis para garantir uma boa jogabilidade e diversão ao aluno. De maneira que, em poucos minutos o professor poderá ensinar os comandos do jogo aos educandos, ou os mesmos podem entender como se joga o game e como são realizadas as avaliações com o jogo, lendo esse produto educacional.

4 Iniciando o game Zeeman

Ao se iniciar o game aparece a tela da **Figura 4**, com as opções de novo jogo, continuar e opções. A opção “Novo jogo” já é auto explicativo, ou seja, o aluno iniciará o um jogo novo. Ao optar por “Continuar”, o educando voltará para o início da fase e recomeçará a avaliação, porém as perguntas conceituais são modificadas automaticamente, ou seja, não serão as mesmas do início do jogo. Ao escolher “Opções”, o jogador poderá aumentar, diminuir ou anular o som do jogo e dos ataques.

Figura 4 - Tela inicial do game Zeeman



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2018.

Antes de iniciar o jogo, deve-se verificar se existe alguma informação no item “save” no diretório dos arquivos do game, **Figura 5**. Para verificar, selecione “save” e dê um “Enter” ou dois cliques. Caso, tenha algo nesse arquivo, como na **Figura 6**, selecione tudo e delete tudo. Esse procedimento deve ser realizado toda vez que se inicia a avaliação ou se inicia o game. Pois, caso não seja realizado esse procedimento as respostas dos “Baús”, que correspondem as perguntas de cálculo no jogo, dadas pelo jogador anterior (aluno) serão mantidas. Ou seja, as respostas dos baús ficam gravadas e precisam serem apagadas antes do início do jogo.

Figura 5 - Procedimento antes do início do jogo

Nome	Data de modificaç...	Tipo	Tamanho
locales	14/02/2019 16:27	Pasta de arquivos	
save	29/03/2019 09:36	Pasta de arquivos	
www	14/02/2019 16:28	Pasta de arquivos	
d3dcompiler_47.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	3.386 KB
ffmpegsumo.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	939 KB
Game.exe	20/10/2015 01:00	Aplicativo	45.344 KB
icudtl.dat	20/10/2015 01:00	Arquivo DAT	10.213 KB
libEGL.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	72 KB
libGLSv2.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	1.447 KB
nw.pak	20/10/2015 01:00	Arquivo PAK	7.308 KB
package.json	20/10/2015 01:00	Arquivo JSON	1 KB
pdf.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	11.960 KB

Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2018.

Após a seleção de todos os arquivos encontrado em “save”, o professor deve apagar todas as informações.

Figura 6 - Procedimento antes do início do jogo

Nome	Data de modificaç...	Tipo	Tamanho
config.rpgsave	29/03/2019 09:44	Arquivo RPGSAVE	1 KB
file1.rpgsave	19/02/2019 11:43	Arquivo RPGSAVE	8 KB
file2.rpgsave	15/03/2019 10:10	Arquivo RPGSAVE	8 KB
file3.rpgsave	15/03/2019 10:12	Arquivo RPGSAVE	8 KB
file4.rpgsave	15/03/2019 11:16	Arquivo RPGSAVE	8 KB
file5.rpgsave	29/03/2019 09:36	Arquivo RPGSAVE	8 KB
global.rpgsave	29/03/2019 09:36	Arquivo RPGSAVE	1 KB

Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2018.

Depois desses procedimentos, o jogo está pronto para ser iniciado. E para isso, deve-se selecionar no diretório dos arquivos do game o arquivo “Game.exe”, **Figura 7**. Com esse passo, o jogo será iniciado e no início o enredo do game, que conta como o heróis “Niels” foi teletransportado para o planeta Zeeman, irá aparecer. Caso o jogador queira que o enredo no início do jogo passe mais rápido, basta apertar e segurar a tecla “Enter”.

Depois de passar todo o enredo, a tela inicial do game aparecerá, como na **Figura 8**. O jogador observará na tela inicial que a opção “Continuar” estará indisponível, assim, ele terá que optar pela opção “Novo jogo” para iniciar sua avaliação de aprendizagem.

Figura 7 - Procedimento para iniciar o Game Zeeman

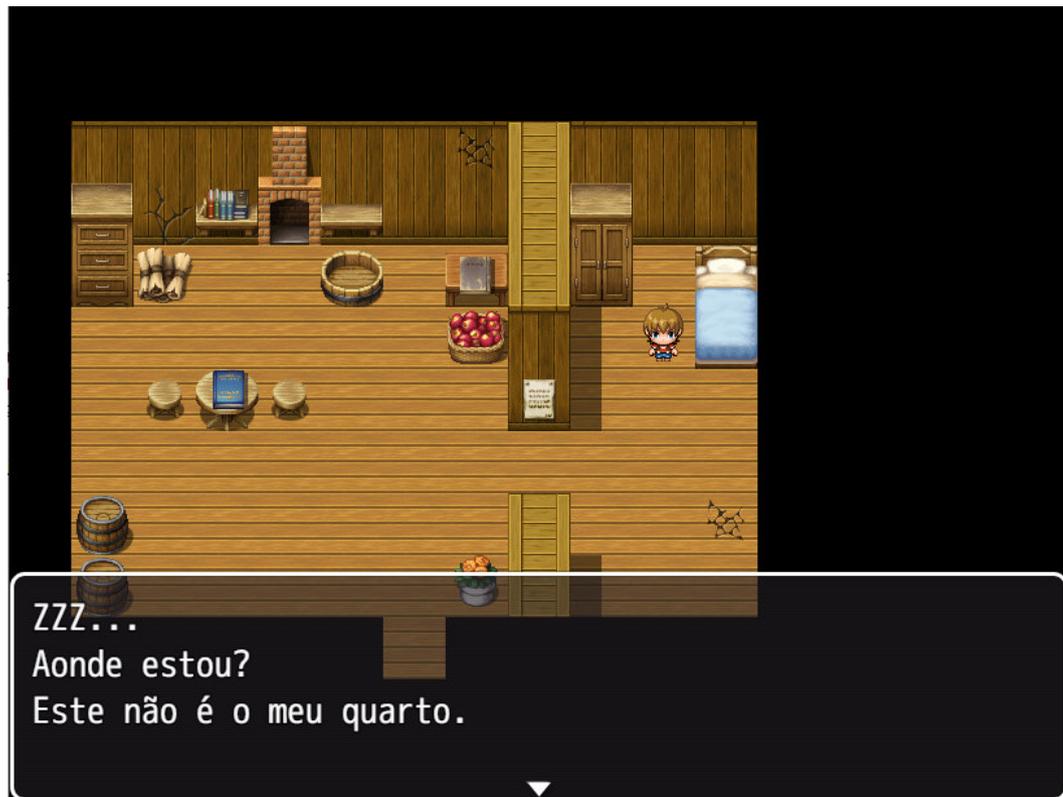
Nome	Data de modificaç...	Tipo	Tamanho
locales	14/02/2019 16:27	Pasta de arquivos	
save	05/04/2019 19:25	Pasta de arquivos	
www	14/02/2019 16:28	Pasta de arquivos	
d3dcompiler_47.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	3.386 KB
ffmpegsuno.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	939 KB
Game.exe	20/10/2015 01:00	Aplicativo	45.344 KB
icudtl.dat	20/10/2015 01:00	Arquivo DAT	10.213 KB
libEGL.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	72 KB
libGLESv2.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	1.447 KB
nw.pak	20/10/2015 01:00	Arquivo PAK	7.308 KB
package.json	20/10/2015 01:00	Arquivo JSON	1 KB
pdf.dll	20/10/2015 01:00	Extensão de aplica...	11.960 KB

Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2018.

O enredo do jogo se passa em um planeta dominado pelos conceitos Físicos, onde os fenômenos físicos são debatidos constantemente. Tudo começa quando o Prof. Dr. Max, pai solteiro e que trabalha com Mecânica Quântica Avançada, acidentalmente descobre um portal para um planeta chamado “Zeeman”, e é sugado por este portal deixando seu filho, Niels, um adolescente estudante do Ensino Médio, sem saber o que aconteceu com seu pai. Ao chegar no planeta, o Prof. Max percebe que o mesmo pode conter respostas para suas perguntas sobre suas pesquisas que podem leva-lo a grandes descobertas em Tecnologias Quânticas.

Niels, ao chegar da escola, percebe que seu pai havia desaparecido e começa a procurá-lo em todos os cômodos da casa. Ao chegar no laboratório de seu pai, encontra os manuscritos que Ele havia deixado para trás ao ser absorvido pelo portal. Niels começa a lê-los, na expectativa de encontrar respostas para o sumiço de seu pai, quando se depara com o portal para o planeta Zeeman. Então, atravessa o portal e começa a sua peregrinação, nesse “novo mundo da Física”, em busca do paradeiro de seu pai, **Figura 8**.

Figura 8 - Chegada do herói Niels no planeta Zeeman.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2018.

Quando Niels chega em uma cidade do planeta Zeeman, percebe que aquele planeta se parece muito com a Terra, porém em uma época que mais parece o período medieval. Então, ele parte em busca de pistas que levem ao seu pai e, ao se aproximar de uma senhora que está estendendo roupa em um varal, começa um diálogo. Nessa conversa, a senhora explica para Niels o fenômeno físico responsável pela secagem das roupas quando exposta a luz solar, e na continuação do diálogo a personagem explica como as roupas secam com a ação do vento, conforme ilustra **Figura 27**.

Figura 9 - Diálogo entre o herói e um habitante do planeta Zeeman



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Esses diálogos podem ser vistos como uma oportunidade de discutir outros fenômenos físicos que, necessariamente, não seja sobre Dinâmica, tema deste trabalho. Essas discussões podem aguçar a curiosidade do jogador sobre outros fenômenos, o que pode levá-lo a pesquisar na literatura sobre o assunto ou perguntar ao professor, caso não entenda o que foi explicado pelo personagem do jogo.

Mas, no início do jogo, quando Niels chega em Zeeman, o jogador tem a opção de ir direto para o local onde ocorre a avaliação e, também, escolher para qual fase (avaliação) deseja iniciar. Assim, o jogador decide se quer ir direto para uma das avaliações ou quer fazer uma espécie de turismo na cidade e conversar com os habitantes de Zeeman para conhecer um pouco mais sobre a Física do cotidiano, Física Moderna e Mecânica Quântica.

4.1 Como utilizar o game “Zeeman” para avaliar

Como explicado anteriormente, o herói pode ter um diálogo com personagens fixos do game e necessariamente não são apenas com pessoas, mas também com os baús nos locais de avaliação. E nesses diálogos, pode ser realizada uma discussão para explicação de algum fenômeno Físico, por exemplo. E com base nessa possibilidade de diálogo entre os personagens, é que se tem o precedente para que ocorra um jogo de perguntas e respostas sobre os conteúdos que foram trabalhados em sala de aula neste estudo.

Ao chegar no planeta Zeeman o herói Niels, que personifica o aluno ou jogador, tem a opção de ser transportado diretamente para o local onde ocorrerá a avaliação da aprendizagem dos conteúdos da dinâmica, **Figura 10**.

Figura 10 - Teletransporte do herói Niels direto para uma das avaliações.



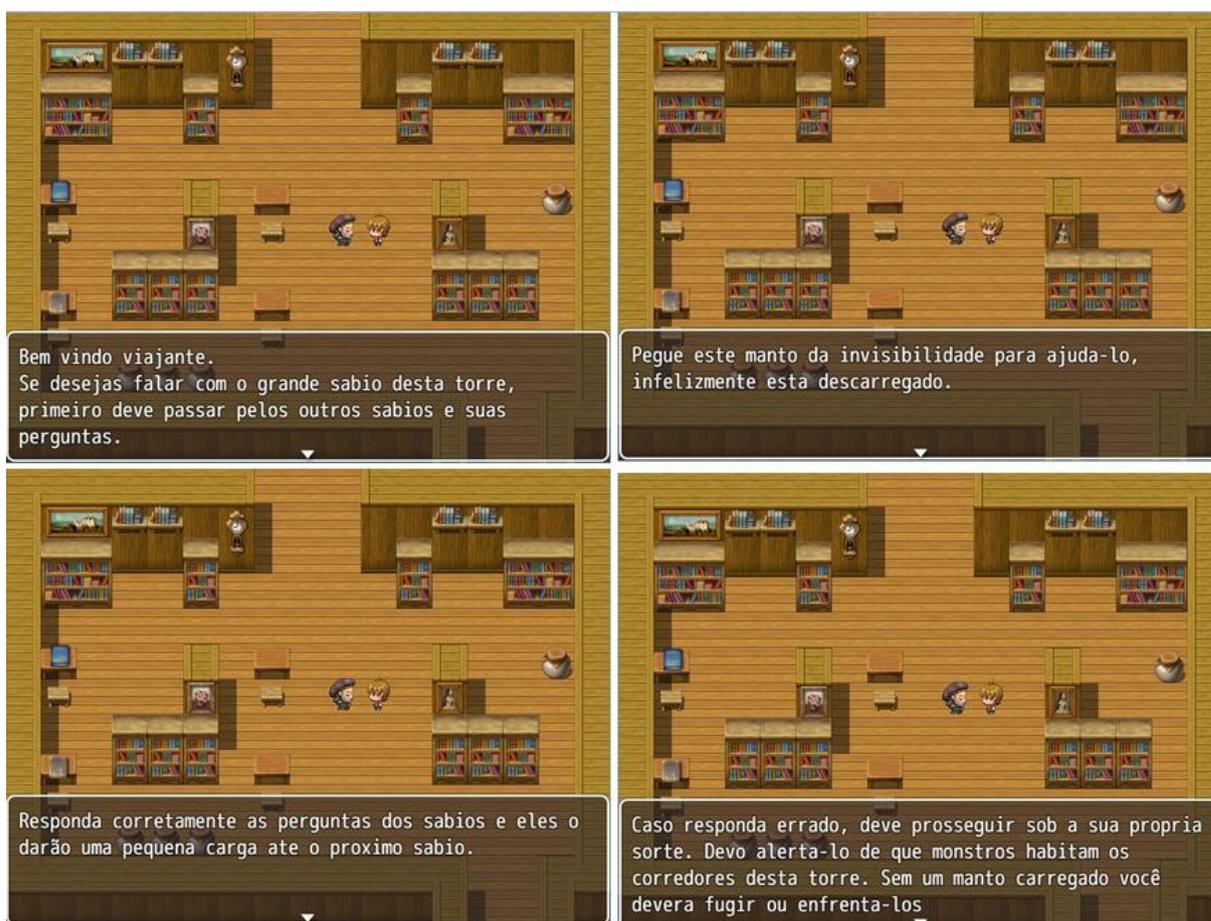
Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Dentre as escolhas, encontram-se as cinco torres correspondentes as avaliações da aprendizagem dos conteúdos da dinâmica ministrados em sala de aula que são distribuídas da seguinte forma: Torre 1, corresponde a primeira avaliação; Torre 2, representa a avaliação de recuperação da primeira avaliação; Torre 3, é a segunda avaliação; Torre 4, representa a terceira avaliação; por fim, a Torre 5, que corresponde a avaliação final, ou seja, se por acaso o discente

não obtiver êxito nas demais avaliações, o mesmo será submetido à quinta fase do game, composta com todos os conteúdos das três avaliações anteriores.

Ao encontrar o Velho Sábio, Niels é orientado, a antes de prosseguir em busca de seu pai, que seus conhecimentos adquiridos nos conteúdos de Dinâmica serão testados pelos Guardiões de Energia (ver **Figura 29**). Nesta etapa, Niels também é presenteado pelo Velho Sábio com um manto da invisibilidade, que servirá para tornar o jogador invisível para os orcs, gárgulas e monstros que guarnecem o lugar onde se encontram os Guardiões.

Figura 11- Orientações do velho Sábio para Niels.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

O manto da invisibilidade é uma estratégia de manter o aluno no jogo para que sua avaliação seja concluída. Porém, o manto só tornará Niels invisível até que o mesmo consiga chegar ao próximo Guardiã, nesses encontros, serão feitas as perguntas teóricas sobre Dinâmica, na **Figura 30** mostra um dos diálogos que podem ser encontrados no jogo. Sempre que o jogador chegar ao Guardiã de Energia, é exposto o número do Guardiã, ou seja, se é o primeiro, segundo, ..., décimo quinto Guardiã. Isso para que o aluno possa se situar em qual

pergunta teórica ele se encontra, pois são disponibilizadas quinze perguntas teóricas distribuídas em cada uma das fases do game. Cada ponto de pergunta teórica (loais onde se encontram os Guardiões de Energia que realizarão as perguntas teóricas) possui uma aleatoriedade de três perguntas. Para mudar de fase, o discente (jogador) terá que responder apenas dez das quinze disponibilizadas.

Na **Figura 30** se observa que existe uma pequena grade (porta) fechada e que a mesma só é aberta depois que o jogador responde a pergunta do Guardião. Essa porta indica o caminho para o próximo Guardião, isso facilita para que o aluno perceba o caminho que deve seguir no game. Outro indicador do caminho certo no jogo é a mensagem “Muito bem” proferida pelo Guardião que já teve sua pergunta respondida.

Figura 12 - Encontro do herói com o primeiro Sábio Guardião de Energia.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Ao responder a pergunta teórica corretamente, como mostra a **Figura 30**, o jogador poderá optar pela “invisibilidade”, que lhe garantirá chegar até o próximo guardião sem que seja atacado pelos monstros que guarnecem o local, ou optar pela “porção de cura”, que lhe

restaurará seu “life”, caso o herói tenha lutado e se ferido na batalha. Uma estratégia é optar pela invisibilidade, pois sempre haverá porções de cura espalhadas pela fase do jogo. E, essas porções podem ser guardadas como “item” pelo jogador para serem usadas sempre que precisar curar seus ferimentos após uma batalha. A **Figura 31** representa uma simulação da invisibilidade do herói após ter tomado uma porção de cura.

Figura 13 - Estratégia do uso da porção de cura para se manter invisível no jogo.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Na **Figura 31**, observa-se que durante o jogo foram guardados quatro itens de porção de cura, ao entrar em combate com as gárgulas, o herói perde parte de seu “life” simbolizado pela sigla HP. No final da batalha, Niels sai vencedor mais seu HP, que era de 500, cai para 216, e, ao usar uma das quatro porções que tinha anterior a batalha, seu HP volta a ser de 500. Com essa estratégia de estocar porções de cura, o aluno permanecerá no jogo e as batalhas serão apenas uma diversão a parte, ou seja, o discente conseguirá terminar sua avaliação da aprendizagem com o uso do game.

Como o intuito desse projeto é a substituição da avaliação convencional pela avaliação com o uso do game Zeeman, não poderia deixar de faltar no jogo as questões de cálculo, mesmo que a ênfase seja para aquisição do conhecimento teórico da Física conceitual. Na **ual** para suas soluções no game.

Figura 32, tem-se um exemplo de como são feitas as perguntas que requerem um pouco de conhecimento matemático e uma interpretação conceitual para suas soluções no game.

Figura 14- Pergunta de cálculo e a solução como código para abri o baú.



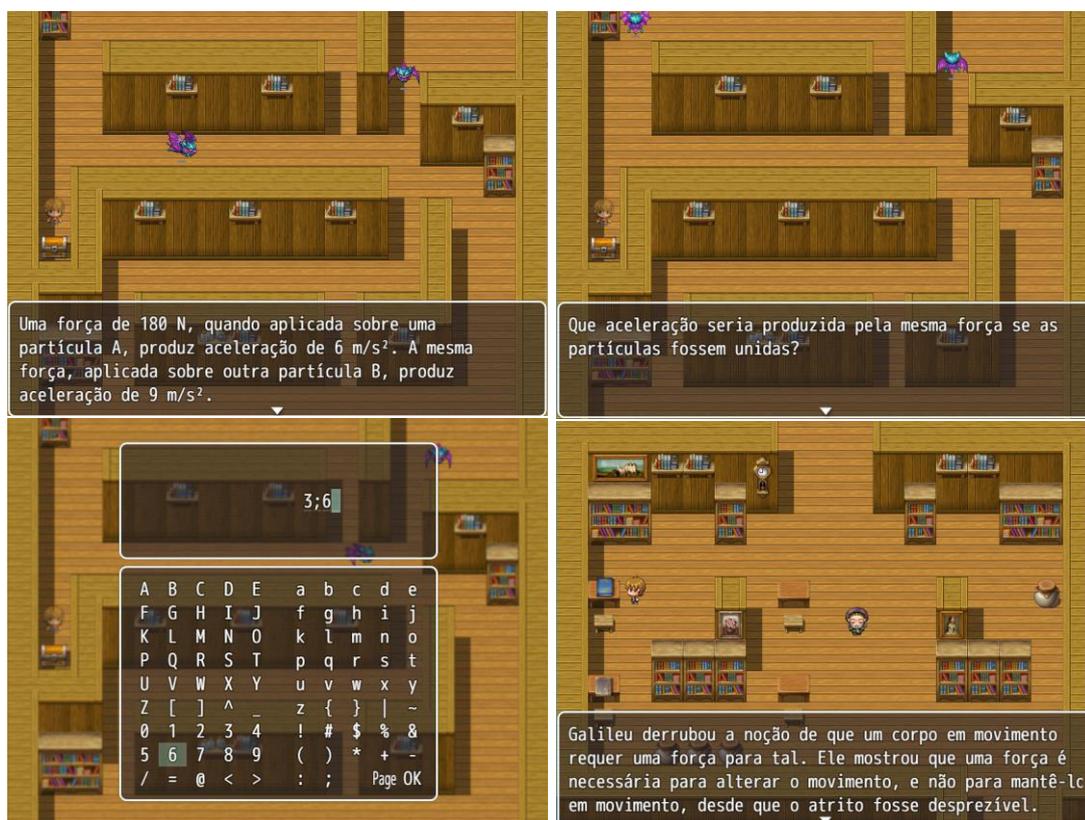
Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Além existir diálogos entre o herói e os personagens fixos no jogo, objetos como os baús que se encontram espalhados pelas fases do game, também podem dialogar com o herói. Então, foi proposto que para abrir o baú, o jogador tem que inserir um código ou senha. Esse código é exatamente o número que corresponde a solução do problema proposto pelo baú. Ao conseguir abrir o baú, Niels ganhará algumas moedas para comprar o que quiser nas cidades e o aluno ganha uma explicação sobre o fenômeno que poderá lhe ajudar a resolver as próximas

perguntas, que seja objetiva ou de cálculo. Essa recompensa pelo sucesso na resolução do problema é para motivar o aluno e conduzi-lo ao êxito em sua avaliação, também conhecida como gamificação³. Além das dicas nos baús, existem no game vários pergaminhos espalhados que também presenteia o aluno com bônus em forma de explicações rápidas sobre Dinâmica.

Outro ponto que deve ficar claro para o aluno, é quanto aos valores atribuídos à solução das perguntas dos baús, pois quando forem valores decimais, o resultado será mostrado através do teclado do game, e no lugar da vírgula será usado o ponto e vírgula.

Figura 15 - Utilização do teclado do game para resultados decimais.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

No quarto quadrinho da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, tem-se mais um exemplo de gamificação no game. Na sala onde se encontra o Guardião de Energia, ou em outros lugares do jogo, pode haver um pergaminho com uma boa dica para ajudar o aluno a resolver as próximas questões. Essa ideia parte da compreensão que durante a avaliação, o professor

³ Gamificação é um fenômeno emergente, que deriva diretamente da popularização e popularidade dos games, e de suas capacidades intrínsecas de motivar a ação, resolver problemas e potencializar aprendizagens nas mais diversas áreas do conhecimento e da vida dos indivíduos (FARDO, 2013, p. 2).

pode fornecer informações, quando requisitada pelo aluno, que direcione o discente ao pensamento correto para a solução de problemas propostos. Isso não significa fornecer a resposta pronta ou a solução do problema, mas conduzir o educando ao pensamento autônomo e ao raciocínio cognitivo das questões que se encontram no game. Nesse contexto, a avaliação proposta pelo jogo possui mais um ponto que o diferencia da avaliação convencional, além da ludicidade natural dos games.

Para cada resposta correta das questões objetivas dos Guardiões, o jogador receberá uma fração de 1/10 da quantidade total de energia que irá precisar para ser teletransportado para outra cidade do planeta Zeeman, que pode ser, por exemplo, para a segunda fase do game. Pois, a energia para que Niels seja teletransportado deve ser exatamente a de dez Guardiões, o que significa que o jogador terá que responder corretamente dez perguntas sobre Dinâmica em cada fase, das quinze disponibilizadas por fase, conforme exemplo mostrado nas quatro ilustrações da **Figura 34**.

Figura 16 - Finalização da fase com o resultado da avaliação do aluno.



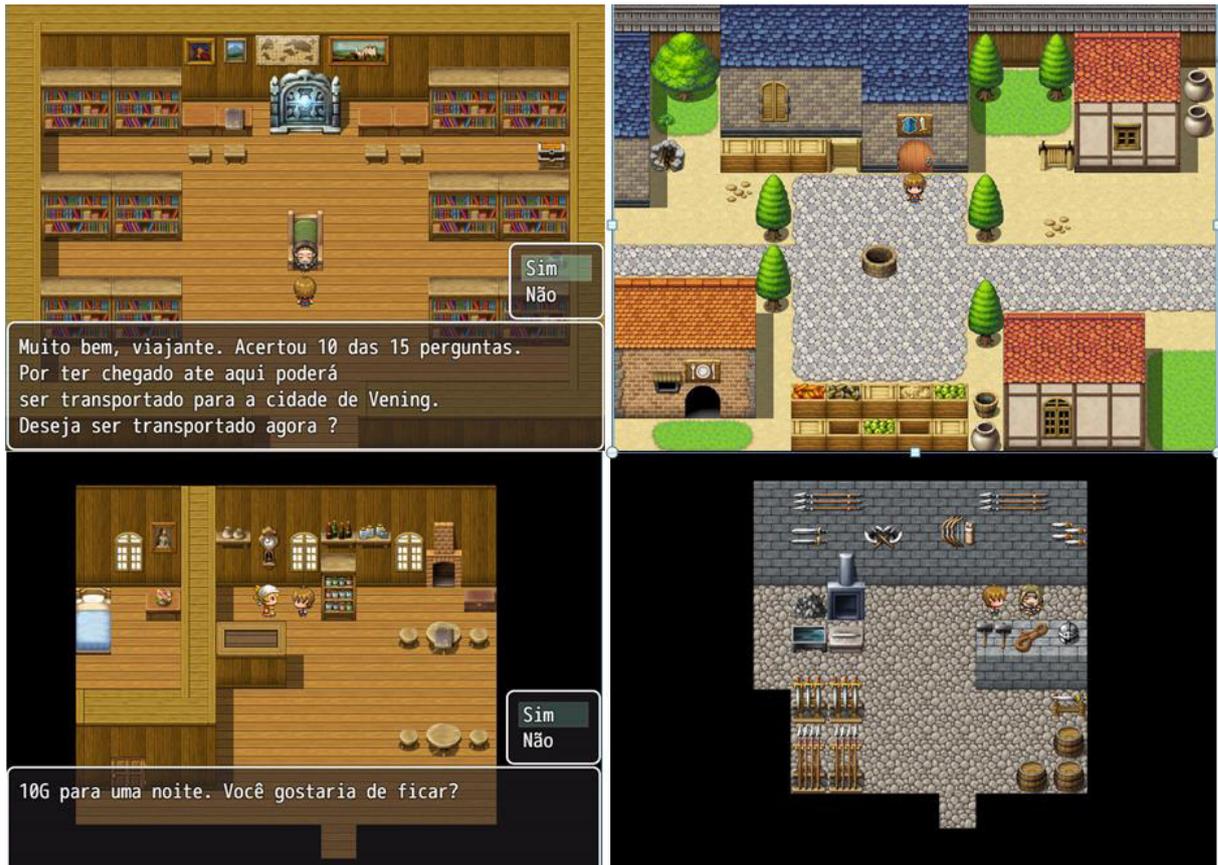
Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Depois de alcançar os dez acertos, o próximo guardião perguntará se Niels quer falar com o Mestre dos Guardiões. Se o responder que “Sim”, Niels será enviado para o Mestre, representado pelo Sábio Guardião de número 12 (ver **Figura 34**). Apesar desse guardião mencionar que Niels tem que responder uma de suas perguntas, assim que o jogador apertar a tecla “Enter” ou clicar no “Mauser”, aparecerá na tela a mensagem “Chame o professor”. Observa-se nessa tela que é preciso inserir um código para prosseguir, isso impede o aluno de sair da tela sem que o professor faça análise de sua nota.

4.2 Uma proposta de avaliação com o game Zeeman

Dez ou mais questões objetivas respondidas corretamente corresponderão a uma nota 6,0 (seis) e cada baú corresponde a 1,0 (ponto). No exemplo mostrado na **Figura 34**, a nota seria 6,0 (seis) pontos de teoria e 6,0 (seis) pontos de cálculo, somando um total de 12,0 (doze) pontos, ou seja, a nota desse aluno seria 10,0 (dez) nessa avaliação. Esse foi o modelo de proporção utilizado nesse trabalho, mas, nada impede que cada professor crie seu próprio modelo ao utilizar este game-avaliação.

Figura 17 - Chegada do herói na próxima cidade para descansar e compara armas



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Um ponto relevante que se tem com a utilização desse game em substituição da avaliação convencional, é que o resultado da avaliação é obtido imediatamente no final de cada fase. E no final o código é inserido e o mestre guardião pergunta se Niels quer ser teletransportado para outra cidade (próxima fase). Respondendo “Sim”, o herói aparecerá em outra cidade para descansar, comprar armas e se alimentar, **Figura 17**. Se sua resposta for “Não”, o game retorna ao menu inicial. Dessa forma, o jogador poderá optar por “Continuar” a jogar e tentar melhorar sua nota, caso não tenha obtido uma boa pontuação (ver **Figura**).

Figura 18- Menu inicial do game com a opção de continuar a jogar.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Ao optar por continuar, o aluno retornará para o início da avaliação correspondente a fase que encerrou. E, ao reiniciar a fase, as perguntas conceituais não serão as mesmas feitas anteriormente, pois o game possui uma aleatoriedade de três questões para cada Guardiã de Energia. Porém, as novas perguntas conduzem o discente para a mesma construção do conhecimento que as questões anteriores, ou seja, o grau de dificuldade vai aumentando de acordo com o número do Sábio, até que o educando atinja o conhecimento mínimo, estipulado pelo professor, que precisará para o próximo conteúdo a ser ministrado.

Logo, são anotadas as pontuações dos baús e dos guardiões, por exemplo, se aluno acertou as respostas de 2 (dois) baús e de 5 (cinco) guardiões, sua nota corresponderá aos dois pontos dos baús mais três pontos proporcionais aos cinco acertos das perguntas conceituais dos guardiões, assim, sua nota será 5 (cinco). Se ainda tiver tempo de avaliação, o educando poderá retornar ao início da fase e tentar as dez questões conceituais dos guardiões para aumentar sua proporção para 6 (seis) pontos nas teóricas. Como já havia acertado 2 (dois) baús, que correspondem a dois pontos, sua nota passará para 8 (oito) pontos.

Como o objetivo deste trabalho é avaliar a aprendizagem do aluno em Dinâmica, o jogo pode ser iniciado em qualquer uma das cinco fases, ou seja, iniciado na fase que corresponde ao conteúdo ministrado em sala de aula, conteúdos que foram divididos no game conforme a **Tabela 3**.

Tabela 2 - Divisão dos conteúdos trabalhados por etapas no jogo.

1ª Etapa/Fase	Leis de Newton e suas aplicações
2ª Etapa/Fase	Leis de Newton e suas aplicações
3ª Etapa/Fase	Impulso, momento linear e colisões
4ª Etapa/Fase	Trabalho e energia
5ª Etapa/Fase	Revisão dos conteúdos

Os conteúdos assim distribuídos no jogo, estão de acordo como foram ministrados durante a aplicação do protótipo em sala de aula. Ou seja, a primeira fase correspondeu a primeira avaliação, a segunda foi aplicada como recuperação da primeira, por isso a repetição dos conteúdos, a terceira correspondeu a segunda nota, a quarta foi usada como terceira nota e a quinta fase contribuiu para a recuperação final.

Neste contexto, a avaliação da aprendizagem feita por este game educacional não será uma medida taxativa de aprovar ou reprovar, ou uma forma de excluir o aluno e, sim, um processo de aprendizagem e inclusão do discente na busca pelo conhecimento. A aprendizagem do aluno passa a ser o objetivo do processo avaliativo e a relação professor-aluno se tornar mais próxima e humana, e não uma relação de notas, sistema ou coisas, afinal o aluno é parte maior do processo de aprendizagem e o sistema de ensino só existe porque existe o aluno (LUCKESI, 2011).

A premissa por desenvolver um produto educacional que possa avaliar o aprendizado do aluno quanto aos conteúdos de Dinâmica trabalhados em sala de aula e aproximar a busca do conhecimento a uma tecnologia que o aluno associe ao seu cotidiano, como forma de mudança na práxis pedagógica do professor em sala de aula, foi construída devido a avaliação ser vista como um processo contínuo não como uma média, uma nota, um conceito, e sim, um

mecanismo que subsidia o ensino e aprendizagem do aluno. Visto por essa perspectiva, o discente não será rotulado de bom ou ruim, mas alcançará um conhecimento mínimo estipulado pelo professor para que o aluno possa prosseguir para outro tema, pois todos são capazes de aprender e entender os conteúdos de Física, segundo a teoria das inteligências múltiplas (GARDNER, 1994). E aqui vale lembrar, que a avaliação é feita de forma diagnóstica, formativa e somativa, ou seja, após as aulas os alunos podem ser submetidos ao jogo para serem avaliados os seus pontos fortes e suas deficiências em dinâmica (diagnóstica), depois de detectados os pontos fracos os mesmos podem ser desenvolvidos com atividades que faça o aluno evoluir no conteúdo (formativa) e, por fim, depois de todo esse processo, submetê-los novamente ao jogo para uma nova avaliação (somativa), fechando o processo avaliativo e preparando o educando para a próxima etapa dos conteúdos. Dessa forma, não ocorre exclusão ou seletividade, e sim, inclusão e um convite pra que os discentes continuem a busca pelo aprender e a construir o caminho do conhecimento com autonomia e autoria.

5. Mensagem ao professor

Prezado(a) Professor(a),

Este material instrucional, aqui descrito, é para ser utilizado em sala de aula com o intuito de substituir a avaliação convencional por um game. A realização da avaliação com este protótipo lhes poupará longas horas de correção de provas escritas, algo que faz parte da árdua carreira de um professor. Pois, os resultados das avaliações são disponibilizados automaticamente após o fim de cada fase do game. Todavia, torna-se necessário que fique claro para os alunos a funcionalidade do jogo, a proporcionalidade dos acertos das questões conceituais com a nota da avaliação, a proporcionalidade dos acertos das questões subjetivas dos baús com a nota da avaliação. A descrição da proporcionalidade dos acertos das questões com a nota da avaliação neste material é apenas um modelo, não significa que o professor deva usar o mesmo parâmetro.

As questões utilizadas no game, bem como as explicações dos pergaminhos e as dicas dos baús foram embasados em livros didáticos atuais que versam sobre os conteúdos da Dinâmica, de autores consagrados na literatura da Física para o Ensino Médio, como: Ramalho, *et. al.* (2009), Kazuhito, *et. al.* (2012), Hewitt (2015) e Hellou, *et. al.* (2016).

O *download* do game pode ser feito gratuitamente no portal “Luz da Física”, no site: <<http://luzdafisica.com.br/>>. Professor, faça bom uso do game em sua sala de aula, pois o mesmo foi pensado para contribuir com o seu trabalho e introduzir na escola mais uma ferramenta tecnológica que aproxime o aluno ao conhecimento dos fenômenos explicados pela Física.

Referências

- BENTO, E. M. C. Uma nova visão da história da mecânica. **Revista de Ensino de Física**, v. 5, n.1, p. 45-70, 1983.
- FARDO, M. L. A GAMIFICAÇÃO APLICADA EM AMBIENTES DE APRENDIZAGEM. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 11, n. 1, jul., 2013.
- FEYNMAN, R. P. **Lições de física de Feynman** [recurso eletrônico]: edição definitiva/ Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands; tradução Antônio José Roque da Silva, Sylvio Roberto Accioly Canuto. – Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- GARDNER, Howard. **Estrutura da Mente: A Teoria das Inteligências Múltiplas**. trad. Sandra Costa. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1994.
- HELOU, D. R.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. **Os Tópicos da Física**. v. 1, 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- HEWITT, Paul G. **Física conceitual** [recurso eletrônico] /Paul G. Hewitt; tradução: Trieste Freire Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- HOFFMANN, Jussara. **Avaliar para promover: as setas do caminho**. 11. ed. ver. e atual. ortog. Porto Alegre: Mediação, 2009.
- KAZUHITO, Y.; FUKU, L. F.; SHIGEKIYO, C. T. **Os Alicerces da Física**. v. 1, 15. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.
- KNIGHT, Randall. **Física 1: uma abordagem estratégica** [recurso eletrônico] /Randall Knight; tradução Trieste Freire Ricci. 2. ed. Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- LUCKESI, C. C. **AValiação da Aprendizagem Escolar: Estudos e proposições**. 22ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- RAMALHO, J. F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. S. **Os Fundamentos da Física**. v. 1, 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009.
- STEAM: RPG Maker MV Bundle**, 2015. Disponível em: <<http://store.steampowered.com/news/?appgroupname=RPG+Maker+MV+Bundle&appid=363890,426100,403870,405920>>. Acesso em: 23 de Ago, 2017.
- ZANETTI, João. DOS “PRINCIPIA” DA MECÂNICA AOS “PRINCIPIA” DE NEWTON. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 5, número especial, p. 23-35, 1988.

Pedro Alves Fontes Neto

Professor de Física e autor desse e-book

E-mail: pedro.fontes@ifma.edu.br

*"A melhor maneira de prever o futuro
é inventando-o" (Alan Kay).*

ZEEMAN

ATÉ A PRÓXIMA AVENTURA!!!

ANEXO A – Exemplo de teste de Inteligências Múltiplas no site do IDAAM

Eu gosto de aprender sobre a minha personalidade	Concordo parcialmente	3 1
Eu consigo tocar um instrumento musical	Discordo totalmente	1 2
Acho que é mais fácil de resolver os problemas, quando eu estou fazendo alguma atividade física	Discordo totalmente	1 3
Eu sempre tenho uma música ou o trecho de uma música na minha cabeça	Concordo parcialmente	3 4
Eu acho que fazer orçamentos e gerenciar recursos financeiros é algo fácil	Discordo parcialmente	2 5
Acho que é fácil inventar histórias	Discordo parcialmente	2 6
Eu sempre tive boa coordenação motora	Concordo totalmente	4 7
Ao falar com alguém, eu fico atento as palavras que a pessoa usa e não no que ela quer dizer	Discordo parcialmente	2 8
Eu gosto de palavras cruzadas, caça-palavras e outros quebra-cabeças que envolvam palavras	Concordo parcialmente	3 9
Eu não gosto de ambiguidade, eu gosto das coisas bem claras	Concordo totalmente	4 10
Eu gosto de quebra-cabeças de lógica ao estilo SUDOKU	Concordo parcialmente	3 11
Eu gosto de meditar	Concordo parcialmente	3 12
A música é muito importante para mim	Discordo parcialmente	2 13
Eu sou um mentiroso convincente	Concordo parcialmente	3 14
Eu pratico um esporte ou a dança	Discordo totalmente	1 15
Sou muito interessado em testes de personalidade e testes de inteligência	Concordo parcialmente	3 16
Pessoas que se comportam irracionalmente me irritam	Concordo totalmente	4 17
Acho que a música que me atrai é muitas vezes baseada em como eu me sinto emocionalmente	Concordo parcialmente	3 18
Eu sou uma pessoa muito sociável e que gosta de estar com outras pessoas	Concordo parcialmente	3 19
Eu gosto de ser sistemático e exaustivo	Concordo totalmente	4 20
Acho gráficos e tabelas fáceis de compreender	Concordo totalmente	4 21
Eu arremesso objetos com excelente mira - dardos, flechas, pedras, frisbees, etc	Concordo parcialmente	3 22
Acho que é fácil de lembrar citações ou frases	Discordo parcialmente	2 23
Eu sempre posso reconhecer lugares pelos quais já passei, mesmo que tenham passado muitos anos	Concordo parcialmente	3 24
Eu gosto de uma grande variedade de estilos musicais	Discordo parcialmente	2 25
Quando estou concentrado tendo a rabiscar	Concordo parcialmente	3 26
Eu posso manipular as pessoas se assim eu quiser	Discordo parcialmente	2 27
Eu posso prever meus sentimentos e comportamentos em determinadas situações com bastante precisão	Discordo parcialmente	2 28
Faço contas de cabeça facilmente	Concordo totalmente	4 29
Eu posso identificar a maioria dos sons sem ver o que lhes causa	Concordo parcialmente	3 30
Na escola, um dos meus temas favoritos era língua portuguesa	Discordo parcialmente	2 31
Eu gosto de pensar por um problema com cuidado, considerando-se todas as consequências	Concordo totalmente	4 32

Gosto de debates e discussões	Concordo parcialmente	3 33
Eu amo esportes de adrenalina e radicais	Discordo parcialmente	2 34
Prefiro os esportes individuais	Discordo totalmente	1 35
Eu me preocupo com o que os que me rodeiam sentem	Concordo parcialmente	3 36
Minha casa está cheia de imagens, fotografias e quadros	Discordo totalmente	1 37
Eu gosto e sou bom em fazer as coisas - eu sou bom com as minhas mãos	Concordo parcialmente	3 38
Gosto de fazer as coisas ouvindo música em segundo plano	Discordo totalmente	1 39
Acho que é fácil de lembrar números de telefone	Concordo parcialmente	3 40
Eu estabeleço metas e planos para o futuro	Concordo parcialmente	3 41
Sou uma pessoa sensível ao tato	Concordo parcialmente	3 42
Posso dizer facilmente se alguém gosta de mim ou não	Concordo parcialmente	3 43
Posso facilmente imaginar como um objeto seria a partir de uma outra perspectiva	Concordo parcialmente	3 44
Eu nunca leio as instruções para montar móveis ou fazer funcionar eletro-domésticos	Concordo parcialmente	3 45
Eu acho fácil falar com pessoas que ainda não conheço	Discordo parcialmente	2 46
Para aprender algo novo, eu só preciso ver e experimentar que já aprendo	Concordo parcialmente	3 47
Costumo ver imagens claras quando eu fecho meus olhos	Concordo parcialmente	3 48
Eu não uso meus dedos quando eu conto	Concordo totalmente	4 49
Muitas vezes eu falo para mim mesmo - em voz alta ou na minha cabeça	Concordo totalmente	4 50
Na escola eu adorava as aulas de música	Discordo parcialmente	2 51
Quando eu estou no exterior, acho que é fácil de pegar o básico de outro idioma	Discordo totalmente	1 52
Acho que jogos de bola são fáceis e agradáveis	Discordo parcialmente	2 53
Minha matéria favorita na escola era matemática	Concordo totalmente	4 54
Eu sempre sei como estou me sentindo	Concordo parcialmente	3 55
Eu sou realista sobre os meus pontos fortes e fracos	Concordo parcialmente	3 56
Eu tenho um diário	Discordo totalmente	1 57
Sou consciente da linguagem corporal das outras pessoas	Discordo parcialmente	2 58
Minha matéria favorita na escola era arte	Discordo totalmente	1 59
Acho prazeroso ler	Concordo parcialmente	3 60
Eu posso ler um mapa facilmente	Concordo totalmente	4 61
Me perturba ver alguém chorar e não ser capaz de ajudar	Concordo totalmente	4 62
Eu sou bom em resolver disputas entre outros	Concordo parcialmente	3 63
Eu sempre sonhei em ser um músico ou cantor	Discordo totalmente	1 64
Eu prefiro esportes de equipe	Concordo parcialmente	3 65
Cantar me faz sentir felicidade	Discordo parcialmente	2 66

Eu nunca me perco quando estou por conta própria em um novo lugar	Concordo parcialmente	3 67
Se estou aprendendo a fazer alguma coisa, gosto de ver desenhos e diagramas de como o objeto funciona	Concordo parcialmente	3 68
Fico feliz de gastar meu tempo ficando sozinho	Concordo parcialmente	3 69
Meus amigos sempre me procuram para apoio emocional e aconselhamento	Concordo parcialmente	3 70

