

ZEE MAN

UM GAME ESTRATÉGICO PARA AVALIAÇÃO
DA APRENDIZAGEM EM DINÂMICA



Pedro Fontes

Edson de Carvalho

ZEE MAN

**UM GAME ESTRATÉGICO PARA AVALIAÇÃO DA
APRENDIZAGEM EM DINÂMICA**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Reitor Dr. Fernando Carvalho Silva
Vice-Reitor Dr. Leonardo Silva Soares



EDUFMA EDITORA DA UFMA

Coordenadora Dra. Suênia Oliveira Mendes
Conselho Editorial Prof. Dr. Prof. Dr. José Carlos Aragão Silva
Prof. Dr. Luis Henrique Serra
Prof^a. Dra. Ana Caroline Amorim Oliveira
Prof. Dr. Márcio José Celeri
Prof^a. Dra Raimunda Ramos Marinho
Prof^a. Dra Débora Batista Pinheiro Sousa
Prof. Dr. Edson Ferreira da Costa
Prof. Dr. Marcos Nicolau Santos da Silva
Prof. Dr. Carlos Delano Rodrigues
Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro
Prof^a. Dra. Maria Aurea Lira Feitosa
Prof. Dr. Flávio Luiz de Castro Freitas
Prof. Dr. José Ribamar Ferreira Junior
Bibliotecária Iole Costa Pinheiro


Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

Associação Brasileira das Editoras Universitárias



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license.

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0.

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0.

PEDRO ALVES FONTES NETO
EDSON FIRMINO VIANA DE CARVALHO

ZEEMAN

UM GAME ESTRATÉGICO PARA AVALIAÇÃO DA
APRENDIZAGEM EM DINÂMICA

São Luís



EDUFMA

2025

Copyright © 2025 by EDUFMA

Projeto Gráfico, Diagramação e Capa
Revisão
Figura da Capa

Pedro Alves Fontes Neto
Edson Firmino Viana de Carvalho
STEAM: RPG Maker MV

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Fontes Neto, Pedro Alves

Zeeman: um game estratégico para avaliação da aprendizagem em Dinâmica [recurso eletrônico] / Pedro Alves Fontes Neto, Edson Firmino Viana de Carvalho. – São Luís: EDUFMA, 2025.

E-book (57 p.) il.

Inclui Bibliografia

ISBN: 978-65-5363-434-3

Livro disponível em formato digital

Livro digital da Editora EDUFMA

Modo de Acesso:

1. Mecânica. 2. Dinâmica. 3. Jogos educacionais. 4. Aprendizagem – avaliação. 5. Game Zeeman. I. Carvalho, Edson Firmino Viana de. II. Título.

CDD: 531

CDU: 531:371.695

Bibliotecária: Rosivalda Pereira – CRB 13/423

CRIADO NO BRASIL [2025]

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação ou transmitida de qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotocópia, microfilmagem, gravação ou outro, sem permissão do autor.

| EDUFMA | EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Av. dos Portugueses, 1966 | Vila Bacanga

CEP: 65080-805 | São Luís | MA | Brasil

Telefone: (98) 3272-8157

www.edufma.ufma.br | edufma@ufma.br

AGRADECIMENTOS

Ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)
À Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFMA (PROFIS)
À Superioridade de Tecnologias na Educação (STED) da UFMA
O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de
Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

APRESENTAÇÃO

Este trabalho descreve um recurso educacional elaborado no Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFMA (PROFIS), com o propósito de substituir a avaliação tradicional por meio de um jogo educacional. Este jogo tem como objetivo avaliar o domínio dos alunos nos tópicos de Dinâmica.

A importância deste produto reside na sua capacidade de envolver os adolescentes, refletindo a ludicidade e a familiaridade dos jogos que eles habitualmente utilizam. Além disso, representa uma oportunidade de introduzir nas escolas um recurso didático tecnológico adicional, projetado para despertar o interesse dos alunos por conceitos físicos. O jogo proposto inclui diálogos entre os personagens que brevemente abordam fenômenos da Física Moderna, Mecânica Quântica e aplicações da Física no dia a dia, contribuindo assim para a compreensão e a curiosidade sobre esses temas.

Esse game se destaca por contextualizar os conceitos e leis da Física em um ambiente virtual imersivo. O objetivo é permitir que o jogador aplique conhecimentos de Mecânica para resolver problemas simulados, como situações envolvendo movimento, posição, velocidade, aceleração, força, quantidade de movimento, impulso, colisões e energia. Os desafios propostos incentivam o jogador a utilizar o conhecimento adquirido em sala de aula para superá-los.

Os diálogos entre os personagens e o herói possibilitam a adaptação dos eventos e comandos do jogo ao entendimento dos adolescentes. O jogo, desenvolvido para plataformas Windows, inclui discussões sobre fenômenos físicos e perguntas conceituais com opções de resposta. Também apresenta perguntas de cálculo, cujas respostas desbloqueiam dicas para resolver os próximos desafios relacionados à Dinâmica. Essas perguntas têm o objetivo de avaliar o ensino e a aprendizagem do conteúdo.

Portanto, este produto educacional oferece uma interface do jogo, seu funcionamento, ilustrações das interações do jogo com perguntas e opções de resposta, discussões sobre fenômenos físicos, organização dos conteúdos em relação à dinâmica do jogo e sua eficácia como ferramenta de avaliação da aprendizagem.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
2	TÓPICOS DE DINÂMICA.....	7
2.1	Conceitos básicos.....	7
2.2	As Leis de Newton.....	8
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.....	16
3	FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA DO GAME ZEEMAN.....	18
3.1	Os jogos sérios e educacionais.....	25
4	O GAME ZEEMAN.....	31
4.1	Como utilizar o game Zeeman para avaliar.....	33
4.2	A proposta de avaliação com o game Zeeman.....	41
4.3	Experiências na aplicação do game Zeeman.....	45
5	MENSAGEM AO PROFESSOR.....	49
	REFERÊNCIAS.....	50
	APÊNDICE: COMANDOS DO GAME ZEEMAN.....	54

1 INTRODUÇÃO

A plataforma RPG Maker é uma engine destinada ao desenvolvimento de jogos eletrônicos, contando com uma extensa biblioteca de objetos que facilitam esse tipo de "programação". Essa ferramenta foi desenvolvida no final dos anos de 1988, no Japão, pela empresa American Standard Code for Information Interchange (ASCII) e posteriormente foi adquirida pela Enterbrain, sendo distribuída apenas em japonês. O diferencial dessa plataforma em comparação com outras engines de desenvolvimento de jogos é a facilidade com que os games podem ser criados, pois não é necessário ter um amplo conhecimento em lógica de programação. Com um pouco de dedicação e paciência, é possível ao desenvolvedor iniciar e concluir a produção de um jogo.

Com o surgimento da RPG Maker MV, em 2015, os jogos desenvolvidos puderam ser exportados para executar em outras plataformas além do Windows, como Mac OS X, iOS, HTML 5 e Android. Outra novidade foi a mudança da linguagem de programação de Ruby para JavaScript. No entanto, o desenvolvimento de jogos nesta plataforma continua sendo pouco complicado em relação à linguagem de programação, pois foi criada para facilitar o desenvolvimento de jogos por amadores e iniciantes. Nada impede que jogos mais elaborados sejam criados nesta engine. A diferença em relação às outras está na disposição dos objetos de sua biblioteca e na facilidade de manuseio deles, sem comandos complicados e difíceis de aprender. Na verdade, essa plataforma parece mais uma montagem de "cubinhos" que vão criando formas conforme o desejo do desenvolvedor.

Dessa maneira, utilizou-se a RPG Maker MV, que possui um banco de dados com todas as informações necessárias para o desenvolvimento de um game, para editar e gerenciar os dados de seu sistema, além de criar diálogos entre o herói e personagens fixos. Isso possibilitou a criação de um jogo educacional no qual fenômenos podem ser discutidos e perguntas podem ser feitas com opções de resposta. O resultado desse esforço foi a criação do game educacional "Zeeman", voltado para estudantes do Ensino Médio, cujo principal objetivo é avaliar os conhecimentos adquiridos em sala de aula sobre o conteúdo de Dinâmica.

2 TÓPICOS DE DINÂMICA

O e-book "Zeeman: um game estratégico para avaliação da aprendizagem em Dinâmica" apresenta um recurso educacional direcionado à avaliação dos conteúdos da Dinâmica. Para contextualizar os assuntos abordados no jogo, faremos um breve resumo qualitativo dos temas de Dinâmica explorados. Iniciaremos este capítulo explicando o foco de estudo da Mecânica e sua relação com a Dinâmica. Em seguida, discutiremos as três leis de Newton, impulso e momento linear. Concluiremos o capítulo abordando os conceitos de trabalho e energia. Esses tópicos são os conteúdos explorados no game educacional durante as avaliações e, ao serem apresentados dessa forma, proporcionam uma representação didática mais coerente.

Nesta seção, a modelagem incorpora conceitos de derivadas e integrais, proporcionando uma análise mais detalhada e profunda dos fenômenos físicos abordados. Embora tais conceitos possam ser desafiadores para alguns alunos do ensino básico, o professor pode prosseguir com o conteúdo do livro didático, utilizando uma abordagem mais simplificada e adequada ao nível de compreensão de sua turma. O e-book complementa o ensino, enriquecendo a compreensão dos tópicos de Dinâmica ao oferecer uma perspectiva mais ampla e contextualizada. No entanto, o professor tem a liberdade de selecionar e adaptar o material conforme as necessidades e características específicas de seus alunos.

2.1 Conceitos básicos

Os elementos conceituais básicos da mecânica são espaço e tempo, que proporcionam o ambiente onde a Física ocorre; massa e força, que demonstram como ocorre o movimento, relacionado com espaço e tempo.

Para que ocorra movimento, é necessário um referencial que mostre a variação do espaço ao longo do tempo. Assim, uma pessoa sentada no banco de um ônibus, com o motorista como referencial, está em repouso. Por outro lado, se o ônibus se aproxima de uma pessoa na parada, a pessoa dentro do ônibus e o motorista estão em movimento em relação à pessoa na parada, pois o espaço entre o ônibus e a pessoa na parada diminui com o tempo. Portanto, a formulação de um referencial permite perceber a variação do espaço no tempo em relação ao referencial adotado.

Para a Mecânica Clássica, o tempo é algo simples, que passa igualmente para todos os observadores, aumentando constantemente. Sua determinação requer uma origem especificada e a sincronização de um relógio. Um conceito temporal comum na Mecânica Clássica é o período, definido como o tempo que um objeto leva para realizar uma oscilação completa. Galileu, ao observar a oscilação de um grande candelabro de igreja e usando sua pulsação para medir o tempo de oscilação, percebeu que o período era independente do peso dos objetos.

O conceito intuitivo de força refere-se a um puxão ou empurrão, relacionado ao conceito científico de força. Ao arrastarmos uma mesa sobre um piso de cerâmica ou ao empurrarmos um carro sem combustível na estrada, associamos esse puxão ou empurrão à força que causa o movimento dos objetos. Esse conceito não está longe da definição de força de Feynman, que afirma que "a Segunda Lei forneceu uma maneira específica de determinar como a velocidade muda sob influências chamadas de forças".

É importante identificar as forças que atuam em um objeto em um determinado contexto. Essas forças podem ser de contato, quando o objeto interage com uma superfície, como um caixote sendo arrastado ou um livro sobre uma mesa, ou forças de ação à distância, como a força gravitacional da Terra que faz um objeto cair. Embora não possamos ver as forças, podemos observar e sentir seus efeitos. Ao observar um objeto caindo, sabemos que é devido à força gravitacional da Terra; ao carregar uma sacola de compras, sentimos a ação da força peso sobre ela; e ao subir uma escada, sentimos mais a ação da gravidade do que ao descer, pois estamos indo contra a força da gravidade ao subir e a favor dela ao descer.

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 de a 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, pois esta serve para garantir o referencial inercial na segunda Lei de Newton. Assim, a segunda lei é definida como: uma força (a "causa") aplicada sobre uma massa (um "objeto") desenvolve uma aceleração (o "efeito") sobre essa massa, sendo possível apenas se existir um referencial inercial. Sem este, não se pode determinar o movimento e, 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 expressar 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:

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

isto é, na Mecânica Clássica, observamos a equivalência entre a taxa de variação do momento e o produto da massa pela aceleração, uma relação que não se estende à mecânica relativística. Na mecânica newtoniana, a massa é considerada constante, enquanto o espaço e o tempo são tidos como absolutos, o que nos permite aceitar a relação entre as duas formas de expressar a força resultante. Por outro lado, na teoria relativística, que se baseia na taxa de variação do momento, ocorrem a dilatação do

tempo e a contração do espaço, que deixam de ser absolutos, resultando na variabilidade da massa.

Quando Newton estabelece a segunda lei, ele a fórmula em termos de momento linear (BENTO, 1983). A equivalência da força resultante com o produto da massa pela aceleração foi utilizada pela primeira vez em 1752 (ZANETIC, 1988). A força resultante é o somatório vetorial de todas as forças aplicadas a uma determinada massa. Para ilustrar isso, podemos imaginar um carro atolado em um lamaçal e, para retirá-lo, convidamos cinco pessoas para empurrar ou puxar o veículo. Nesse cenário, várias forças são aplicadas ao mesmo objeto (o carro). No entanto, se usarmos um único trator para realizar a mesma tarefa, a força aplicada por ele corresponderá à soma de todas as forças das cinco pessoas. Assim, podemos definir a força resultante com a seguinte 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} .

No entanto, existem outras forças que são negligenciadas em uma perspectiva clássica e merecem atenção. Na Tabela 1, apresenta-se uma variedade de forças amplamente utilizadas na resolução 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}

Fonte: Adaptado de KNIGHT, 2009.

Na Dinâmica, podem-se observar dois tipos de equilíbrio: estático e dinâmico. O equilíbrio estático ocorre quando as forças se anulam de tal forma que a força resultante seja zero. Por outro lado, no equilíbrio dinâmico, a velocidade é constante e a aceleração é zero, o que implica em uma força resultante zero.

Ao discutir a Terceira Lei de Newton, pode-se demonstrar de que maneira ela está relacionada com o princípio da conservação do momento linear, que é um princípio fundamental da Mecânica Clássica. A terceira lei é observada quando um corpo A exerce uma força de ação sobre um corpo B, e este, por sua vez, exerce uma força de reação sobre o corpo A, conforme 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. No entanto, quando isso ocorre, dizemos que a terceira lei de Newton assume sua forma mais intensa possível, ou seja, quando as duas forças são paralelas ao segmento que as une. Assim, podemos concluir que a soma de um par de forças internas ou forças mútuas internas é sempre zero, ou seja, as forças internas se anulam entre si. Porque,

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

Considerando a veracidade da terceira lei de Newton, a segunda lei implica na conservação do momento linear. Nesse contexto, resta apenas a resultante das forças externas atuando sobre um sistema, o que resulta em uma taxa de variação do momento e, conseqüentemente, na ocorrência de uma aceleração.

2.3 Momento linear

A mecânica newtoniana é fundamentalmente baseada nas três leis de Newton. No entanto, em certos casos, torna-se mais complexo resolver problemas apenas com essas leis. Para superar essa dificuldade, foram desenvolvidas as leis de conservação, que oferecem atalhos mais simples para resolver determinados problemas. Um aspecto relevante é a limitação da modelagem newtoniana na descrição da massa e velocidade de um objeto, uma vez que as leis de Newton não se aplicam à mecânica quântica, ao contrário das leis de conservação.

A definição de momento linear não é dependente do referencial, ou seja, pode ser definida em um referencial inercial ou não inercial. No entanto, é mais conveniente trabalhar com referenciais inerciais do que com referenciais acelerados. O momento linear 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, onde o carro B está em repouso e o carro A se aproxima com uma certa velocidade e colide com o carro B, é importante ressaltar que, no mundo real, as forças externas sobre o sistema não são nulas. No entanto, ao considerarmos apenas o curto intervalo de tempo antes e depois da colisão, podemos negligenciar tais forças em comparação com as forças de interação entre os dois carros.

Assim, se assumirmos que a soma das forças externas é igual a zero ($\vec{F}_{ext} = 0$), podemos afirmar que a soma dos momentos dos carros antes da colisão é igual à soma dos momentos após a colisão, de acordo com 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 dos dois carros após a colisão são iguais a v . Portanto, temos:

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

Assim, a velocidade final do conjunto é determinada pela média ponderada das velocidades individuais de cada componente, sendo que as massas de cada componente atuam como pesos na ponderação, 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

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

Para um caso específico, quando a massa de A é significativamente menor que a massa de B, como no exemplo de um projétil balístico colidindo com um pedaço de madeira em repouso, e assumindo que não há atrito e que a massa do objeto de madeira é muito maior que a do projétil, a expressão pode ser analisada no limite em que $m_A \ll m_B$. Nesse contexto, a equação (9) é reescrita como

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

Isso nos leva a deduzir que a velocidade do conjunto após a colisão inelástica é menor que a velocidade do projétil antes da colisão, e essa relação está relacionada à razão entre as massas. Esse comportamento é observado em uma análise real.

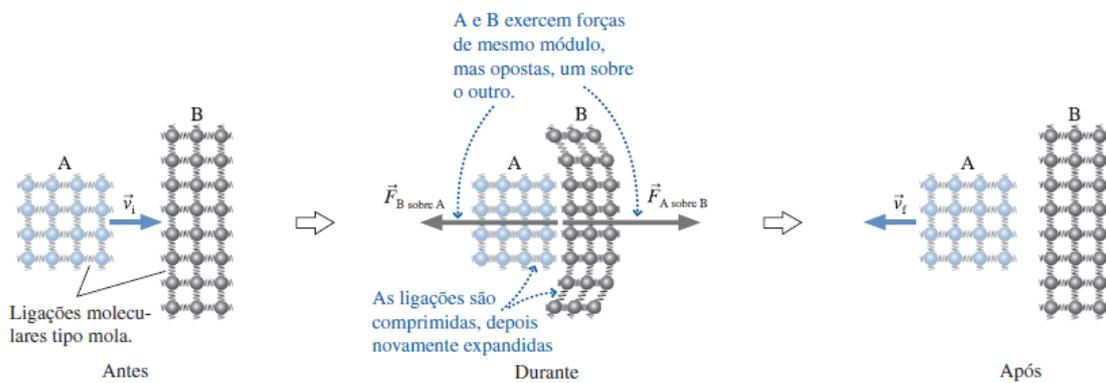
Portanto, as forças de interação que formam os pares ação/reação para um sistema composto por apenas duas partículas resultam em uma soma nula. Esse princípio também se aplica ao ampliarmos esse sistema para N partículas, ou seja, os pares de ação/reação anulam as somas das forças internas de qualquer sistema, deixando apenas o somatório das forças externas como resultante. Embora o estudo detalhado de uma colisão oblíqua possa oferecer insights sobre a aplicação do

momento, o objetivo aqui é esclarecer o princípio de conservação do momento linear. Após discutirmos as conclusões sobre o momento linear, abordaremos outro tópico relevante dentro do conteúdo de Dinâmica, que é o **impulso**.

2.4 Impulso

Quando dois objetos colidem, ocorre uma deformação momentânea nesses objetos durante um intervalo de tempo muito curto. Essa deformação é resultado das forças intermoleculares presentes nos materiais, que agem como pequenas "molas" ligando os átomos. Durante a colisão, as ligações atômicas dos materiais envolvidos sofrem compressão, seguida por uma expansão posterior entre essas ligações, como exemplificado 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, especificamente ao longo do eixo x , de acordo com a segunda lei de Newton, podemos identificar a força impulsiva em função do tempo, representada por $F(t)$, como

$$ma_x = m \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = F_x(t). \quad (11)$$

Multiplicando os dois membros da equação (11) por Δt , temos

$$m\Delta v_x = F_x(t) \Delta t. \quad (12)$$

Na equação (12), ao somarmos 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

$$m \sum_{v=v_i}^{v_f} \Delta v_x = mv_{fx} - mv_{ix} = \sum_{t=t_i}^{t_f} F_x(t) \Delta t. \quad (13)$$

Assim, percebemos que chegamos a uma variação do momento linear. Portanto, podemos reformular a equação (13) da seguinte forma:

$$\Delta p_x = p_{fx} - p_{ix} = \sum_{t=t_i}^{t_f} F_x(t) \Delta t. \quad (24)$$

Essa relação entre a variação do momento linear e a integral da força ao longo do tempo nos leva a concordar com Knight (2009), que a denomina de **impulso** (J_x). Portanto, podemos escrever:

$$J_x = \int_{t_i}^{t_f} F_x(t) dt. \quad (35)$$

O resultado expresso na equação (15) pode ser apresentado de forma mais clara para representar o **Teorema do Impulso-Momento**. Assim, para a coordenada x , temos que

$$\Delta p_x = J_x. \quad (16)$$

Segundo Knight (2009, p. 243), "a nova ideia importante é que um impulso exercido sobre uma partícula causa uma variação em seu momento".

Quando a bola se aproxima da parede, sua velocidade é positiva e, até o momento de tocar a parede, seu momento é positivo. Portanto, antes do contato, temos: ($v_{ix} > 0$) e ($p_{ix} > 0$). Durante a interação da bola com a parede, ocorre um impulso devido à compressão das ligações atômicas dos materiais, atingindo seu máximo no pico da curva destacada no gráfico da força impulsiva, ($F_{x(t)}$). 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, o momento também muda de sentido para ($p_{fx} < 0$). A segunda parte do gráfico mostra o início e o fim do contato da bola com a superfície, permitindo observar a variação do momento linear e sua relação com o impulso gerado pela força impulsiva, confirmando assim o teorema do impulso-momento.

Durante o contato da bola com a parede, ocorre uma perda de energia, onde a energia cinética é transformada em energia térmica e vibracional nos materiais envolvidos (FEYNMAN, 2009). Após a compressão máxima, parte dessa energia é dissipada na parede, resultando geralmente em uma velocidade de retorno menor. Portanto, percebe-se uma relação próxima entre colisões e a energia gerada, seja ela a energia cinética devido à velocidade dos objetos, a energia vibracional devido às ligações atômicas dos materiais, ou a energia térmica proveniente das vibrações das ligações atômicas, que após se transformar em energia térmica, se dissipa nos materiais. Assim, após discutir sobre colisões, torna-se necessário uma explanação

sobre energia e trabalho, mesmo que de forma qualitativa, como será abordado a seguir.

2.5 Energia cinética e o teorema do trabalho

A energia é um conceito fundamental na Física que estabelece uma conexão com diversas outras áreas do conhecimento científico. Sua abrangência não se restringe apenas à mecânica clássica, mas também se estende à mecânica quântica devido ao interesse em variáveis que permanecem constantes na natureza. Ao longo do tempo, os cientistas desenvolveram o conceito de energia, levando à compreensão de que existem grandezas na natureza que não se alteram com o tempo. Como afirmam Feynman, Leighton e Sands:

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, porque 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; LEIGHTON, SANDS, 2009, p. 39).

Assim, surge o princípio de conservação da energia a partir da observação dos processos de transformação de um tipo de energia em outro que ocorrem na natureza. Esse foi um dos motivos da demora na concepção do conceito de energia ao longo do tempo. Se considerarmos a ideia de que um objeto possui energia porque está em movimento, podemos concluir que existe uma relação entre a energia e a velocidade desse objeto. Dessa forma, pode-se conceituar a energia associada ao movimento de um objeto como sendo a energia cinética. Essa energia é expressa pela equação,

$$K = \frac{1}{2} m v^2. \quad (17)$$

Desta equação, podemos destacar que a energia cinética é uma grandeza escalar, mesmo que dependa da velocidade, que é uma grandeza vetorial. Essa afirmação baseia-se no fato de que essa dependência é ao quadrado da velocidade, representada pelo produto escalar $\vec{v} \cdot \vec{v}$. Outro ponto a destacar é que a velocidade depende de um referencial específico. Portanto, um objeto possui energia cinética se estiver em movimento em relação a um referencial específico; se estiver em repouso em relação a esse referencial, ele não terá 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

$$\frac{\Delta K}{\Delta t} = \frac{1}{2} m \frac{\Delta}{\Delta t} (\vec{v} \cdot \vec{v}) = \frac{1}{2} m \left(\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \cdot \vec{v} + \vec{v} \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \right). \quad (18)$$

Como o produto escalar é comutativo, podemos trocar a ordem dos fatores sem alterar o resultado. Essa propriedade é fundamental na álgebra linear e na geometria, pois nos permite simplificar expressões e realizar cálculos de forma mais eficiente, isto é,

$$\frac{\Delta K}{\Delta t} = \frac{1}{2} m \left(2 \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \cdot \vec{v} \right). \quad (19)$$

Logo,

$$\begin{aligned} \frac{\Delta K}{\Delta t} &= m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \cdot \vec{v} \\ &= \vec{F} \cdot \vec{v}. \end{aligned} \quad (20)$$

Neste contexto, determina-se a taxa de variação temporal da energia cinética como o produto escalar da força resultante pela velocidade adquirida por uma massa, que é conhecido como **potência**. Continuando a análise da equação, podemos expressá-la em função da posição, já que o vetor velocidade é definido como a variação temporal da posição. Dessa forma,

$$\frac{\Delta K}{\Delta t} = \vec{F} \cdot \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}. \quad (21)$$

Durante um pequeno deslocamento da partícula, ocorre uma pequena variação na energia cinética, que é determinada pelo produto escalar da força resultante pela pequena variação do vetor deslocamento. No entanto, ao prever a mudança da energia cinética em um deslocamento finito, como por exemplo, da posição \vec{r}_1 para \vec{r}_2 , é necessário somar todos os pequenos intervalos $d\vec{r}$ sujeitos às variações das forças ao longo do percurso. Esse somatório é realizado através de uma integral de linha, que depende do percurso do objeto sobre a trajetória, denominada de trabalho, e expressa-se por:

$$W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2} = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = \Delta K. \quad (22)$$

Assim, foi demonstrado que a aplicação de uma força resultante sobre uma partícula pode deslocá-la de uma posição inicial para uma posição final, e durante esse 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 ao longo de uma trajetória. Esse enunciado é conhecido como o **teorema do trabalho-energia cinética**, representado por:

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

Na próxima seção destacamos a relação entre a energia potencial e a conservação da energia mecânica.

2.6 Energia potencial e conservação da energia mecânica

Embora a definição do teorema do trabalho-energia cinética dependa da trajetória percorrida pela partícula, alguns estudos em Física demonstram que existem forças para as quais o trabalho realizado entre dois pontos sobre um objeto não depende da trajetória. Tais forças são de grande importância no estudo de fenômenos físicos e são denominadas forças conservativas.

O conceito de forças conservativas está relacionado a uma ampliação do conceito de energia cinética, o que nos leva a uma definição de energia. Quando há uma interação conservativa, é possível desenvolver uma noção de energia potencial, que se combina com a energia cinética para formar um outro conceito de energia chamado energia mecânica total, que permanece constante sob condições conservativas.

Algumas das forças conservativas presentes na natureza podem ser definidas, como é o caso da força gravitacional. Nesse contexto, define-se uma função que depende apenas das posições, com valor zero para uma posição arbitrária \vec{r}_0 . Assim, podemos expressar essa função da seguinte forma:

$$U(\vec{r}) = -m\vec{g} \cdot \Delta\vec{r}. \quad (24)$$

A energia potencial pode ser expressa dessa forma porque não depende do caminho, mas apenas das posições \vec{r}_0 e \vec{r} . Essa função, como definida anteriormente, representa o trabalho realizado pela força sobre uma partícula entre as duas posições especificadas, $W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}}$. No entanto, se desejarmos determinar o trabalho total realizado começando na posição \vec{r}_0 e indo até a posição \vec{r}_2 , podemos escrever que:

$$W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_2} = W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_1} + W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2}, \quad (25)$$

que pode ser reescrita como

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

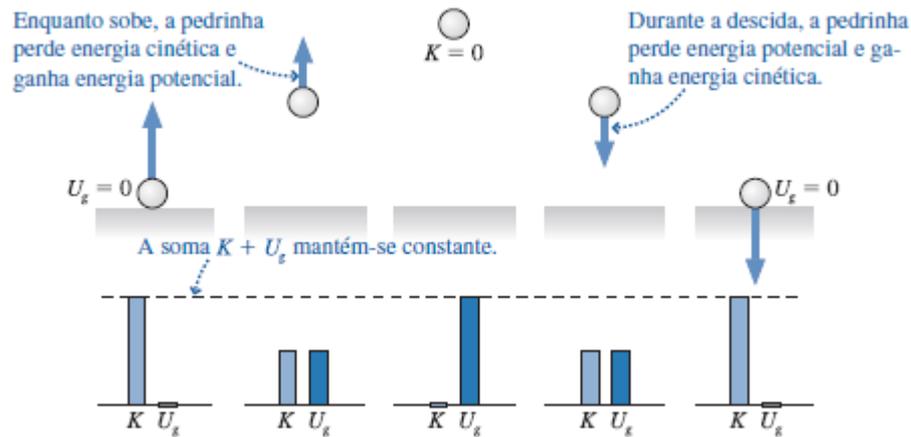
Logo, podemos definir que,

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

Portanto, esta expressão diz que o trabalho realizado pela força conservativa ao longo do caminho entre dois pontos é igual à variação negativa da energia potencial entre esses dois pontos. Isso é uma consequência do fato de que a força conservativa não depende do caminho, mas apenas das posições inicial e final. Essa relação é uma forma de expressar o princípio da conservação da energia mecânica em sistemas conservativos.

Na Figura 2, temos um exemplo da conservação da energia mecânica, onde uma pedrinha é lançada para cima a partir do solo e, ao atingir sua altura máxima, retorna ao ponto de partida. Esse exemplo pressupõe que as forças atuantes sejam conservativas. A energia cinética está relacionada ao quadrado da velocidade adquirida pela pedrinha, enquanto a energia potencial está associada à altura alcançada por ela.

Figura 2 - Demonstração gráfica da conservação da energia mecânica.



Fonte: KNIGHT, 2009.

Pela **Figura 2**, verificamos que no ponto de partida a energia potencial da pedrinha é zero, considerando o solo como referência. À medida que a pedrinha começa a se mover para cima, sua velocidade se torna diferente de zero, o que implica na existência de uma energia cinética associada à sua velocidade. Além disso, conforme a altura aumenta, surge uma energia potencial associada a essa elevação.

À medida que a pedrinha continua subindo, sua velocidade diminui, conseqüentemente, sua energia cinética também diminui, até alcançar a altura máxima, momento em que sua energia cinética se torna zero, pois a pedrinha atinge o repouso antes de mudar de direção. Durante o percurso do solo até a altura máxima, observamos que a energia cinética é transformada em energia potencial, mantendo-se constante a soma das duas.

Por outro lado, quando a pedrinha começa a descer, sua velocidade aumenta e sua altura diminui, ou seja, a energia potencial da pedrinha é transformada em energia cinética. Ao atingir o solo, a pedrinha possui a mesma energia cinética máxima que tinha no momento inicial.

Para ambos os casos, seja durante a subida ou descida da pedrinha, a energia é transformada de cinética em potencial, ou vice-versa, de modo que a energia mecânica total permanece constante.

3 FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA DO GAME ZEEMAN

Em geral, o termo "avaliação" leva os professores a pensarem nos conteúdos ensinados e nas provas como forma de verificar a aprendizagem dos alunos quanto aos conteúdos trabalhados. Os alunos, por sua vez, se concentram em encontrar a melhor forma de obter uma boa nota nas provas ou testes aplicados pelos professores. Os pais se preocupam com o boletim ao final do ano, semestre ou bimestre, focando nas notas que seus filhos terão, com a expectativa de que eles obtenham médias suficientes para serem aprovados. Na realidade, o próprio sistema de ensino se baseia nas médias e nas notas dos alunos, divulgando estatísticas que supostamente indicam 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 comumente proposto não é avaliação da aprendizagem, mas sim verificação da aprendizagem. A verificação é seletiva, taxativa, exclui o educando do processo de aprendizagem, preocupa-se apenas em aprovar ou reprovar através de médias aritméticas ou ponderadas, ou outras formas de medida, e trata o educando como uma "coisa" e não como um ser humano em desenvolvimento, com um pensamento social, cultural, político, científico, que é parte da sociedade e da comunidade em que vive. Como 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 reenaminhamento da ação, possibilitando consequências 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, semestre ou até mesmo no fim do ano letivo, sendo uma forma de controle e regulação (LIBÂNEO, 2012). No entanto, a média não representa o real aprendizado dos educandos nos conteúdos trabalhados pelo professor (FREITAS; OVANDO, 2013; HORTA NETO, 2014). Como exemplo, considere uma situação em que o aluno, em um teste sobre o conteúdo "Primeira Lei de Newton", obtenha nota 10 (dez); em um segundo teste, sobre o conteúdo "Segunda Lei de Newton", obtenha nota 8 (oito); e,

por fim, em um terceiro teste, sobre o conteúdo "Terceira Lei de Newton", obtenha nota 0 (zero). A média aritmética desse aluno seria 6 (seis), o que corresponderia a um aprendizado razoavelmente bom em relação às três Leis de Newton, podendo até justificar sua aprovação em alguns sistemas de ensino. Contudo, essas notas significam que o aluno aprendeu muito bem a primeira Lei, teve um decréscimo na aprendizagem da segunda Lei, ou seja, em ambas, seu aprendizado é considerado satisfatório; mas, em relação à terceira Lei, o aluno não conseguiu aprender e obteve um resultado insatisfatório no teste. Essa análise é interessante porque atribui ao aluno uma média seis em todos os conteúdos, o que não é verdade. O educando teve êxito nos dois primeiros conteúdos, mas não conseguiu aprender nada no terceiro. E, caso este seja cobrado em futuras aulas, ele se sairá mal nas avaliações. Essa média mascara a aprendizagem do aluno e não corresponde à sua real situação em relação ao desenvolvimento do conhecimento. Para 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 envolve o aluno e o auxilia a desenvolver seu pensamento acerca dos conteúdos ministrados, além de levá-lo à autonomia. Trata-se de uma avaliação qualitativa, processual, inclusiva e democrática que promove uma aproximação interativa entre professor e aluno (PERRENOUD, 1999; HADJI, 2001; MACHADO, 2012; CIASCA; SILVA; ARAÚJO, 2017). No ambiente escolar, devem ocorrer mudanças na avaliação da aprendizagem. Segundo Vianna (2000, p. 21), “[...] 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”.

Revisitando o exemplo anterior, em vez de apenas verificar a aprendizagem, a avaliação deveria ser planejada para garantir um mínimo de aprendizagem para cada conteúdo ministrado, a ser alcançado pelos alunos. O objetivo é assegurar o conhecimento necessário para a aprendizagem dos próximos conteúdos, com base no desenvolvimento mínimo de conhecimento estipulado pelo professor. Assim, atividades diversificadas seriam propostas para que os alunos atingissem esse objetivo e prosseguissem para o próximo conteúdo. Na visão de Vasconcellos (2003, p. 16), na avaliação não é necessário 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 serão homogêneos, mas sim diversificados ou heterogêneos. Todavia, quando se realiza o diagnóstico do processo de aprendizagem dos alunos, é possível aplicar diferentes atividades para desenvolver o conhecimento adequado sobre o conteúdo, até que os discentes atinjam o mínimo proposto pelo professor sobre o material trabalhado em sala de aula. Na perspectiva de Perrenoud (1999, p. 145), isso representa “[...] 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 lógica-matemática mais desenvolvida poderão avançar para problemas mais complexos sobre os conteúdos de Física. Já aqueles que ainda não desenvolveram tal inteligência poderão obter um aprendizado que lhes permita entender os próximos conteúdos, os quais têm como base os conhecimentos desenvolvidos 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 mínimas 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, p. 57-58).

Outro ponto equivocadamente adotado é a recuperação da aprendizagem adotada em muitas escolas, que nada mais é do que um novo teste, exame ou prova sobre os conteúdos já trabalhados em sala de aula. Ou seja, após a prova bimestral, se o aluno não obtém nota suficiente para alcançar a média que, segundo o sistema escolar de muitas escolas, retrata o aprendizado do discente naquela disciplina ministrada pelo professor, ele é novamente submetido aos mesmos conteúdos. Isso ocorre mesmo quando o professor não revisa e ministra a mesma aula dada anteriormente, apenas para realizar mais uma prova sobre o mesmo assunto. Se o aluno não aprendeu com essa mesma aula ou metodologia anteriormente, o que garante que ele aprenderá repetindo a mesma metodologia? Dito isso, se a nota de recuperação do aluno for maior que a da prova bimestral, aquela substitui esta. Se a nota do discente for menor que a da prova bimestral, fica valendo a maior nota, no caso, a da prova bimestral. Por outro lado, Hadji (2001, p. 66-67) expressa que:

A avaliação no sentido estrito 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.

A avaliação de recuperação da aprendizagem do aluno deve ser percebida e concebida paralelamente ao desenvolvimento das aulas, com o uso da avaliação diagnóstica. Essa avaliação, através das atividades, problemas propostos e desafios, permite identificar as dificuldades do discente em relação ao conteúdo trabalhado naquele momento. Com tempo hábil, é possível recuperar a aprendizagem do aluno utilizando a avaliação formativa, aproveitando-se dos erros para conduzi-lo à construção do conhecimento, pois os erros são oportunidades 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 entender por que errou, onde errou e qual a solução para seu erro. Como defende Macedo (1994, p. 77),

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.

Dessa forma, o aluno evolui na busca pelo conhecimento e no pensar de forma autônoma para alcançar o mínimo de entendimento 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 (2009, p. 24).

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.

Ao se propor uma experiência prática de Física para o aluno ou para um grupo de alunos, esta deve conter todos os passos a serem seguidos, ou seja, o manual instrucional da experiência prática. Por mais que o professor tenha ministrado a aula sobre o assunto, questionado e feito exemplos, o aluno poderá errar na hora de preparar a experimentação e ao fazer os cálculos. Isso é natural dentro do processo de aprendizagem. Porém, o erro deve ser visto como uma oportunidade de aprendizagem, motivação, questionamento e provocação, permitindo evoluir na busca do conhecimento. O importante é não deixar o educando desistir diante de uma dificuldade ou barreira, até mesmo porque em sua vida sempre haverá problemas e

obstáculos a serem ultrapassados. 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, a medida que levam à autocorreção, à tomada de consciência, às 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).

Para fazer um bolo, uma pessoa deve conhecer bem a receita (teoria), mas isso não significa que saiba realmente fazer o bolo (prática). Para fazê-lo, é necessário saber o ponto da mistura da massa com seus ingredientes, a temperatura correta do forno e o tempo exato que o bolo deve permanecer no forno. Mesmo assim, até conseguir fazer um excelente bolo, haverá erros, como queimar ou solar, até acertar o ponto em que o resultado seja aceitável, bom ou excelente. Essa analogia significa que o professor pode aprender muito sobre avaliação, mas é na prática do cotidiano educacional que o resultado será moldado, lapidado e aprimorado. Villas Boas (2008, p. 24) propõe que “[...] 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”. No entanto, o importante é não desistir da avaliação da aprendizagem, mas sim, desistir da verificação da aprendizagem, mesmo que o sistema de ensino, colegas de profissão, pedagogos, coordenadores e pais de alunos sejam contra essa luta árdua que espera aqueles que querem mudar o ensino e usar a avaliação como mecanismo subsidiador da aprendizagem de seus alunos. Atualmente, o que se tem é um equívoco, conforme afirma Luckesi (2011, p. 36).

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.

A avaliação passa por um processo mais elaborado e resulta de uma reflexão aprofundada dentro do ensino institucional. O ambiente escolar precisa ser constantemente avaliado para discutir os acertos e erros decorrentes de uma prática pedagógica, visando à obtenção do sucesso escolar. Se outrora o educando era o único a ser avaliado, ocorria um erro no sistema educacional, pois, quando se avalia um aluno ou uma turma de alunos e não se obtém sucesso, algo está errado. Assim, a maneira de pensar e refletir sobre a avaliação também está errada. Para 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 também a prática pedagógica escolar, diagnosticando os erros e redirecionando a prática pedagógica para obter sucesso no processo de ensino e aprendizagem como um todo. Dessa forma, a avaliação se torna um processo contínuo dentro do sistema educacional. Portanto, o professor deixa de ser "o dono da verdade" e passa a ser um reflexo de uma instituição que pensa a avaliação dentro da prática pedagógica. Corroborando com Hoffmann, quando diz:

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).

A avaliação envolve a reflexão sobre uma realidade específica com base em dados e informações. Emitir um julgamento nesse contexto implica tomar decisões informadas. Por outro lado, medir significa simplesmente descrever a realidade ao obter dados e informações sobre ela. Nesse sentido, provas e exames não representam o modelo mais eficaz de avaliação; na verdade, eles constituem uma verificação de aprendizagem que pode ser excludente e classificatória para aqueles que são aprovados ou reprovados de acordo com os resultados dos exames. Infelizmente, essa prática escolar é comum, conforme afirmado por 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 classifica-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 ressaltar que a reflexão sobre a realidade não deve se limitar apenas ao aspecto cognitivo, mas também envolver o diagnóstico e a implementação de ações impactantes dentro do sistema educacional, visando aprimorar o ensino e a aprendizagem dos alunos. O modelo tradicional de avaliação, que conforme Fonseca (2015, p. 81), é “[...] identificado com princípios quantitativos, em que a função da avaliação está relacionada à classificação dos alunos, visando sua aprovação ou reprovação ao término de um período letivo”, é considerado excludente.

É importante destacar que este trabalho não propõe a eliminação do uso de testes, provas escritas ou outros métodos avaliativos que os professores utilizam em seu trabalho escolar. Esses métodos são considerados como mecanismos para avaliar a aprendizagem. No entanto, a proposta é que eles não sejam os únicos métodos utilizados para avaliação. Eles devem ser empregados principalmente para diagnosticar o aprendizado, não como um ponto final, mas como parte do processo contínuo de desenvolvimento educacional dos alunos ao longo do bimestre, semestre ou ano letivo.

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 digitais como estratégia de avaliação se torna relevante como método didático, pois o game é um recurso integrado ao cotidiano dos alunos, que já possuem familiaridade com seus comandos e estratégias (CHEE, 2016; WARREN, 2017). Cabe ao professor pesquisar a melhor forma de implementar esses jogos para avaliar o aprendizado dos alunos na disciplina ministrada (GROS, 2003). Como os games proporcionam diversão no dia a dia dos alunos, essa ludicidade pode ser uma estratégia eficaz para engajá-los ativamente no processo de aprendizagem. Além disso, o jogo estimula os alunos a buscarem conhecimento sobre os conteúdos da disciplina

para progredir nas etapas, seja através das aulas, da internet, de livros didáticos ou outras fontes (GROS, 2003).

Assim, o aluno se torna um agente ativo no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Física. Nesse contexto, o próximo capítulo abordará as diferenças entre gamificação, jogos sérios e jogos educacionais, focando no uso dos jogos eletrônicos como meio de motivar e engajar os alunos na disciplina de Física, substituindo a avaliação cumulativa convencional por um game educacional para aumentar o sucesso dos estudantes.

3.1 Os jogos sérios e educacionais

Os jogos eletrônicos são considerados uma das formas eficazes de aprendizagem, com potencial direcionado para as disciplinas ensinadas nas escolas (GROS, 2003; GEE, 2007; 2013). Atualmente, os jogos digitais são classificados em jogos de entretenimento, jogos sérios (*serious games*) e jogos educacionais (GEE, 2013; CHEE, 2016; DÖRNER *et al.*, 2016). Segundo Dörner *et al.* (2016, p. 7), "um jogo de entretenimento é um jogo digital que tem exclusivamente como objetivo entreter o jogador". Outro termo frequentemente utilizado por desenvolvedores de jogos e por aqueles que os utilizam em sala de aula, sejam eles jogos digitais, eletrônicos ou de outro tipo, é a gamificação. De acordo com Dörner *et al.* (2016, p. 7), "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 fornecem suporte para potenciais aplicações educacionais, como explicado por Kapp.

O uso de jogos sérios é considerado uma forma de gamificação porque são um subconjunto específico do metaconceito de gamificação. A gamificação engloba a ideia de adicionar elementos de jogos, pensamento de jogos e mecânica de jogos ao conteúdo de aprendizagem. O objetivo da gamificação é utilizar o conteúdo que normalmente é apresentado em uma aula ou um curso de aprendizagem virtual e adicionar elementos baseados em jogos (história, desafio, feedback, recompensas etc.) e criar uma oportunidade de aprendizagem gamificada, seja na forma de um jogo educacional completo, na forma de elementos de jogos sobre tarefas normais, como exercício de corrida, ou na forma de uma experiência envolvente em sala de aula em que os alunos participam de um desafio baseado em histórias para dominar o conteúdo apresentado (KAPP, 2012, p. 18, tradução nossa).

Com base no exposto, os jogos educacionais, também conhecidos como jogos educativos ou de aprendizagem, são definidos como um subconjunto de jogos sérios que utilizam a gamificação com o objetivo de ensinar conteúdos específicos ou diversos. Isso depende do jogo desenvolvido e de como a sala de aula é integrada a

um ambiente lúdico para alcançar eficiência no ensino e aprendizagem dos alunos. De acordo com Chee (2016), o sucesso dos jogos educacionais como ferramenta pedagógica depende do engajamento tanto dos professores quanto dos alunos. Para o autor:

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 se torne eficaz para o aprendizado (CHEE, 2016, p. 4, tradução nossa).

Para que um jogo educacional seja incluído no currículo escolar, é fundamental que ele esteja alinhado aos conteúdos estudados em sala de aula. Caso contrário, ele corre o risco de se tornar apenas mais um jogo de entretenimento, não cumprindo sua função como ferramenta educacional adequada para o ambiente escolar. Embora possa ser divertido e engajar os alunos, especialmente por ser um jogo digital, se não estiver alinhado com o planejamento do professor ou com o currículo escolar, será visto apenas como um brinquedo.

De acordo com Chee (2016), no contexto do jogo educacional, os alunos precisam identificar, enquadrar e resolver problemas que envolvem atividades complexas, simulando situações realistas que requerem tomada de decisão e ações. Isso inclui elementos de gamificação, uma vez que o jogo educacional é um subconjunto do jogo sério, o qual incorpora a gamificação em seu ambiente.

Segundo Kapp (2012), a gamificação envolve o uso de mecânicas de jogo, estética e pensamento de jogo para engajar pessoas, motivar ações, facilitar a aprendizagem e resolver problemas. O jogo desenvolvido para este projeto exemplifica um jogo educacional, pois utiliza um ambiente de jogo sério para explorar problemas relacionados aos conteúdos de Física, situando-se em cenários realistas do cotidiano educacional dos alunos (KAPP; BLAIR; MESCH, 2014; CHEE, 2016).

Além disso, o jogo emprega a estratégia lúdica do ambiente de game para motivar e envolver os alunos no processo de aprendizagem dos conteúdos disciplinares. Ele é utilizado para avaliar o aprendizado dos alunos por meio da resolução de problemas conceituais e subjetivos encontrados no jogo, substituindo avaliações somativas ou cumulativas (HADJI, 2001; KAPP, 2012; KAPP; BLAIR; MESCH, 2014).

Como discutido anteriormente, a avaliação é um mecanismo essencial que subsidia o aprendizado e está disponível para que o educador utilize dentro do processo avaliativo. Cabe ao professor enfatizar um modelo que esteja alinhado com sua abordagem de avaliação adotada, adequando-o a um projeto pedagógico dinâmico que visa transformar a realidade educacional. Isso ocorre porque as três funções da avaliação - diagnóstica, formativa e somativa - são interdependentes, ou seja, uma

complementa a outra. Conforme Otaviano, Silva e Lima (2017, p. 294), "para compreender a avaliação, é fundamental identificar os tipos possíveis de avaliação, os métodos que podem ser empregados e qual tipo de avaliação é mais apropriado para auxiliar o aluno a melhorar seu desempenho intelectual".

É crucial que o professor não se restrinja a um modelo de avaliação baseado apenas em testes escritos e atribuição de notas ao aluno, como se este fosse um objeto desprovido de sentimentos, valores e cidadania. O processo educativo demanda que o educador busque constantemente mudanças nos paradigmas da educação, tanto no ensino quanto na avaliação. Em concordância com Hoffmann (2014, p. 17), "um professor que não avalia continuamente a prática educativa, no sentido de questionar e investigar, estabelece sua docência em verdades absolutas, pré-definidas e terminais". O professor pesquisador adquire conhecimento prévio suficiente para responder às perguntas dos alunos, e o ato de questionar é uma forma de avaliação contínua, pois indica que o aluno está genuinamente buscando compreender os temas discutidos em sala de aula.

Quando o professor lança um questionamento à turma durante as aulas e os alunos respondem com propriedade, isso significa que o conteúdo foi compreendido e internalizado de maneira eficaz. Para Barros Filho e da Silva (2002, p. 29),

[...] 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.

Neste ponto, o professor está avaliando a aprendizagem dos alunos de forma contínua. Assim, 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 proposta neste trabalho está alinhada com a avaliação discutida pelos autores Perrenold (1999), Luckesi (2011) e Hoffmann (2009; 2014), entre outros, pois o jogo educacional é uma estratégia eficaz para aproximar o aluno dos conteúdos da disciplina de Física. Além de ser desenvolvido em uma plataforma utilizada por muitos jogos dos alunos, a maneira como foi criado orienta os alunos a buscarem conhecimento em aulas, livros, internet e outras fontes literárias sobre os temas abordados. Segundo Hadji (2001, p. 15), "aqueles que defendem a necessidade de uma avaliação formativa afirmam a relevância do princípio de que uma prática - avaliação - deve servir de auxílio para outra - aprendizagem".

Como as fases contêm perguntas alinhadas com os conteúdos vistos ao longo dos bimestres, seguindo uma sequência lógica e didática comum na maioria das

escolas, há uma facilidade na avaliação da aprendizagem dos alunos e, conseqüentemente, um novo mecanismo de avaliação para apoiar o aprendizado em Física, especialmente nos conteúdos de Dinâmica.

O jogo proposto é composto por cinco fases, cada uma com quinze perguntas teóricas e sete de cálculo sobre dinâmica, abordando tópicos como as leis de Newton e suas aplicações, impulso, momento, colisões, trabalho e energia. Assim, ao finalizar os conteúdos ensinados sobre os conhecimentos que envolvem as leis de Newton, por exemplo, os alunos podem ser submetidos ao jogo para diagnosticar seu desenvolvimento de conhecimento nos assuntos abordados.

A avaliação realizada com o jogo desenvolvido pode ocorrer da seguinte forma: o professor estabelece um mínimo de conhecimento que os alunos devem alcançar para avançar para o próximo tópico. Se os alunos passarem pela primeira fase, respondendo corretamente a pelo menos dez das quinze questões teóricas e uma ou duas das sete questões de cálculo, isso demonstrará que adquiriram conhecimento suficiente sobre os conteúdos abordados nas aulas. Em resumo, os alunos alcançarão um aprendizado significativo dentro dos critérios estabelecidos pelo professor para cada conteúdo.

Isso não impede que os alunos aumentem suas notas no jogo. Foi estabelecida uma proporção em que acertar dez ou mais questões teóricas garante uma nota mínima de seis, sendo necessário acertar mais questões de cálculo para obter a nota máxima, já que cada questão de cálculo vale um ponto. No entanto, se conseguirem acertar todas as sete questões de cálculo propostas por fase do jogo, alcançarão sete pontos, precisando de mais cinco acertos nas questões teóricas para obter a nota máxima. Assim, tanto os alunos que se destacam nos conceitos quanto aqueles que se destacam nos cálculos não serão prejudicados pela avaliação no jogo.

No entanto, para aqueles que não conseguirem atingir a pontuação mínima na fase do jogo, conseqüentemente não alcançando o conhecimento mínimo estipulado pelo professor, poderão recomeçar a fase e tentar aumentar seus pontos. Se um aluno acertar, por exemplo, cinco questões teóricas e uma de cálculo, sua nota será quatro. Ao reiniciar a fase, o aluno pode tentar responder todas as dez questões teóricas; se responder corretamente a todas, além da questão de cálculo anterior, sua nota subirá para sete, que é o mínimo estipulado. Se desejar, o aluno pode responder mais questões de cálculo para aumentar ainda mais sua nota. Isso é viável porque o jogo apresenta aleatoriedade nas perguntas teóricas, ou seja, elas não serão as mesmas da tentativa anterior na avaliação. No entanto, as questões de cálculo manterão seus resultados registrados na fase e o aluno não precisará refazer os cálculos.

A maior parte da avaliação se concentra no conhecimento teórico da Física, pois compreender os fenômenos e os conceitos dessa disciplina é crucial para a aprendizagem e avaliação do aluno, embora a modelagem matemática também seja uma parte importante da avaliação. Se o aluno consegue resolver os problemas de

cálculo propostos, significa que identificou e compreendeu a teoria por trás do fenômeno físico abordado na avaliação de aprendizagem.

Outro aspecto positivo do jogo é que, mesmo que o aluno avance de fase, reinicie o jogo ou a fase específica, as perguntas não serão repetidas. Isso ocorre porque para cada ponto de pergunta onde estão os "Guardiões de Energia" (personagens do jogo que fazem perguntas teóricas ao jogador), há um banco aleatório de três questões diferentes. Assim, em uma única fase, que consiste em quinze pontos de perguntas teóricas, o jogo apresentará 45 questões conceituais disponíveis aleatoriamente por fase, totalizando 225 questões conceituais disponíveis ao longo das cinco fases do jogo.

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 pode corresponder a avaliação de recuperação da primeira fase. Depois que o problema da aprendizagem na primeira fase já tenha sido diagnosticado e recuperado com o uso de atividades diversificadas, pois o aluno pode aprender com seus erros e, conseqüentemente, melhorar sua aprendizagem (HOFFMANN, 2009). Assim, todos têm 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 que 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, pois direciona a atenção do educando para o ensino dos conteúdos de física em sala de aula. 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.

Assim, 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 lembrar sucintamente que o ato de examinar se caracteriza, especialmente (ainda que tenha outras características) pela **classificação** e **seletividade** do educando, enquanto 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 (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, diagnosticar o conhecimento de Física dos discentes e recuperá-los nos pontos em que não obtiveram êxito, tudo de forma prazerosa e satisfatória tanto para o aluno quanto para o professor.

Mais

No próximo capítulo, será apresentado o passo a passo da utilização do jogo para avaliar o desenvolvimento dos alunos em relação aos conteúdos de Dinâmica. Para isso, será detalhada a interface do jogo, as torres e os conteúdos avaliados em cada uma durante o jogo, os procedimentos para manter o aluno engajado até o final da avaliação, como utilizar as dicas do jogo para lembrar o que foi ensinado em aula e, se necessário, como retornar ao início da fase para obter um melhor aproveitamento na avaliação do aluno e melhorar sua pontuação.

4 O GAME ZEEMAN

Ao iniciar o jogo, a tela da **Figura 3** é exibida, apresentando as opções de "Novo Jogo", "Continuar" e "Opções". A opção "Novo Jogo" é autoexplicativa, indicando que o aluno começará um jogo novo. Optando por "Continuar", o jogador retorna ao início da fase para recomençar a avaliação, porém as perguntas conceituais são automaticamente modificadas, ou seja, não serão as mesmas do início do jogo. Escolhendo "Opções", o jogador pode ajustar o som do jogo e dos ataques, aumentando, diminuindo ou desativando-os.

Figura 3 - Tela inicial do game Zeeman.

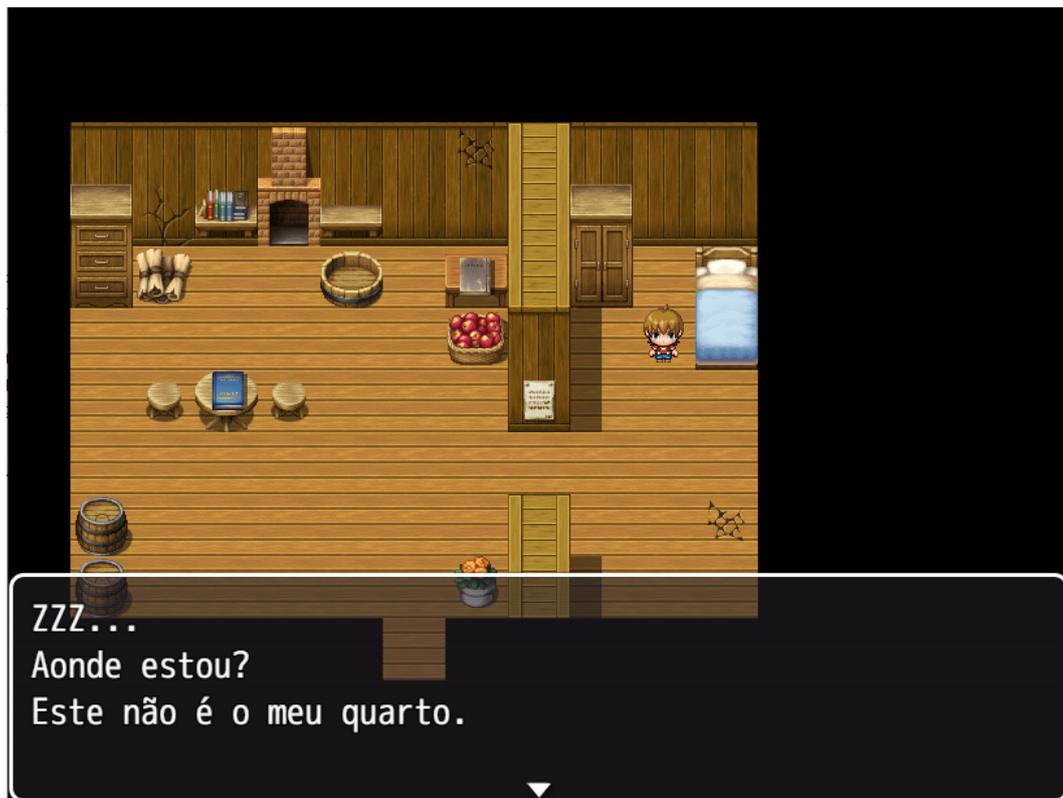


Fonte: Desenvolvido na plataforma STEAM: RPG Maker MV, 2015.

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 ele pode conter respostas para suas perguntas sobre suas pesquisas que podem levá-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 4**.

Figura 4 - Chegada do herói Niels no planeta Zeeman.



Fonte: Desenvolvido na plataforma STEAM: RPG Maker MV, 2015.

Quando Niels chega a uma cidade do planeta Zeeman, percebe que aquele planeta se parece muito com a Terra, porém em uma época que se assemelha mais ao período medieval. Então, ele parte em busca de pistas que o levem ao seu pai e, ao se aproximar de uma senhora que está estendendo roupas em um varal, inicia um diálogo. Nessa conversa, a senhora explica para Niels o fenômeno físico responsável pela secagem das roupas quando expostas à luz solar, e na continuação do diálogo a personagem explica como as roupas secam com a ação do vento., conforme ilustra **Figura 5**.

Esses diálogos podem ser vistos como uma oportunidade de discutir outros fenômenos físicos que, necessariamente, não sejam 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 5 - Diálogo entre o herói e um habitante do planeta Zeeman.



Fonte: Desenvolvido na plataforma STEAM: RPG Maker MV, 2015.

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 dialogar com personagens fixos do jogo e não apenas com pessoas, mas também com os baús nos locais de avaliação. Nestes diálogos, pode ocorrer uma discussão para explicar algum fenômeno físico, por exemplo. Com base nessa possibilidade de diálogo entre os personagens, surge a

oportunidade de um jogo de perguntas e respostas sobre os conteúdos trabalhados em sala de aula neste estudo.

Ao chegar no planeta Zeeman, o herói Niels, que representa o aluno ou jogador, tem a opção de ser transportado diretamente para o local onde ocorrerá a avaliação da aprendizagem dos conteúdos de dinâmica, **Figura 6**.

Figura 6 - Teletransporte do herói Niels direto para uma das avaliações.

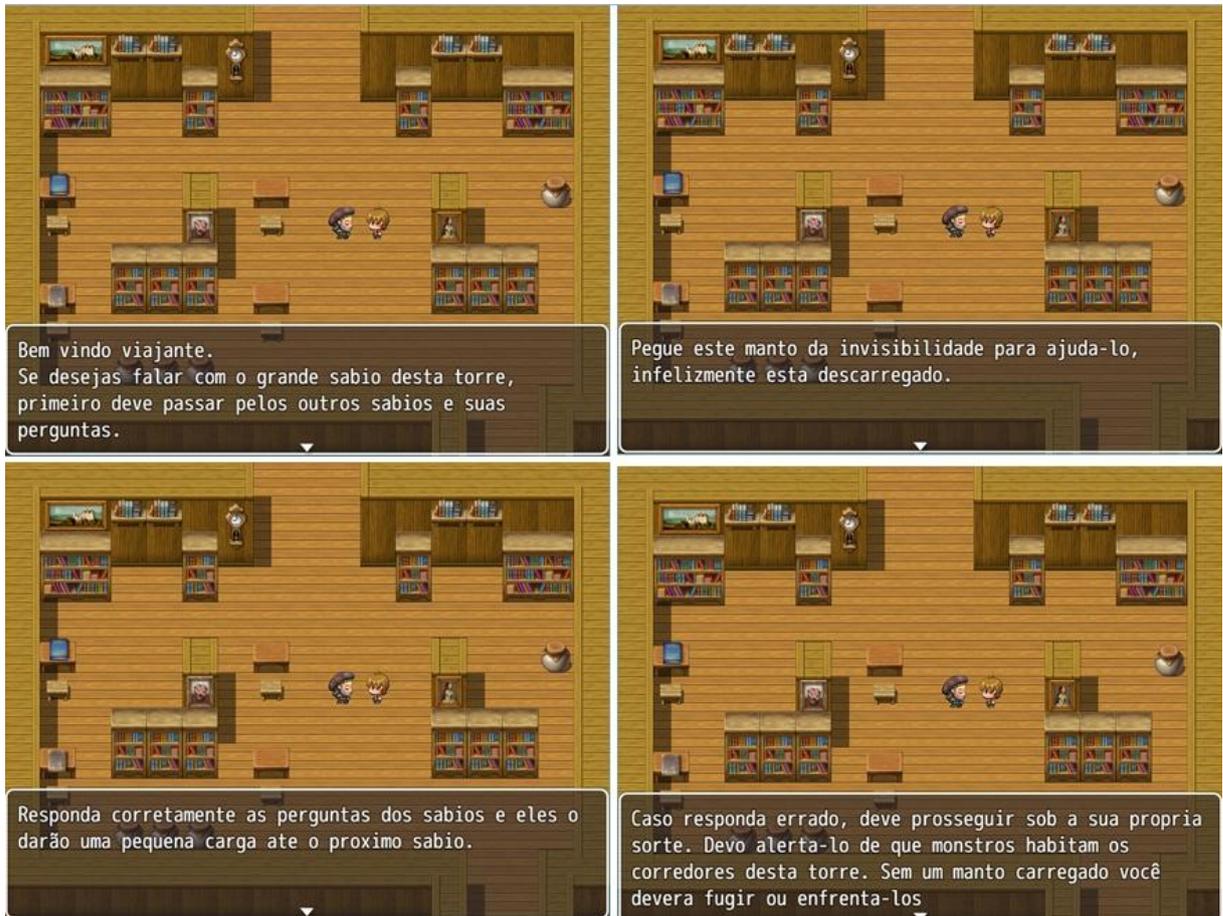


Fonte: Desenvolvido na plataforma STEAM: RPG Maker MV, 2015.

Dentre as opções, encontram-se as cinco torres correspondentes às avaliações da aprendizagem dos conteúdos de dinâmica ministrados em sala de aula, distribuídas da seguinte forma: Torre 1 corresponde à 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 corresponde à avaliação final. Ou seja, se o discente não obtiver êxito nas demais avaliações, será submetido à quinta fase do game, composta por todos os conteúdos das três avaliações anteriores.

Ao encontrar o Velho Sábio, Niels é orientado a, antes de prosseguir em busca de seu pai, testar seus conhecimentos adquiridos nos conteúdos de dinâmica com os Guardiões de Energia (ver **Figura 7**). 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 guardam o lugar onde estão os Guardiões.

Figura 7 - Orientações do velho Sábio para Niels.



Fonte: Desenvolvido na plataforma STEAM: RPG Maker MV, 2015.

O manto da invisibilidade é uma estratégia para manter o aluno engajado no jogo, permitindo que sua avaliação seja concluída. No entanto, o manto só tornará Niels invisível até que ele consiga chegar ao próximo Guardião. Nestes encontros, serão feitas perguntas teóricas sobre Dinâmica. Na **Figura 7**, mostra-se um dos diálogos que podem ser encontrados no jogo. Sempre que o jogador chegar ao Guardião de Energia, é apresentado o número do Guardião, indicando se é o primeiro, segundo, ..., ou décimo quinto. Isso permite que o aluno saiba em qual pergunta teórica ele se encontra, já que são disponibilizadas quinze perguntas teóricas distribuídas em cada uma das fases do jogo. Cada ponto de pergunta teórica (onde se encontram os Guardiões de Energia que farão as perguntas) possui uma aleatoriedade de três perguntas. Para avançar de fase, o jogador terá que responder apenas dez das quinze perguntas disponíveis.

Na **Figura 8**, observa-se uma pequena grade (porta) fechada, que só é aberta depois que o jogador responde à pergunta do Guardião. Essa porta indica o caminho

para o próximo Guardião, facilitando para que o aluno perceba a rota a seguir no jogo. Outro indicador do caminho correto no jogo é a mensagem “Muito bem” proferida pelo Guardião cuja pergunta já foi respondida.

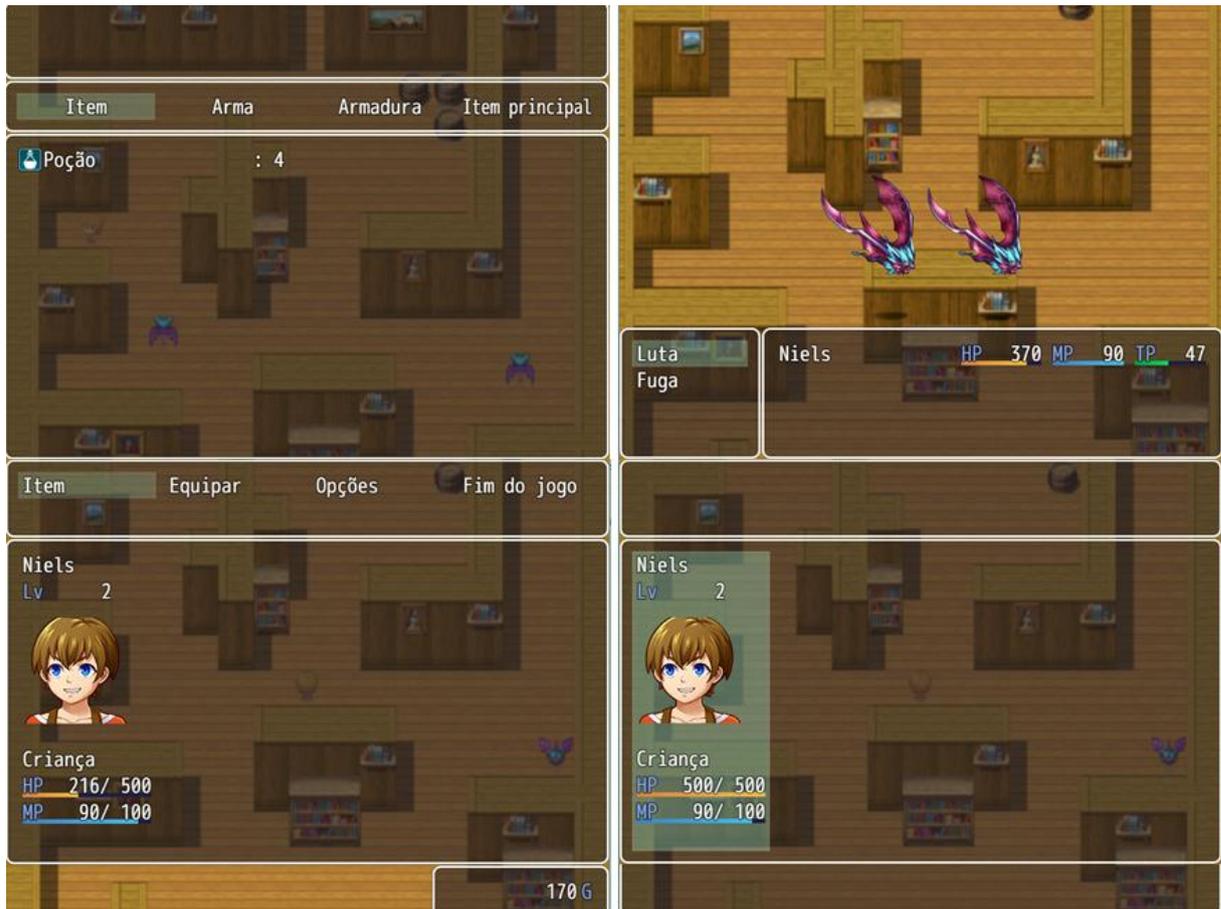
Figura 8 - Encontro do herói com o primeiro Sábio Guardião de Energia.



Fonte: Desenvolvido na plataforma STEAM: RPG Maker MV, 2015.

Ao responder à pergunta teórica corretamente, como mostra a **Figura 8**, o jogador poderá optar pela "invisibilidade", que lhe garantirá chegar até o próximo guardião sem ser atacado pelos monstros que guarnecem o local, ou optar pela "poção de cura", que restaurará seu "life", caso o herói tenha lutado e se ferido na batalha. Uma estratégia é optar pela invisibilidade, pois sempre haverá poções de cura espalhadas pela fase do jogo. Essas poções podem ser guardadas como "item" pelo jogador para serem usadas sempre que precisar curar seus ferimentos após uma batalha. A **Figura 9** representa uma simulação da invisibilidade do herói após ter tomado uma poção de cura.

Figura 9 - Estratégia do uso da porção de cura para se manter invisível no jogo.



Fonte: Desenvolvido na plataforma STEAM: RPG Maker MV, 2015.

Na **Figura 9**, observa-se que durante o jogo foram guardadas quatro porções 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, mas seu HP, que era de 500, cai para 216. Ao usar uma das quatro porções que tinha antes da batalha, seu HP volta a ser 500. Com essa estratégia de estocar porções de cura, o aluno permanecerá no jogo e as batalhas serão apenas uma diversão à parte, ou seja, o discente conseguirá terminar sua avaliação da aprendizagem com o uso do game.

Além das poções de cura, a **Figura 10** mostra que também estão espalhadas pelo jogo armaduras, sabres de luz e escudos. As armaduras se diferenciam pelo tipo de material, cada um proporcionando uma proteção escalonada para o herói durante as lutas: cobre, bronze, ferro, prata, ouro e adamantium. Isso pode ajudar o aluno a permanecer por mais tempo na avaliação caso ele erre uma questão teórica, já que não terá a opção do manto da invisibilidade e será perseguido pelos monstros. Nesse caso, durante as lutas, os golpes do monstro não causarão muitos danos ao herói com a

armadura e escudo, além de fortalecerem os golpes do herói para derrotar o monstro com mais facilidade.

Figura 10 - Estratégia do uso de armaduras, espadas e escudos para se manter no jogo.



Fonte: Desenvolvido na plataforma STEAM: RPG Maker MV, 2015.

Como o intuito desse projeto é substituir a avaliação convencional pela avaliação com o uso do game Zeeman, não poderia faltar no jogo as questões de cálculo, mesmo que a ênfase seja na aquisição do conhecimento teórico da Física conceitual. Na **Figura 11**, temos um exemplo de como são feitas as perguntas que requerem um pouco de conhecimento matemático e uma interpretação conceitual para suas soluções no game.

Além de existirem 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. Assim, foi proposto que, para abrir o baú, o jogador tem que inserir um código ou senha. Esse código é exatamente o número que corresponde à 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 ajudá-lo a resolver as próximas perguntas, 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 gamificação¹. Além das dicas nos baús, existem no game vários pergaminhos espalhados que também presenteiam o aluno com bônus em forma de explicações rápidas sobre Dinâmica.

Figura 11 - Pergunta de cálculo e a solução como código para abriu o baú.



Fonte: Desenvolvido na plataforma STEAM: RPG Maker MV, 2015.

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 (ver **Figura 12**).

¹ 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).

Figura 12 - Utilização do teclado do game para resultados decimais.



Fonte: Desenvolvido na plataforma STEAM: RPG Maker MV, 2015.

No quarto quadrinho da **Figura 12**, temos mais um exemplo de gamificação no jogo. 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 de que durante a avaliação, o professor pode fornecer informações, quando requisitadas pelo aluno, que direcionem o discente ao pensamento correto para a solução dos problemas propostos. Isso não significa fornecer a resposta pronta ou a solução do problema, mas sim conduzir o educando ao pensamento autônomo e ao raciocínio cognitivo das questões que se encontram no jogo. Nesse contexto, a avaliação proposta pelo jogo possui mais um ponto que o diferencia da avaliação convencional, além da ludicidade natural dos jogos.

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 jogo. 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 13**.

Figura 13 - Finalização da fase com o resultado da avaliação do aluno.



Fonte: Desenvolvido na plataforma STEAM: RPG Maker MV, 2015.

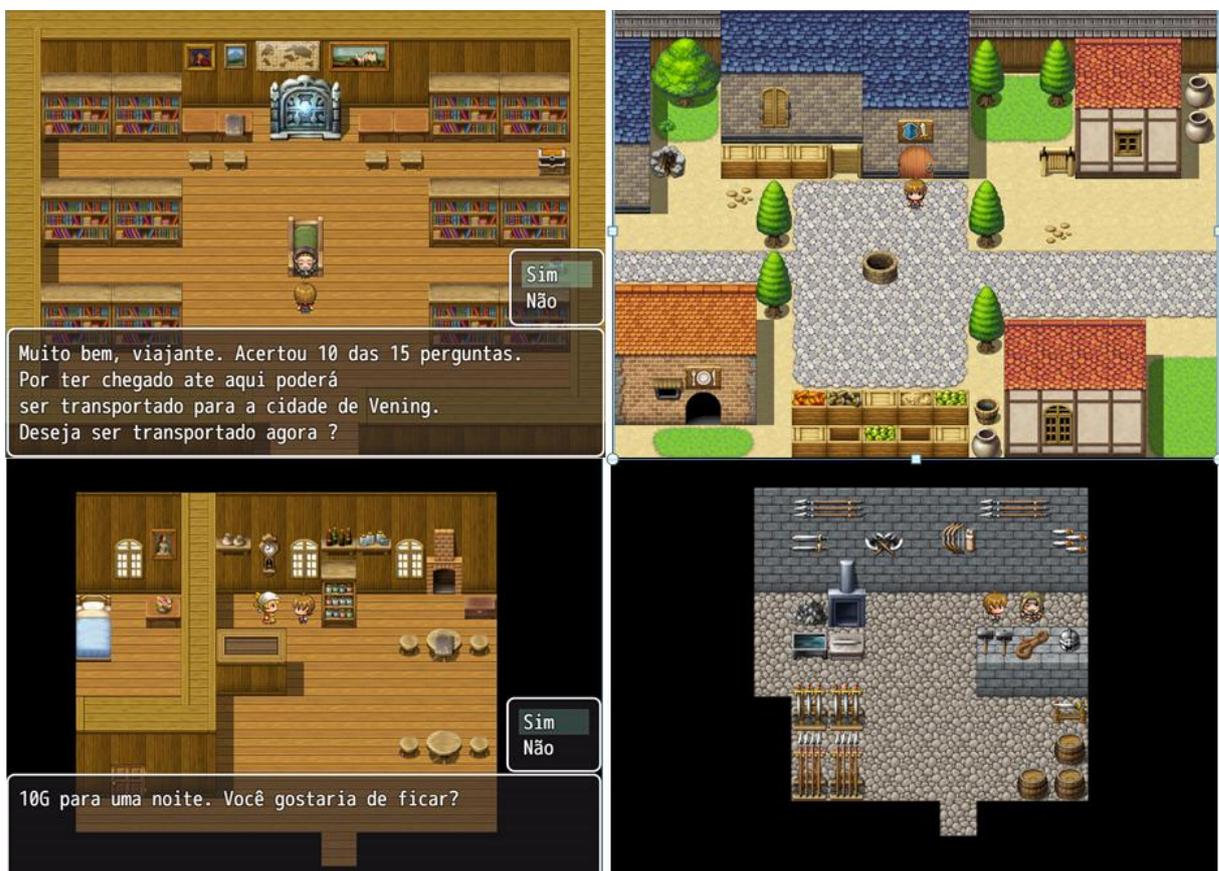
Depois de alcançar os dez acertos, o próximo guardião perguntará se Niels quer falar com o Mestre dos Guardiões. Se ele responder "Sim", Niels será enviado para o Mestre, representado pelo Sábio Guardião de número 12 (ver **Figura 13**). Apesar de este guardião mencionar que Niels tem que responder a uma de suas perguntas, assim que o jogador apertar a tecla "Enter" ou clicar em "Mauser", aparecerá na tela a mensagem "Chame o professor". Observa-se nesta tela que é necessário inserir um código para prosseguir, o que impede o aluno de sair da tela sem que o professor analise sua nota.

4.2 A 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 13**, 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 neste trabalho, mas nada impede que cada professor crie seu próprio modelo ao utilizar este game-avaliação. 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. Por fim, 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. A **Figura 14** mostra possíveis cenários que podem ocorrer após a finalização de uma etapa do jogo.

Figura 14 - Chegada do herói na próxima cidade para descansar e comprar armas.



Fonte: Desenvolvido na plataforma STEAM: RPG Maker MV, 2015.

Se a resposta for "Não", o jogo 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 15**).

Ao optar por continuar, o aluno retornará ao início da avaliação correspondente à fase que encerrou. 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 para o próximo conteúdo a ser ministrado.

Figura 15 - Menu inicial do game com a opção de continuar a jogar.



Fonte: Desenvolvido na plataforma STEAM: RPG Maker MV, 2015.

Logo, são anotadas as pontuações dos baús e dos guardiões. Por exemplo, se o 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 houver tempo de avaliação, o educando poderá retornar ao início da fase e tentar as dez questões conceituais dos guardiões para aumentar sua pontuação 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. Os conteúdos foram divididos no game conforme a **Tabela 2**.

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

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Os conteúdos distribuídos no jogo estão alinhados com o que foi ensinado durante a aplicação do protótipo em sala de aula. Em outras palavras, a primeira fase corresponde à primeira avaliação, a segunda foi utilizada como recuperação da primeira, resultando na repetição dos conteúdos. A terceira fase corresponde à segunda avaliação, a quarta foi usada como terceira avaliação, e a quinta fase contribuiu para a recuperação final.

Nesse contexto, a avaliação da aprendizagem feita por este jogo educacional não será uma medida binária de aprovação ou reprovação, nem uma maneira de excluir o aluno. Pelo contrário, será um processo de aprendizagem e inclusão do aluno na busca pelo conhecimento. O foco da avaliação será o progresso do aluno, tornando a relação entre professor e aluno mais próxima e humana, e não baseada apenas em notas ou sistemas. Afinal, o aluno é o elemento central do processo de aprendizagem e o sistema de ensino existe para ele (LUCKESI, 2011).

A premissa de desenvolver um produto educacional para avaliar o aprendizado do aluno em relação aos conteúdos de Dinâmica, e de aproximar a busca pelo conhecimento de uma tecnologia familiar ao aluno, surgiu da compreensão de que a avaliação é um processo contínuo, não se limitando a uma média ou nota. É um mecanismo que apoia o ensino e a aprendizagem do aluno. Nessa perspectiva, o aluno não será rotulado como bom ou ruim, mas alcançará um conhecimento mínimo definido pelo professor para avançar para outros temas. Todos são capazes de aprender e entender os conteúdos de Física, conforme a teoria das inteligências múltiplas (GARDNER, 1994).

Vale ressaltar que a avaliação é realizada de forma diagnóstica, formativa e somativa. Após as aulas, os alunos podem ser submetidos ao jogo para avaliar seus pontos fortes e fracos em Dinâmica (diagnóstica). Uma vez identificados os pontos fracos, podem ser desenvolvidas atividades para melhorar o entendimento do aluno sobre o conteúdo (formativa). Por fim, após todo esse processo, os alunos podem ser submetidos novamente ao jogo para uma nova avaliação (somativa), concluindo o ciclo avaliativo e preparando os alunos para os próximos conteúdos. Dessa forma, não há exclusão ou seletividade, mas inclusão e um convite para que os alunos continuem sua jornada de aprendizado com autonomia e autoria.

4.3 Experiências na aplicação do game Zeeman

A primeira fase de avaliação do jogo foi aplicada após as aulas sobre as Leis de Newton e suas aplicações. Na **Figura 16**, é possível observar que aproximadamente 38% (14 alunos) obtiveram notas abaixo de 7,0. Após a aplicação da segunda fase do jogo (avaliação de recuperação), notou-se que a maioria dos alunos apresentou uma melhora razoável, embora alguns não tenham alcançado a nota mínima estipulada pela instituição de ensino, cerca de 16% dos participantes, conforme a **Figura 16**.

As avaliações da terceira e quarta fases do jogo, que compõem a segunda nota com a média aritmética das duas fases (terceira e quarta), abrangem os conteúdos de impulso, momento linear e colisões (terceira fase), além de trabalho, energia cinética, energia potencial e energia mecânica (quarta fase). Segundo os autores desta proposta, a organização e avaliação desses conteúdos proporcionam uma melhor construção do conhecimento em dinâmica, promovendo uma avaliação qualitativa, processual, inclusiva, democrática e interativa para o aluno (HADJI, 2001; CIASCA; SILVA; ARAÚJO, 2017).

Portanto, na primeira e segunda fase, enfatiza-se as Leis de Newton, focando nos conceitos e aplicações da força. Nesse contexto, não há razão para pular os conteúdos de impulso e momento linear, fundamentais para o entendimento das Leis de Newton e suas aplicações.

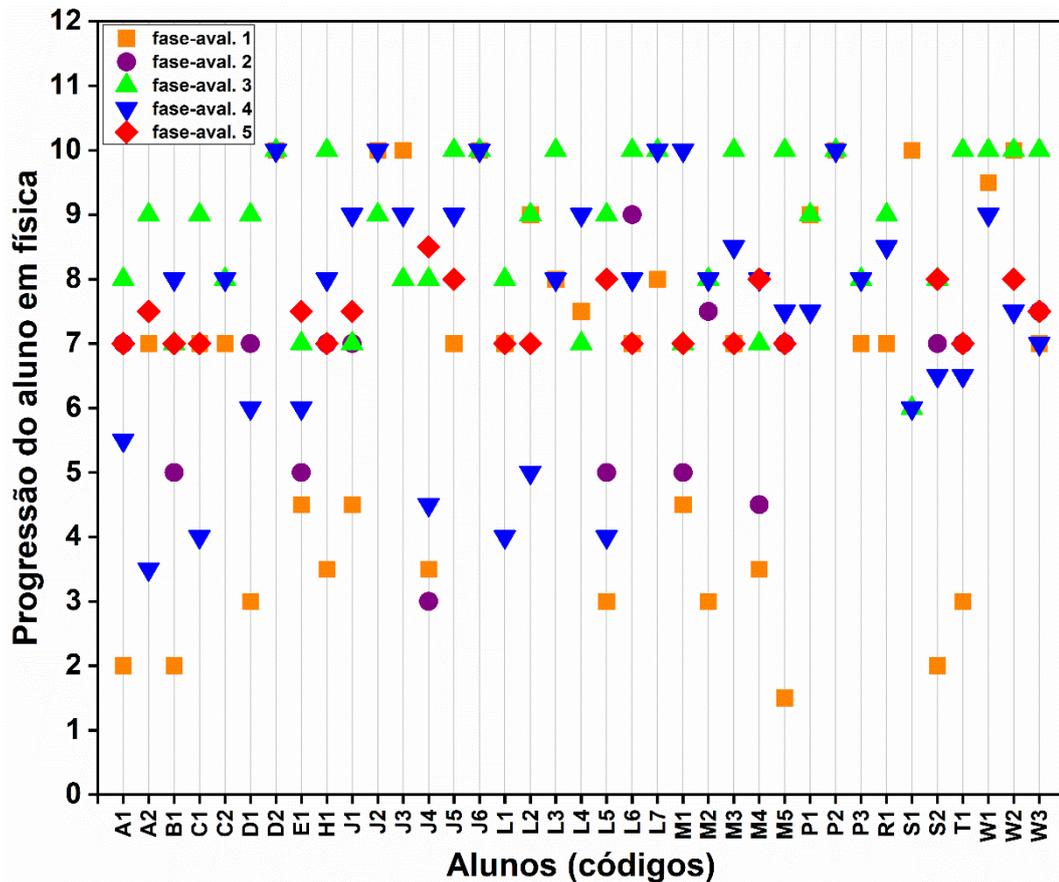
A **Figura 16** ilustra a evolução dos alunos nos conteúdos e nas avaliações realizadas nas fases do jogo Zeeman. Na primeira fase de avaliação (cor laranja), observa-se que 38% (14 alunos) obtiveram notas abaixo de 7 pontos. Destes, 6 não alcançaram a pontuação mínima na recuperação (cor roxa, segunda fase de avaliação), mas melhoraram suas notas em relação à primeira fase, com exceção do aluno J4. Na segunda fase de avaliação, destacam-se os alunos L6 e M2 por conseguirem notas acima da média na recuperação. O aluno L6, mesmo tendo obtido 7 pontos na primeira fase, optou por realizar a segunda fase para melhorar sua pontuação, possivelmente o que lhe permitiu um entendimento mais profundo dos conteúdos em comparação ao aluno M2, como indicado na **Figura 16**.

Na 3ª Fase de Avaliação (cor azul), representada na **Figura 16**, quase todos os alunos alcançaram uma pontuação igual ou superior à média estipulada (7 pontos), com exceção do aluno S1. Contudo, devido à sua boa pontuação na 1ª Fase de Avaliação, sua nota se alinhou com a média estabelecida pela instituição.

Na 4ª Fase de Avaliação (cor verde), houve uma queda de 32% (12 alunos) na pontuação dos estudantes, embora não tenha sido tão significativa em comparação com as pontuações da 1ª Fase de Avaliação (cor laranja). Esta diminuição nas notas pode ser mitigada pela implementação da 5ª Fase de Avaliação (cor vermelha),

disponibilizada para todos os alunos. Alguns optaram por não participar desta fase final de avaliação devido ao bom desempenho nas fases anteriores.

Figura 16 - Resultados das avaliações realizadas com as fases-avaliativas do game.



Fonte: Diários de turma do IFMA – Campus Bacabal, 2018.

Dentre todos os alunos, destacaram-se D2, J6 e P2 por alcançarem as maiores pontuações nas avaliações com o jogo Zeeman, ou seja, 10 pontos na fase-avaliação 1 e média de 10 pontos nas fases-avaliações 3 e 4. Em relação ao desempenho desses alunos, pode-se mencionar que J6 e P2 demonstraram um bom desenvolvimento lógico-matemático, fundamental para compreender os conteúdos de física. Por outro lado, D2 apresentou inicialmente um raciocínio lógico-matemático menos desenvolvido. Curiosamente, foi o aluno que mais questionou o professor durante e após as aulas, inclusive em horários extras. Isso motivou o professor a estabelecer um “plantão de dúvidas” sobre os conteúdos de física, realizado fora do horário normal de aulas, baseado nos resultados da primeira fase-avaliação. Assim, o ensino foi direcionado para as “afinidades cotidianas” dos alunos que frequentaram o “plantão de dúvidas”. Por exemplo, D2 tinha afinidade com esportes, então as atividades focaram na física aplicada aos esportes. Foram propostas situações como calcular o impulso aplicado a uma bola de futebol chutada por um jogador com uma certa força, explicar por que uma bola de pingue-pongue perde velocidade quando um jogador

remove um efeito aplicado com a raquete, e analisar a energia dissipada durante esse processo, considerando que a energia não é perdida, apenas transformada. Isso destaca que mesmo alunos com menos desenvolvimento lógico-matemático podem progredir com atividades contextualizadas, utilizando exemplos do cotidiano para aprender conteúdos dentro das práticas pedagógicas dos professores (GARDNER, 1994; ARMSTRONG, 2001).

Para avaliar a eficácia do jogo como alternativa à avaliação convencional, foi aplicado um questionário por meio de formulário eletrônico Google Docs, cujas respostas estão resumidas na **Figura 17**. Observou-se que 5,9% dos alunos que responderam consideraram o jogo “pouco divertido”, porém, preferiram essa forma de avaliação à avaliação convencional. Isso indica que não optaram por "preferir a avaliação convencional", uma das opções do questionário, sugerindo que a ludicidade da proposta teve um impacto positivo (ANTUNES, 1998; 2002). Acreditamos que essa escolha pelos alunos pode ser atribuída ao impacto psicológico reduzido que uma avaliação convencional pode ter, com a ludicidade do jogo ajudando a mitigar esse efeito nos estudantes (KAPP, 2012; AMORIM *et al.*, 2016; CHEE, 2016).

Figura 17 - Pergunta de satisfação sobre o game.

Você achou divertido realizar suas avaliações utilizando um game?



Fonte: Respostas dos alunos do IFMA – Campus Bacabal através do Google Docs, 2018.

Ao se utilizar um game para avaliar a aprendizagem do educando, deve-se questionar se ele representa uma inovação e uma experiência didática pedagógica que pode proporcionar algo diferente em relação a uma avaliação convencional ou aos processos de ensino e aprendizagem (CHEE, 2016). Com essa preocupação,

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, destacou-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”.

“É 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”.

“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”.

Cientes dessa forma de avaliação e sabendo que o aprendizado dos conteúdos em sala de aula serve como suporte para enfrentar os desafios propostos pelo jogo, os alunos tornaram-se mais participativos e interessados em compreender os conteúdos apresentados durante as aulas, o que destaca o engajamento. Com o diagnóstico da avaliação contínua realizada com o game Zeeman em substituição à avaliação convencional, observou-se um aumento no interesse dos alunos pelos conteúdos abordados na prática pedagógica deste trabalho.

5 MENSAGEM AO PROFESSOR

Prezado(a) Professor(a),

Este material instrucional destina-se ao uso em sala de aula com o objetivo de substituir a avaliação convencional por um jogo. Utilizar este protótipo para avaliação poupará horas de correção de provas escritas, aliviando parte das demandas da sua carreira como professor(a). Os resultados das avaliações são disponibilizados automaticamente após a conclusão de cada fase do jogo. No entanto, é importante que os alunos compreendam claramente a funcionalidade do jogo, assim como a relação entre o número de questões conceituais respondidas corretamente e a nota da avaliação, bem como a relação entre o desempenho nas questões subjetivas dos baús e a nota da avaliação. A descrição dessas relações neste material serve apenas como modelo; cada professor(a) pode estabelecer seus próprios parâmetros.

As questões, explicações dos pergaminhos e dicas dos baús utilizadas no jogo foram baseadas em livros didáticos contemporâneos que abordam os conteúdos de Dinâmica, escritos por autores renomados na literatura da Física para o Ensino Médio, como Ramalho, Nicolau e Toledo (2009), Kazuhito, Fuke e Shigekiyo (2012), Hewitt (2015) e Helou, Gualter e Newton (2016).

O *download* do jogo está disponível gratuitamente no repositório do **Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física**² pelo link: <https://drive.google.com/file/d/1KUAZsPvysGOo0K2g3VIQAs1Wq-gBVHos/view>. Utilize-o de forma proveitosa em sua sala de aula, pois foi desenvolvido para auxiliar no seu trabalho e introduzir mais uma ferramenta tecnológica que aproxima os alunos do conhecimento dos fenômenos explicados pela Física.

Atenciosamente, os autores.

²O Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física (SBF) é um programa de pós-graduação *stricto sensu* voltado para a formação de professores de Física que atuam na Educação Básica. Desenvolvido em parceria com diversas instituições de ensino superior do país, o MNPEF tem como objetivo principal a qualificação e atualização dos professores, promovendo a reflexão sobre práticas pedagógicas, metodologias de ensino e conteúdos específicos da área de Física. Por meio de uma abordagem interdisciplinar e investigativa, os participantes do programa têm a oportunidade de aprimorar sua formação acadêmica e contribuir para o aperfeiçoamento do ensino e aprendizagem da Física, visando assim a melhoria da qualidade da educação no Brasil.

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, T. **Inteligências múltiplas na sala de aula**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- ANTUNES, C. **AS INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS E SEUS ESTÍMULOS**. 8. ed. Campinas: Papirus, 2002.
- _____, C. **Jogos para a estimulação das múltiplas inteligências**. 16. ed. Petrópolis: Vozes, 1998.
- 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.
- BENTO, E. M. C. Uma nova visão da história da mecânica. **Revista de Ensino de Física**, v. 5, n.1, p. 45-70, 1983.
- 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, Y. S. **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.
- DÖRNER, R. *et al.* **Serious Games: Foundations, Concepts and Practice**. Germany: Springer, 2016.
- 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.
- FEYNMAN, R. P; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. Tradução Antônio José Roque da Silva; Sylvio Roberto Accioly Canuto. **Lições de física de Feynman** [recurso eletrônico]: Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- FONSECA, D. G.; MACHADO, R. B. (Org.). **Educação Física: (re)visitando a Didática**. Porto Alegre: Sulina, 2015.
- FONTES NETO, P. A. O uso de games educacionais como estratégia de avaliação da aprendizagem no ensino da dinâmica. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/CCET (Universidade

Federal do Maranhão). 2019. Acesso em: 25. abr., 2024, <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/2732>.

FONTES NETO, P. A. ; CARVALHO, E. F. V. Inteligências múltiplas, simulações e gamificação da avaliação: um estudo de caso no ensino de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, p. 466-490, 2022.

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

GARDNER, H. **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. **The anti-education era: Creating smarter students through digital learning**. New York, NY: Palgrave Macmillan, 2013.

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

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

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

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

HELOU, D. R.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. **Os Tópicos da Física**. v. 1, 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016, p. 401.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução: Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

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

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

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.

KAZUHITO, Y.; FUKU, L. F.; SHIGEKIYO, C. T. **Os Alicerces da Física**. 15. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

KNIGHT, R. **Física 1: uma abordagem estratégica** [recurso eletrônico]. Tradução Trieste Freire Ricci. 2. ed. Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2009.

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

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições**. 22ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

MACEDO, L. **Ensaaios 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.

OLIVEIRA, 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.

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

RAMALHO, J. F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. S. **Os Fundamentos da Física**. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009, p.513. V.1

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 ago. 2017.

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: Papirus, 2015.

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

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

ZANETIC, J. Dos “principia” da mecânica aos “principia” de newton. **Cad. Cat. Ens. Fís.** p. 23-35, 1988. V. 5. Número especial.

APÊNDICE: COMANDOS DO GAME ZEEMAN

Todos os comandos para jogar este game são fáceis de aprender, pois, além de utilizar poucas teclas, estas são de conhecimento comum para quem utiliza o teclado de computadores. Esse conjunto de teclas é usado para selecionar a fase desejada para iniciar, iniciar o jogo, controlar o herói durante o game, atacar durante as batalhas, responder às perguntas conceituais, inserir os códigos das perguntas subjetivas, aumentar a "vida" do herói durante ou após as lutas, e reiniciar a fase.

Segue abaixo a lista de comandos do jogo com suas funções e utilidades para o jogador:

- As teclas de **navegação** (cursor), Figura a, são utilizadas para direcionar o jogador na tela inicial, permitindo a escolha entre iniciar um novo jogo, continuar ou acessar opções. Após o início do jogo, elas são usadas para controlar o herói, podendo também ser realizadas com o mouse, e para selecionar a fase desejada. Além disso, são utilizadas para escolher as opções de resposta nas questões conceituais e inserir o código nas questões subjetivas.

- A tecla **Enter**, Figura b, serve para confirmar a seleção feita com as teclas de seta e para avançar nos diálogos e perguntas durante o jogo.

- A tecla **Esc**, Figura c, é utilizada para acessar os itens que o herói consegue pegar durante o jogo, como as poções de cura que aumentam sua "vida". Também é usada para retornar ao jogo após a seleção de um item.

- A tecla de **espaço**, Figura d, é utilizada para fazer o herói atacar os monstros guardiões.

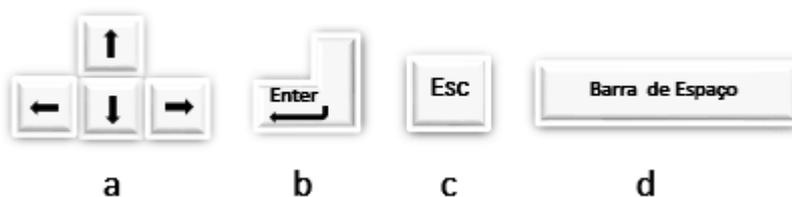


Figura a) Tecla para movimentar o herói e fazer escolhas no game; b) Tecla de confirmação de uma escolha no jogo; c) Tecla para retornar uma ação no game; d) Tecla de ataque. **Fonte:** autores (2019).

Os comandos do jogo são simples, garantindo uma boa jogabilidade e diversão para o aluno. Em questão de minutos, o professor poderá ensinar os comandos aos alunos, ou estes podem aprender a jogar e compreender como as avaliações são realizadas no jogo ao ler este produto educacional.

Realizado o Depósito legal na Biblioteca Nacional conforme a Lei nº 10.994, de 14 de dezembro de 2004.

TÍTULO	ZEEMAN: um game estratégico para a avaliação da aprendizagem em dinâmica
AUTORES	Pedro Alves Fontes Neto Edson Firmino Viana de Carvalho
ORGANIZAÇÃO	Edson Firmino Viana de Carvalho
PROJETO GRÁFICO E CAPA	Pedro Alves Fontes Neto
FIGURA DA CAPA	STEAM: RPG Maker MV
PÁGINAS	57
FORMATO	160 x 250 mm
TIPOGRAFIA	Book Antiqua CORPO ADLaM Display e Calibri TÍTULOS