

## **Inteligências múltiplas, simulações e gamificação da avaliação: um estudo de caso no ensino de física**

**Pedro Alves Fontes Neto<sup>1,2</sup> e Edson Firmino Viana de Carvalho<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal do Maranhão, Bacabal, Maranhão, Brasil. <sup>2</sup>Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil. E-mails: pedro.fontes@ifma.edu.br; edson.carvalho@ufma.br

**Resumo:** Os indivíduos possuem particularidades que os levam a uma forma específica de aprendizagem, e cada um organiza, de acordo com sua inteligência central, o processo cognitivo para resolver problemas. Nessa perspectiva, a aprendizagem da Física está relacionada ao desenvolvimento do raciocínio dedutivo, isto é, ao desenvolvimento da inteligência lógico-matemática, que é uma das inteligências múltiplas. Assim, foram propostas atividades pedagógicas diversificadas com o uso de tecnologias encontradas em plataformas com códigos livres que pudessem contribuir para o desenvolvimento da inteligência lógico-matemática dos educandos, e os conduzissem a uma aprendizagem dos conteúdos da Física. A metodologia da pesquisa foi qualitativa e quantitativa aplicada em estudo de caso direcionada a uma turma da 1ª Série do Ensino Médio do Instituto Federal do Maranhão - Campus Bacabal, cujo objetivo central foi o Ensino de Física, mais precisamente, da dinâmica newtoniana. Para isso, aplicou-se um teste online sobre as inteligências múltiplas, implementou-se atividades com a utilização de simulações computacionais para auxiliar o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático dos educandos e os submetemos a uma avaliação da aprendizagem com a utilização de um jogo sério desenvolvido especificamente para este trabalho. Os resultados apontam uma participação mais ativa dos alunos nas aulas e uma melhora no rendimento dos discentes nas avaliações a partir da proposta pedagógica que pode estar relacionado ao desenvolvimento da inteligência lógico-matemática.

**Palavras-chave:** inteligência lógico-matemática, uso de tecnologias, ensino de física, jogo sério.

**Title:** Multiple intelligences, simulations, and gamification of evaluation: a case study in physics teaching

**Abstract:** Individuals have particularities that lead them to a specific form of learning, and each one organizes, according to their central intelligence, the cognitive process to solve problems. From this perspective, the learning of Physics is related to the development of deductive reasoning, that is, to the development of logical-mathematical intelligence, which is one of the multiple intelligences. Thus, diversified pedagogical activities were proposed with the use of technologies found in platforms with free codes that could contribute to the development of the students' logical-mathematical intelligence and lead them to learn the contents of Physics. The research methodology was qualitative and quantitative and applied in a case study directed to a class of the 1st Grade of High School of the Instituto Federal do Maranhão - Campus Bacabal, whose main objective was the Teaching of Physics, more precisely, Newtonian dynamics. For this,

an online test on multiple intelligences was applied, activities were implemented using computer simulations to help the development of the students' logical-mathematical reasoning, and we submitted them to an assessment of learning with the use of a serious game developed specifically for this work. The results point to the more active participation of the students in the classes and an improvement in the performance of the students in the evaluations from the pedagogical proposal that may be related to the development of logical-mathematical intelligence.

**Keywords:** logical-mathematical intelligence, use of technologies, teaching physics, serious game.

### **Introdução**

Uma das primeiras tentativas, mesmo que insatisfatória, de descrever a inteligência humana através de um método científico foi elaborada pelo inglês Francis Galton no final do século XIX, em dois artigos de 1865 que compunham duas partes com o título "*Hereditary talent and character*" (Del Cont, 2008; Schultz, e Schultz, 2019). Esse estudo defendia a inteligência humana como sendo um produto da hereditariedade, em que pais inteligentes teriam grandes possibilidades de terem filhos inteligentes. Em 1901, a teoria de Galton foi levada para os Estados Unidos pelo psicólogo James McKeen Cattell, que após vários testes, também, não conseguiu obter resultados que comprovasse sua proposta (Schultz e Schultz, 2019). Cattell baseava sua teoria na discriminação sensorial e nos índices de desempenho intelectuais (Neisser *et al.*, 1996; Jensen, 1998; Schultz e Schultz, 2019).

No início do século XX, em plena revolução industrial e expansão das escolas nos grandes centros populacionais, surgiu o teste Binet-Simon, conhecido como Quociente Intelectual (Q.I.). Nesse período, na França, crianças consideradas com "retardação mental", atestadas assim pelos psicólogos da época, eram retiradas da escola e levadas para asilos. Incomodado com essa situação, o psicólogo Alfred Binet, em parceria com Victor Henri e Théodore Simon, em 1905, publicou um trabalho baseado em medidas qualitativas com diversidade de inteligência e não em medidas quantitativas (Schultz e Schultz, 2019). Dessa forma, Binet abriu caminho para um estudo mais aprofundado da inteligência humana que fundamentou mais tarde outras teorias.

Após alguns anos, o teste de Q.I. foi popularizado nos Estados Unidos depois que o psicólogo Lewis Terman da Universidade de Stanford revisou o modelo de Binet-Simon, renomeando o para Stanford-Binet, em 1916 (Rigo e Donolo, 2014). Esse novo teste de Q.I. podia ser aplicado em uma grande faixa etária e ser relacionado à inteligência geral por um fator "g", que era comum a todos os níveis e representava uma variação das tarefas cognitivas (Jensen, 1998; Rigo e Donolo, 2013; 2014). Entretanto, alguns psicólogos discordavam da Teoria do Q.I., e defendiam que a abordagem dessa teoria se restringia apenas as habilidades linguísticas e lógico-matemática, tratando as demais habilidades, musical, cinestésica, espacial, interpessoal e intrapessoal, como sendo apenas "aptidões" e não como inteligências (Rigo e Donolo, 2013; 2014). De maneira que, no início da

década de oitenta, em 1983, surge a Teoria das Inteligências Múltiplas desenvolvida pelo psicólogo Howard Gardner da Universidade de Harvard.

Gardner considerou as habilidades do ser humano de forma mais completa, defendeu que o intelecto possui sete inteligências e que o indivíduo pode ter uma ou mais dessas inteligências potencializadas. Segundo Gardner, essas inteligências estão associadas a sete regiões intelectuais;

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

De forma que, mesmo que uma pessoa não tenha um bom desempenho com a inteligência lógico-matemática, ela poderá desenvolver outras inteligências, como por exemplo, a corporal-cinestésica, e ser um bom dançarino, um bom jogador de futebol ou cirurgião. Isto é, por mais que o aluno não consiga assimilar por completo as teorias e leis que regem a Física e as Ciências Exatas, por não ter "afinidade" com essas disciplinas, isto não significa que ele não tenha "afinidade" com outras ou não consiga desenvolver outra inteligência aparentemente menos destacada (Llor *et al.*, 2012). Neste ponto, cabe ao professor pesquisar uma estratégia que possa desenvolver no aluno tal habilidade, de maneira a facilitar sua aprendizagem (Carpintero, Cabezas, e Sánchez, 2009).

Uma forma de conduzir o aluno a se desenvolver na lógica-matemática pode ser apontada pela facilitação da aprendizagem. A necessidade de facilitar a aprendizagem dos discentes tem sido preocupação de muitos pesquisadores que recorreram, como por exemplo, a jogos eletrônicos (Kapp, 2012; Amorim *et al.*, 2016; Chee, 2016), simulações computacionais (Moro, Neide, e Rehfeldt, 2016), gamificação e ensinagem híbrida (Silva e Sales, 2017; Dantas e Perez, 2018). Para Medeiros e Medeiros (2002), o uso de simulações computacionais para explicar fenômenos físicos surge dos limites das ilustrações dos livros textos que só conseguem retratar o início e o fim do fenômeno. Araujo, Veit, e Moreira (2012) afirmam que as simulações reproduzem estudos de fenômenos que seriam muito caros se realizados em laboratórios experimentais e explica os fenômenos de forma contemporânea. Outras tecnologias utilizadas no ambiente escolar são a gamificação e os games. Silva e Sales (2017) destacam que a gamificação e os games podem potencializar a lógica e o raciocínio do aluno. Dantas e Perez (2018) utilizaram a gamificação no ambiente escolar para o ensino de física e para a avaliação da aprendizagem, e observaram um aumento significativo no rendimento dos alunos.

Assim, este trabalho apresenta uma estratégia pedagógica para o ensino e aprendizagem de física, que especificamente foi aplicado da seguinte forma: identificação das inteligências múltiplas dos alunos participantes da pesquisa a partir de um teste; utilização de simulações encontradas em plataformas de acesso livre como auxílio do ensino e da aprendizagem dos fenômenos físicos; e a utilização de um jogo sério denominado Zeeman,

desenvolvido especificamente para realização da avaliação cumulativa ou somativa. De posse dos dados obtidos, analisamos quantitativamente e qualitativamente quais inteligências se destacaram por aluno e se ele alcançou o conhecimento suficiente para conseguir passar pelos níveis de dificuldade dos problemas propostos no *game*.

### **Teoria das inteligências múltiplas, simulação, gamificação e suas relações com o ensino de física**

As Inteligências Múltiplas, conforme Gardner (1994), correspondem a um conjunto de habilidades, independentes e possuem sua origem e limites genéticos próprios (Gardner e Hatch, 1989; Rigo e Donolo, 2014). Como consequência direta disso tem-se que cada indivíduo possui uma forma específica para sua aprendizagem, pois cada um organiza, de acordo com sua inteligência central, o processo cognitivo para resolver problemas e se sobressair em profissões e tarefas distintas. Pois, segundo Gardner e Hatch,

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

A organização das Inteligências Múltiplas com suas respectivas características e distinções podem ser associadas com algumas habilidades e suas individualidades. De forma que as pessoas podem adequar suas profissões conforme sua inteligência central. As Inteligências, habilidades e exemplos de profissões afins, segundo Gardner e Hatch (1989, p. 6), são:

Lógica-matemática - capacidade de discernir, padrões lógicos ou numéricos; capacidade de lidar com grandes cadeias de raciocínio.

Habilidades - enumerar, seriar, deduzir, medir, comparar, concluir, provar (físicos, matemáticos, contadores).

Linguística - sensibilidade aos sons, ritmos e significados das palavras; sensibilidade às diferentes funções da linguagem.

Habilidades - descrever, narrar, observar, comparar, relatar, avaliar, concluir e sintetizar (jornalista, poetas, escritores).

Musical - habilidades para produzir e apreciar o ritmo, o tom e o timbre; apreciação das formas de expressividade musical.

Habilidades - observar, identificar, relatar, reproduzir, conceituar e combinar ritmos, sons e melodias (compositores, cantores, atores).

Espacial-visual - capacidade de perceber com precisão o mundo visual e espacial e de realizar transformações sobre essas percepções.

Habilidades - comparar, medir, relatar, transferir, demonstrar, interagir, sintetizar, interpretar, classificar (marinheiro, engenheiro, escultor, pintor).

Corporal-cinestésica - capacidade para controlar os movimentos do corpo e manipular os objetos habilmente.

Habilidades - coordenação, equilíbrio, destreza, força, flexibilidade e velocidade (dançarinos, atletas, cirurgiões e artistas).

Interpessoal – capacidade que se apresenta em indivíduos que possuem o poder do bom relacionamento com os outros.

Habilidade de interagir, perceber, relacionar-se com empatia (vendedores, políticos, professores, terapeutas e líderes religiosos).

Intrapessoal - capacidade correlata voltada para dentro, de formar um modelo acurado e verídico de si mesmo e conhecimento das próprias forças, fraquezas, desejos e inteligências.

Habilidades - autoestima, autoconhecimento e ética.

É importante mencionar que as inteligências podem ser externadas de forma individual em cada pessoa, mas não significa que uma não interaja com a outra, ou seja, uma pessoa pode ter mais evidente uma certa inteligência e ao mesmo tempo manifestar outras, de forma menos evidente que aquela considerada central para o indivíduo. A teoria das Inteligências Múltiplas possui quatro pontos considerados importantes, que segundo Armstrong (2009, p. 15), são:

1) Toda pessoa tem a capacidade de desenvolver as sete inteligências, porém, por se tratar de uma teoria cognitiva, as inteligências se manifestam em conjunto e individual para cada pessoa, mas para a maioria ocorre a ênfase no desenvolvimento de alguma ou algumas, outras de forma modesta e outras subdesenvolvidas; 2) A maioria das pessoas pode desenvolver cada inteligência para um nível adequado de competência; 3) As inteligências funcionam em conjunto de forma complexa; 4) Existem muitas maneiras de desenvolver as inteligências.

Para o aprendizado da disciplina Física, tem-se como pré-requisito a manifestação da inteligência lógico-matemática, que é evidente nos profissionais das áreas de cálculos, como: físicos, matemáticos, contadores, economistas dentre outros. Contudo, as demais inteligências também estão presentes e se manifestaram nesses profissionais, porque, como dito antes, o ser humano tem a capacidade de desenvolver não apenas uma única inteligência, e sim, aquela que é a central em conjunto com as demais, mesmo que estas sejam menos evidenciadas. Dessa forma, a escola deve contribuir para que o indivíduo consiga desenvolver suas inteligências, mesmo que o discente pretenda ser um profissional das áreas exatas, ou das humanas, ou qualquer que seja sua pretensão profissional. Na realidade,

[...] a teoria das inteligências múltiplas exige nada menos que uma mudança fundamental na forma como as escolas são estruturadas. Ela entrega aos educadores de todos os lugares a forte mensagem de que os alunos que aparecem na escola no início de cada dia têm o direito de receber experiências que ativem e desenvolvam todas as suas inteligências (Armstrong, 2009, p. 122).

Assim, promover meios que desenvolvam as inteligências dos alunos é prover o convívio deles como cidadãos, pois eles convivem em sociedade, precisam conhecer o seu idioma, convivem com seus semelhantes, ouvem músicas, vão em apresentações teatrais, assistem a jogos, e tudo isso pode

aguçar o interesse dos educandos por conhecer as outras áreas do conhecimento que não seja aquela em que tenha domínio.

De acordo com o que foi exposto, qualquer pessoa pode aprender os conteúdos ministrado pelo professor sobre qualquer disciplina na escola (Carpintero, Cabezas, e Sánchez, 2009). Logo, em uma turma heterogênea em que alguns alunos têm preferência pelas ciências humanas não significa que não possuam a capacidade de aprender os temas ensinados nas ciências exatas, ainda que esse conhecimento a ser desenvolvido seja o mínimo necessário para que o professor possa prosseguir para o próximo conteúdo. Para isso, se faz necessário o uso de atividades variadas para o desenvolvimento das habilidades dos discentes (Gardner e Hatch, 1989; Armstrong, 2009). Araujo, Veit, e Moreira (2012), por exemplo, mencionam que as simulações podem promover o raciocínio sobre conceitos abstratos de física de maneira que facilite o entendimento dos fenômenos para o discente. Enquanto, para Silva e Sales (2017), a gamificação utiliza elementos de *games* em um ambiente educacional para motivar os alunos a resolverem problemas com o intuito de alcançarem objetivos específicos no processo de aprendizagem.

No âmbito do uso de tecnologias nas práticas pedagógicas que podem contribuir para o desenvolvimento da inteligência lógico-matemática do aluno, conseqüentemente, na aprendizagem da disciplina Física, pode-se destacar as simulações computacionais (Moro, Neide, e Rehfeldt, 2016), gamificação e jogos (Silva e Sales, 2017; Dantas e Perez, 2018), e, jogos sérios e gamificação (Kapp, 2012; Amorim *et al.*, 2016; Chee, 2016), como forma de intervenção nas práxis pedagógicas em sala de aula. Os aprendizes podem ser submetidos a tais propostas desde que o professor perceba, através do questionamento, a evolução da turma no desenvolvimento do conhecimento sobre os conteúdos de Física.

O desenvolvimento da inteligência lógica-matemática pode ser potencializado com a utilização de tecnologias nos trabalhos pedagógicos em sala de aula (Müller, Araujo, e Veit, 2018). Dentre estas, pode-se destacar a simulação para o ensino de física. Para Fonseca *et al.* (2013), as simulações representam um laboratório virtual que recriam situações físicas para facilitar o entendimento dos fenômenos em uma perspectiva de ensino de física. De maneira que a construção do conhecimento científico acerca dos conteúdos da física possa ser desenvolvida pelos educandos com a implementação de tecnologias nas práxis pedagógicas. Nesse sentido, Brandão, Araujo, e Veit (2008) entendem que as didáticas baseadas em tecnologias são alternativas para inserção de conteúdos de física que podem construir um conhecimento científico na aprendizagem do discente. Todavia, é necessário que o estudante possa fazer parte ativamente do processo de aprendizagem, que consta das modelagens de parâmetros encontrados nas simulações. Para Suart e Marcondes (2008) é essencial que o estudante participe da investigação para elaborar hipóteses, testar parâmetros e aprender sobre os fenômenos de maneira a desenvolver as habilidades cognitivas e o raciocínio lógico-matemático. Os processos de mudanças nas práticas pedagógicas dos professores podem promover inovações em sala de aula (Müller, Araujo, e Veit, 2018). Porém, o professor deve ter o cuidado na abordagem pedagógica com utilizações de simulações e uso de tecnologias, caso contrário, elas podem se tornar apenas uma apresentação

atrativa para os alunos, mas sem efetiva interação deles com as atividades pedagógicas propostas.

Outro ponto relevante é que o processo avaliativo não está dissociado do ensino e da aprendizagem. Avaliar a aprendizagem do educando é diagnosticar os pontos de dificuldades que precisam ser desenvolvidos (percepção da avaliação diagnóstica), prover meios para o desenvolvimento do conhecimento sobre os temas propostos (percepção da avaliação formativa), e, só depois, submetê-lo a uma avaliação cumulativa ou somativa (Hadji, 2001). Um teste de inteligências múltiplas pode indicar os alunos que porventura não tenham ainda bem desenvolvida a lógica-matemática, o que facilita ao professor intervir com uma diversidade de atividades para conduzi-los a desenvolver o conhecimento que precisa aprender dentro dos temas da disciplina Física. Nesse sentido, Antunes defende que,

[...] o jogo ganha um espaço como a ferramenta ideal da aprendizagem, na medida em que propõe estímulo ao interesse do aluno. O jogo ajuda-o a construir suas novas descobertas, desenvolve e enriquece sua personalidade e simboliza um instrumento pedagógico que leva ao professor a condição de condutor, estimulador e avaliador da aprendizagem (Antunes, 1998, p. 36).

A definição de jogos sérios, na concepção de Kapp (2012), são como uma forma de gamificação, ou seja, são um subconjunto específico do conceito de gamificação. Para o autor, a gamificação engloba a ideia de acrescentar elementos de jogo, pensamento de jogo e mecânica de jogo ao conteúdo de aprendizagem. Na gamificação da avaliação, apresentado neste estudo, foi adicionado elementos de jogo (história, desafio, feedback, bônus, recompensas...) ao conteúdo trabalhado em sala de aula, ou seja, foi criado um ambiente de jogo para a avaliação da aprendizagem baseado na gamificação na forma de um jogo sério educacional. Campos e Ramos (2020) apresentam os jogos digitais como importantes ferramentas onde os alunos podem participar ativamente no processo de aprendizagem, assumindo diferentes papéis para alcançar os objetivos propostos no jogo. Ou seja, os jogos sérios educacionais possuem potencial de entreter o aluno de forma lúdica e atrativa quando utilizados dentro dos processos de ensino e aprendizagem. Assim, para a implementação dos métodos nas práticas pedagógicas em sala de aula, segue na metodologia o detalhamento da abordagem desta pesquisa.

### **Metodologia da prática pedagógica**

A metodologia adotada na pesquisa foi a qualitativa e quantitativa, com consulta documental, aplicada em um estudo de caso. A análise interpretativa de dados, a entrevista e observação fazem parte da metodologia qualitativa, enquanto as estatísticas numéricas que compõem os gráficos correspondem a uma metodologia quantitativa (Marconi e Lakatos, 2017). Além disso, foram consultados documentos oficiais correspondentes aos dados dos alunos, as notas, médias e relatórios. O universo da pesquisa foi o Instituto Federal do Maranhão (IFMA), campus da cidade de Bacabal. Esta escola possui sala de informática com computadores suficiente para cada um dos alunos participantes da pesquisa

e acesso à internet. Desse universo, escolheu-se uma turma da 1ª Série do Ensino Médio como amostragem, cuja prática foi aplicada na segunda metade no ano letivo de 2018 (2018.2).

O trabalho pedagógico em sala de aula foi auxiliado com aplicações de atividades envolvendo simulações e vídeo-análises. As avaliações foram realizadas com o uso de um *game* educacional desenvolvido. A turma era constituída por 37 (trinta e sete) alunos. Como esta pesquisa trata de um estudo de caso, fez-se necessário um aprofundamento na literatura voltado para a avaliação da aprendizagem, recursos didáticos, procedimentos metodológicos, coletas e análise dos dados a partir de entrevistas, observações, questionário fechado e aberto, bem como aplicação de um teste *online* sobre as inteligências múltiplas. Este último questionário, por sinal, foi fundamental por apontar quais discentes precisavam de uma atenção maior por não terem bem desenvolvida a inteligência lógico-matemática, que é a inteligência devida para o entendimento dos conteúdos da Física (Gardner, 1994).

#### Aplicação do Teste das inteligências múltiplas

O teste das inteligências múltiplas foi realizado através de um questionário de múltipla escolha contendo um total de 70 perguntas sobre diversos assuntos. Para isso, utilizou-se o site do Instituto de Desenvolvimento Econômico Rural e Tecnológico de Dados da Amazônia (IDAAM). Esta instituição foi escolhida por disponibilizar gratuitamente o teste *online* de inteligências múltiplas e por dispor de um resultado imediato após a entrada dos dados, ou seja, após a respostas dos alunos ao teste. O teste foi realizado pelos alunos na primeira semana de aula, na própria escola ou em casa, depois os resultados foram enviados por e-mail para o professor. Para cada questão exibida pelo teste, o aluno poderia escolher uma única resposta de quatro opções, e cada opção tinha um peso em pontos, cujas opções e pesos eram: discordo totalmente (1 ponto), discordo parcialmente (2 pontos), concordo parcialmente (3 pontos) e concordo totalmente (4 pontos).

Assim, foi possível saber quais alunos possuíam a inteligência lógico-matemática mais desenvolvida em relação as demais inteligências, ver Tabela 1 (Anexo 1). Após a identificação das inteligências de cada aluno, foram direcionadas atividades diversificadas para serem trabalhadas individualmente e em grupos (divididos da seguinte forma: 5 grupos com 5 participantes e 2 grupos com 6 participantes). Nas atividades em grupo, optou-se por dividir as equipes de maneira que cada uma sempre continha um ou mais alunos que possuía a inteligência lógico-matemática bem desenvolvida entre as três primeiras, segundo o teste de inteligências múltiplas, Tabela 1.

Atividades diversificadas com simulações e vídeo-análises aplicadas no ensino de física

Para melhor assimilação dos conteúdos da física e desenvolvimento da inteligência lógica-matemática dos discentes, após as aulas contextualizadas, dialogadas, abertas aos questionamentos e considerando os conhecimentos prévios dos aprendizes, foi proposto aos alunos que realizassem modelagem matemática em funções e gráficos a partir de

plataformas digitais de fenômenos físicos com vídeos produzidos por eles. Para as atividades de simulações foram utilizados, em sequência, o software *GeoGebra* e a plataforma *PhET* e para as vídeo-análises o *Tracker*.

O *GeoGebra* foi utilizado dentro de uma revisão das funções matemáticas aplicadas na dinâmica newtoniana. De forma que, após algumas aulas expositivas, dialogadas e resoluções de exercícios em uma revisão de conteúdo de séries anteriores, os alunos puderam modelar no *software* os termos das funções e observar se os resultados correspondiam aos seus cálculos, bem como a interpretação dos gráficos das funções. Assim, foi proposto a cada equipe que pesquisasse e construísse duas simulações sobre física utilizando o *GeoGebra* que relacionasse algo relativo à dinâmica de movimento dos corpos aos gráficos de uma função linear e quadrática. Essas simulações deveriam ser apresentadas e explicadas pelas equipes em sala de aula em uma data posterior.

Após o contato dos alunos com o *GeoGebra*, iniciou-se a transposição didática dos conteúdos da dinâmica, em que foram utilizadas simulações da plataforma *PhET* para mostrar os fenômenos físicos. De forma que foram realizadas as modelagens dos termos das funções dos fenômenos físicos estudados observando as alterações ocorridas. Assim, criou-se algumas situações em que os alunos deveriam calcular, com a função aplicada, à dinâmica e observassem se correspondia ao resultado da simulação como forma de exercícios em sala de aula. Para cada simulação do *PhET* utilizada nas aulas foi proposto atividades em grupos alterando-se os valores dos termos das funções. Por exemplo, para a simulação intitulada "Forças e Movimentos: noções básicas", foi possível apontar para cada uma das equipes sete situações diferentes para cada uma das quatro simulações disponíveis sobre as leis de Newton e suas aplicações. Assim, nessa atividade, cada equipe teria 4 (quatro) atividades para realizar os cálculos, submeter os dados nas simulações, observar a correspondência ou não com os cálculos e apresentar em sala em data posterior. O tempo disponibilizado para as apresentações das equipes foi de 50 (cinquenta) minutos. Cada apresentação durava pouco mais de 5 (cinco) minutos, pois era escolhida pelo professor apenas uma simulação por equipe, porém todas deveriam ser realizadas.

Foi proposto também para cada equipe a realização de uma vídeo-análise utilizando o *Tracker* com os seguintes temas: queda livre com uma massa e com duas massas, plano inclinado, pêndulo simples, sistema massa mola, colisão de uma massa em uma parede e colisões de duas massas. A produção dos vídeos para cada experiência ficou a cargo da criatividade de cada equipe. Todas as equipes deveriam realizar os experimentos e vídeo-análise com o *Tracker* sobre todos os temas propostos. Mas, para a apresentação na turma foi proposto um sorteio entre as equipes. A equipe sorteada apresentava o primeiro tema e no próximo sorteio era excluída para dar oportunidade para as demais equipes, sendo que deveria realizar as demais vídeo-análises.

#### Game Zeeman em substituição à avaliação convencional

Para realização das avaliações, utilizou-se o jogo sério educacional *Zeeman* construído através do motor de jogos *RPG Maker MV* desenvolvido especificamente para este trabalho. Vale ressaltar que a avaliação com este

*game* correspondeu apenas a avaliação cumulativa ou somativa (Hadji, 2001). Os alunos também foram avaliados pelos seus progressos em sala de aula e pelas simulações apresentadas dentro de um processo de avaliação formativa, considerando suas evoluções com erros e acertos (Perrenoud, 1999; Hoffmann, 2001; Luckesi, 2011)

O *game* Zeeman contém perguntas conceituais com opções de respostas e perguntas discursivas sobre os conteúdos de mecânica newtoniana. Ao se iniciar o *game* aparece a tela com a sua primeira interface, Figura 1a, com as opções de: "Novo jogo", "Continuar" e "Opções". Ao selecionar a opção "Novo Jogo", o jogador inicia sua saga pelo planeta Zeeman. O jogador também pode escolher qual conteúdo deseja fazer sua avaliação da aprendizagem (Figura 1b).



Figura 1 - Interface inicial do game e as opções das avaliações. Fonte: Desenvolvido na RPG Maker MV (2018).

Dentre as escolhas da Figura 1b, encontram-se as cinco torres correspondentes as avaliações da aprendizagem dos conteúdos da mecânica distribuídos da seguinte forma: Torre 1 (corresponde a primeira avaliação) - Leis de Newton e suas aplicações; Torre 2 (recuperação da primeira avaliação) - contém os mesmos conteúdos da Torre 1, mas com questões diferentes; Torre 3 (segunda avaliação) - impulso, momento linear e colisões; Torre 4 (terceira avaliação) - trabalho e energia; por fim, a Torre 5 (avaliação final), que seria somente aplicada para os discentes que não obtiveram êxito nas demais avaliações, e é composta por todos os conteúdos das avaliações anteriores.

Para que o aluno possa se situar em qual pergunta teórica ele se encontra, sempre é exposto o número do Guardiã (personagem do *game* que faz as perguntas objetivas), ou seja, se é o primeiro, segundo, ..., décimo quinto Guardiã, Figura 2a. Nesses encontros serão feitas as perguntas teóricas sobre dinâmica, Figura 2b. Para evitar que o aluno responda a mesma pergunta ao encontrar novamente o mesmo Guardiã ao reiniciar o jogo, acrescentou-se uma aleatoriedade pré-configurada no *game* de três perguntas, em que haverá a escolha de uma só para que o jogador responda. Para mudar de fase o discente deverá responder corretamente apenas dez das quinze disponibilizadas.

Com a finalidade de propor ao jogador estratégias no *game*, ele poderá escolher usar o manto da invisibilidade, que o protegerá contra os ataques dos monstros que guarnecem o local, Figura 2c. Essa é uma estratégia de manter os alunos no jogo para que a avaliação seja equalizada e concluída

com êxito para toda a turma (Luckesi, 2011). Porém, o manto só tornará o herói invisível até que ele consiga chegar ao próximo Guardiã.



Figura 2 - Visão geral do ambiente da avaliação objetiva no game. Fonte: Desenvolvido na RPG Maker MV (2018).

Na Figura 2a, pode ser observado que existe uma pequena grade (porta) fechada, que só será aberta depois que o jogador responder à pergunta do Guardiã, Figura 2b. Essa porta indica o caminho para o próximo Guardiã, o que deverá orientar o jogador para onde deve seguir no *game*. Da mesma forma é indicado a escada, Figura 2d, que é o caminho ao próximo Guardiã.

Ao responder a pergunta teórica corretamente, como na Figura 2b, o jogador poderá optar pela "invisibilidade", ou optar pela "porção de cura", que restaurará a "life" do herói, caso tenha lutado e se ferido na batalha, Figura 2c. Uma estratégia é optar pela invisibilidade, pois sempre haverá porções de cura espalhadas pela fase do jogo, Figura 2d. E, essas porções podem ser guardadas como "item" pelo jogador para serem usadas sempre que precisar curar os ferimentos do herói após uma batalha, o que garantirá a permanência do discente na avaliação. A Figura 3, mostra mais alguns exemplos de perguntas objetivas no *game*.

A Figura 3a expõe um exemplo de pergunta objetiva contextualizada que pode aguçar a curiosidade do aluno quanto a segurança promovida pelos *air bags* dos carros. Já a Figura 3b, requer do aluno não apenas um conhecimento dos conceitos de dinâmica, mas, também, um conhecimento matemático aplicado nas resoluções de problemas da física newtoniana. Enquanto a pergunta da Figura 3c é puramente conceitual e requer muita atenção do aluno sobre os conceitos de inércia e peso. Logo, se o educando não entender e aprender o que foi ensinado em sala, dificilmente conseguiria êxito na avaliação com o *game* Zeeman. Porque mesmo que

opte pelo “chute” nas questões objetivas e acerte 10 (dez) questões, que corresponde a 6 (seis) pontos, é preciso resolver pelo menos uma questão subjetiva para obter a nota mínima de aprovação. Além disso, a probabilidade de acerto em 10 (dez) questões objetiva para quem opta por essa tática é muito improvável. E, mais improvável ainda é acertar um código de uma resposta subjetiva, como os da Figura 3g e 3h, que requer um conhecimento matemático aplicado aos conceitos de Física.



Figura 3 - Perguntas subjetivas, bônus, armadura e sabre de luz no game. Fonte: Desenvolvido na RPG Maker MV (2018).

Como a meta desse jogo sério é a substituição da avaliação somativa ou cumulativa convencional (prova escrita) pela avaliação com o uso do game

(Hadji, 2001), não poderia faltar no jogo as questões subjetivas, mesmo que a ênfase da avaliação seja o conhecimento teórico da física conceitual. Na Figura 3g e 3h, pode ser visto como são feitas as perguntas subjetivas. Objetos como os baús que se encontram espalhados pelas fases do *game* podem dialogar com herói (Niels), Figura 3g. Então, foi proposto que para abrir o baú o jogador tem que inserir um código ou senha, Figura 3h.

O código é exatamente o número que corresponde a solução do problema subjetivo proposto pelo *game*. Ao conseguir abrir o baú, o jogador ganhará algumas moedas (bônus) para comprar o que quiser na cidade e aparecerá na tela uma explicação sobre dinâmica (recompensa), Figura 3e e 3f, que poderá ajudá-lo a resolver as próximas perguntas, quer sejam objetivas ou subjetivas. Essa recompensa pelo sucesso na resolução do problema é para motivar o aluno e conduzi-lo a seguir em sua avaliação (Perrenoud, 1999; Hoffmann, 2001). Esse mecanismo de bonificação é conhecido como gamificação (Kapp, 2012; Chee, 2016). Além das dicas nos baús, existem vários livros (os pergaminhos) espalhados pelo jogo, Figura 3d, que também bonifica o aluno com explicações rápidas sobre os conteúdos da dinâmica. Além do bônus com explicações sobre dinâmica, o *game* também promove a proteção ao herói, com armadura e escudo, Figura 3d, e intensifica a força do seu ataque durante as batalhas, Figura 3g.



Figura 4 - Finalização da fase com o resultado da avaliação do aluno. Fonte: Desenvolvido na RPG Maker MV (2018).

A energia para que o herói Niels seja transportado para próxima fase é 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, Figura 4. Depois de alcançar os dez acertos, o próximo guardião perguntará se Niels quer falar com o Mestre dos Guardiões, Figura 4a. Se a responder for "sim", Niels será enviado ao Mestre, representado, aqui, pelo Sábio Guardião de número 12, Figura 4b.

Apesar desse guardião falar que Niels tem que responder uma de suas perguntas, assim que o jogador apertar a tecla "Enter" ou clicar no "Mauser", aparecerá na tela a mensagem "Chame o professor" (Figura 4c). Na Figura 4c, observa-se que aparece os valores "Notas: 10" e "Baús: 6", isso significa que o aluno acertou 10 (dez) questões teóricas e 6 (seis) questões de cálculos. O código do professor, Figura 4d, só deve ser inserido pelo professor, isso impede o aluno de sair da tela sem que o docente faça análise de sua avaliação.

Dez ou mais questões objetivas respondidas corretamente corresponderam a 6,0 (seis) pontos e cada baú correspondeu a 1,0 (ponto). A soma das duas pontuações foi atribuída a nota da avaliação do aluno, mas se o somatório total for maior que 10 (dez), por exemplo, 12,0 (doze) pontos, a nota do aluno será 10,0 (dez) nessa avaliação. Isso é apenas um modelo de proporcionalidade utilizado, nada impede que cada professor crie seu próprio modelo ao utilizar este *game*-avaliação.

### **Resultados e discussão da prática pedagógica**

Na Tabela 1 (Anexo 1) se encontra o desempenho dos alunos em cada inteligência observada, com ênfase na inteligência lógico-matemática. Os alunos destacados em negrito, que correspondem a aproximadamente 65% (24 alunos) da turma, são os que possuem a inteligência lógico-matemática desenvolvida entre as três últimas das sete inteligências analisadas (Gardner e Hatch, 1989; Gardner, 1994). Como citado anteriormente, esta análise tornou-se necessária para que o professor observasse que há alunos que devem receber uma atenção maior com relação ao conteúdo trabalhado em sala de aula. Isso significa que o professor poderia propor atividades em grupos mesclando esses alunos com os que apresentaram a inteligência lógico-matemática bem desenvolvida, ou pelos menos desenvolvida entre as três primeiras, o que corresponde a aproximadamente 21% da turma. Pois, o êxito na avaliação só ocorre se houver o aprendizado, e para isso, é necessário que seja identificada a inteligência desenvolvida pelo educando para melhor adequá-lo ao conteúdo trabalhado pelo professor (Gardner, 1994; Armstrong, 2009).

O desenvolvimento de uma inteligência pelo aluno não significa que ele não possa desenvolver outra ou até mesmo a tenha (Armstrong, 2009). Tudo parte da forma como se aborda o tema ou fenômeno físico trabalhado em sala de aula. Caso seja feito de forma progressiva, enfatizando a ideia física do fenômeno, sem se ater apenas à cálculos matemáticos, o aluno, que tem a inteligência espacial ou cinestésica, por exemplo, terá condições de entender e discutir o assunto com seus colegas que possuem a inteligência lógico-matemática bem desenvolvida. Isso pode abrir precedente para um bom debate entre os discentes sobre as leis da física. Dessa maneira, os resultados das avaliações de Física podem estar relacionados com o desenvolvimento da inteligência lógico-matemática, que mesmo não sendo a inteligência central de todos, seu desenvolvimento pode influenciar o aprendizado do aluno em física (Armstrong, 2009; Gardner, 1994).

Para auxiliar no desenvolvimento da lógico-matemática e do aprendizado dos conteúdos de dinâmica propomos atividades com a utilização do

*software GeoGebra* para os alunos. Essas atividades foram apresentadas em equipes e avaliadas pelo professor (avaliação diagnóstica e formativa) o desenvolvimento dos alunos no conteúdo (Perrenoud, 1999). Para essa prática foi preciso uma intervenção do professor para explicar algumas funções, pois alguns alunos apresentaram dificuldade na interpretação da função quadrática. Outra dificuldade por parte dos alunos foi a associação das equações e funções matemáticas aplicadas à dinâmica. Esse diagnóstico permitiu que ocorressem breves paralizações durante as aulas para explicar alguns pontos básicos de matemática associados à física, por exemplo: na função  $F=m.a$ , " $F$ " corresponde ao " $y$ " na função matemática, " $a$ " é a variável, e corresponde ao " $x$ "; o que significava fisicamente os pontos de interseção com o eixo das abscissas por uma reta na função linear; e, o que significa os dois pontos de interseção com o eixo " $x$ " no gráfico da função quadrática, bem como o que significa os pontos de máximos e mínimos dessa função.

Ao prosseguir as aulas nas semanas subseqüentes, foi apresentado aos alunos a plataforma *PhET* e suas simulações na física. A modulação dos parâmetros nessa ferramenta foi bem aceita pelos alunos e percebemos que não tiveram dificuldades. Porém, a falta de compreensão da física apareceu na primeira apresentação das equipes, dessa vez sobre grandezas vetoriais.

Uma parte da turma teve dificuldade de adaptação com o método utilizado, o que pode ter refletido no resultado da primeira avaliação, Figura 6. Contudo, as adequações foram realizadas conforme surgiam as dificuldades dos alunos com relação a utilização do *PhET* e aos conteúdos de física. De forma que, os alunos mais inibidos começaram a realizar perguntas ao professor, a participarem mais ativamente das aulas e a buscarem o entendimento da física contido nas simulações, ou seja, a relação professor-aluno teve um avanço significativo.

A criatividade dos alunos e a socialização entre as equipes ficaram nítidas nas construções e apresentações das vídeo-análises com o *software Tracker*. Quando foi solicitado a apresentação do tema "queda livre com uma e duas massas" algumas equipes mostraram o trivial. Porém, uma equipe demonstrou criatividade na tarefa com a queda de duas massas, utilizando uma bola de pingue-pongue em cima de uma bola de futebol. Demonstraram primeiro as quedas livre das duas bolas, depois uma do lado da outra, e, por fim, uma em cima da outra. Eles observaram que ao abandonar as duas massas paralelamente, as duas chegavam ao solo com o mesmo tempo e não conseguiam retornar à altura de abandono após os "quiques" no solo. Mas, ao abandonar a menor em cima da maior, observaram que a maior não retornava à altura de abandono e a menor ultrapassava essa altura. Com os valores das massas, alturas e velocidades, analisaram os resultados das energias no *Tracker* e observaram que as energias das bolas diminuía ao quicarem no solo quando abandonadas paralelamente. Todavia, a menor bola aumentou sua energia quando o conjunto, bola menor em cima da bola maior, quicou no solo. Não conseguiram explicar por que isso aconteceu, só conseguiram observar as perdas e ganho de energia no *Tracker*. Então, o professor interveio e explicou o experimento com a vídeo-análise dentro dos conteúdos da dinâmica, mais precisamente, ocorreu uma transferência de energia da bola de futebol para a bola de pingue-pongue quando o sistema entrou em

contato com o solo. Além dessa percepção, surgiram outras com as demais vídeo-análises que serviram para aproximar os alunos do professor, ou seja, a atividade promoveu aprendizagem do conteúdo de física e uma aproximação na relação professor-aluno.

Para avaliar a aprendizagem dos alunos, além das avaliações diagnóstica e formativa, foi aplicada a avaliação cumulativa com o uso do *game* Zeeman, Figura 5.



*Figura 5 - Fotos da aplicação de uma fase avaliativa do game Zeeman*

A 1ª fase do *game* correspondeu a primeira avaliação somativa dos alunos, Figura 6, e os conteúdos trabalhados nessa fase foram as Leis de Newton e suas aplicações. A compreensão desse conteúdo é fundamental para que os estudantes pudessem entender os demais nas avaliações realizadas na 3ª e 4ª fases do *game*. Por esse motivo, a 2ª fase também é composta com questões conceituais e subjetivas sobre as Leis de Newton e suas aplicações, mas com questões diferentes das encontradas na 1ª fase. E, antes de sua aplicação, considerou-se os erros dos alunos durante as atividades como forma de conduzir o aluno na evolução do conteúdo, pois esta fase corresponde também à recuperação paralela da aprendizagem (Hoffmann, 2001).

Com relação a recuperação, não é preciso que o professor revise os conteúdos com novas aulas, pois basta inserir atividades diversificadas com a intenção de subsidiar, provocar, promover a evolução do aluno na área do conhecimento a ser desenvolvido e depois realizar uma nova avaliação, nesse caso, a 2ª fase do *game* (Hoffmann, 2001). Além disso, o aluno pode aprender durante a avaliação, pois na busca pelo conhecimento ensinado em sala de aula, na situação de aprendiz, ele pode realizar perguntas ao professor durante uma avaliação, cabendo ao professor norteá-lo no caminho do conhecimento para solução do problema proposto, o que corrobora com o sentido de avaliar (Perrenoud, 1999; Hoffmann, 2001; Luckesi, 2011). O ensino e a avaliação não estão dissociados, diagnosticar se o aluno aprendeu aquilo que foi ensinado é utilizar-se de um auxílio para

fortalecer os pontos que precisam ser desenvolvidos pelo aluno nos conteúdos trabalhados nas práticas pedagógicas do professor. De maneira que os alunos participantes da pesquisa responderam as seguintes perguntas: "Existem explicações sobre os conteúdos da disciplina ensinados em sala de aula disponibilizadas dentro dos baús e espalhadas pelas fases do *game*. Essas dicas lhe ajudaram a solucionar as questões do jogo? Justifique sua resposta". Dentre as respostas voluntárias de 34 dos 37 alunos ao formulário disponibilizado, destacou-se as seguintes:

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

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

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

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

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

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

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

Essa ideia parte da compreensão que durante a avaliação o professor pode fornecer informações, quando requisitada pelo aluno, que direcione o discente ao pensamento correto para a solução de problemas propostos. Isso não significa fornecer a resposta pronta ou a solução do problema, mas conduzir o educando ao pensamento autônomo e ao raciocínio cognitivo das questões que se encontram no *game* ou avaliação, pois a avaliação não se trata de um instrumento regulador e, sim, subsidiador ao conhecimento (Libâneo, Oliveira, e Toshi, 2012). Todavia, quando se utiliza um jogo, quer seja para o ensino ou para avaliação da aprendizagem, ele não pode ser muito fácil e nem impossível de ser solucionado, pois, ambos os extremos podem conduzir o aluno ao fracasso (Antunes, 2002; Chee, 2016).

Depois de aplicar a 2ª fase do *game* (avaliação de recuperação), observou-se que a maioria dos alunos apresentaram razoável melhora, mesmo que alguns não tenham alcançado a nota mínima estipulada pela instituição de ensino onde ocorreu a pesquisa, aproximadamente 16% dos alunos participantes, Figura 6. Já as avaliações da 3ª e 4ª fases do *game*, que compuseram a 2ª nota com a avaliação do *game*, com a média aritmética das duas fases, 3ª e 4ª, corresponderam aos conteúdos impulso, momento linear e colisões (3ª fase), trabalho, energia cinética, energia potencial e energia mecânica (4ª fase). Os conteúdos organizados e avaliados dessa maneira, possuem um sentido melhor na construção do conhecimento do conteúdo de dinâmica, conduzindo a uma avaliação

qualitativa, processual, inclusiva, democrática e interativa para o aluno (Hadji, 2001; Ciasca, Silva, e Araújo, 2017). Pois, na primeira e segunda fase os destaques são dados para as Leis de Newton, nas quais trabalha-se muito o conceito e aplicação do conteúdo Força. Logo, não faz sentido pular os conteúdos impulso e momento linear, que precisam do conhecimento das Leis de Newton e suas aplicações, e ministrar os conteúdos trabalho e energia.

Assim, as avaliações ocorridas na terceira e quarta fase do *game*, Figura 6, foram compostas com poucos conteúdos, o que provavelmente pode ter contribuído para um melhor resultado nas avaliações dos discentes e, principalmente, daqueles que não possuíam a inteligência lógico-matemática como sua inteligência central.

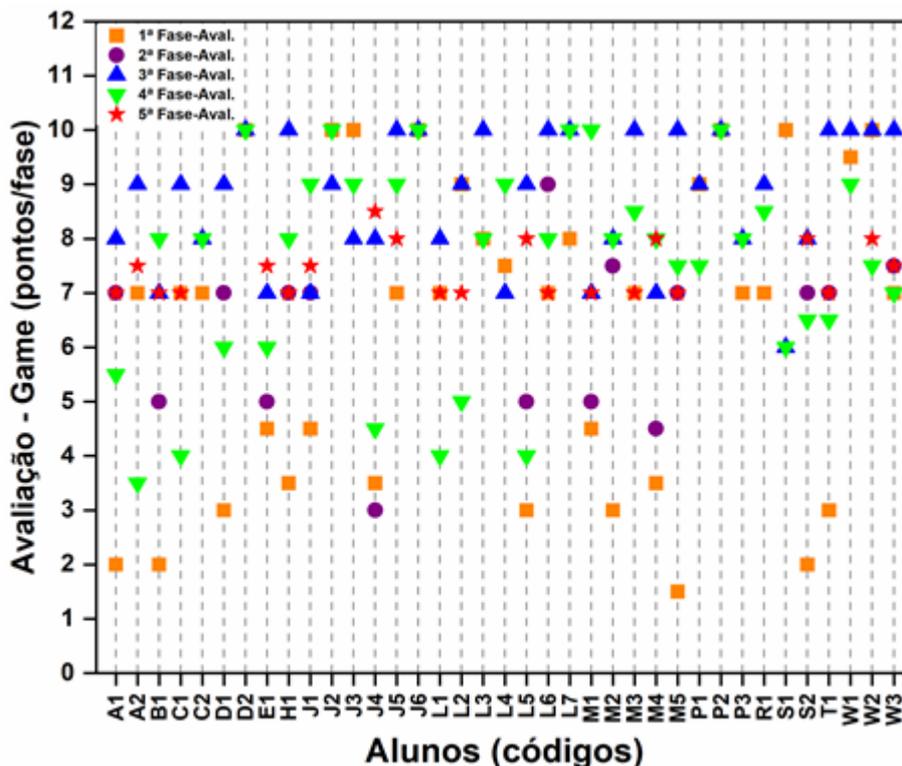


Figura 6 - Resultados das avaliações realizadas com as fases-avaliativas do game. Fonte: Diários de turma do IFMA – campus Bacabal (2018).

O Figura 6, demonstra a evolução dos alunos nos conteúdos e nas avaliações realizadas com as fases do *game* Zeeman. Na primeira fase-avaliação (cor laranja), Figura 6, observa-se que houve uma percentagem de 38% (14 alunos) cujos resultados ficaram abaixo de 7 (sete) pontos. Desse percentual, 6 (seis) não conseguiram alcançar a pontuação 7 na realização da recuperação (cor roxa, 2ª Fase-Aval.), mas melhoraram seus pontos em relação à primeira fase-avaliação, com exceção do aluno J4, cujo desenvolvimento da lógica-matemática no teste foi a 6ª (sexta) posição, Anexo 1. Na 2ª Fase-Avaliação, destacam-se os alunos L6 e M2 por conseguirem pontos acima da média na recuperação. Todavia, o aluno L6 havia realizado a 1ª Fase-Avaliação e obteve 7 pontos, mesmo assim, quis realizar a fase 2 para melhorar sua pontuação. Com relação ao desenvolvimento da inteligência lógico-matemática para esses dois alunos, temos que: L6 apresentou resultado no teste com a 3ª posição para

desenvolvimento da lógica-matemática e M2 na 5ª posição. Ou seja, é provável que L6 tenha conseguido entender melhor o conteúdo que M2, como demonstrado no Figura 6.

Na 3ª Fase-Avaliação (cor azul), Figura 6, quase todos os alunos obtiveram pontos na média estipulada (7 pontos) ou acima da média, com exceção do aluno S1 (6ª posição para o desenvolvimento da lógica-matemática no teste das inteligências múltiplas). Mas como este obteve uma boa pontuação na 1ª Fase-Avaliação, sua pontuação foi compensada e se encaixou na média estipulada pela instituição.

Na 4ª Fase-Avaliação (cor verde) houve um declínio de 32% (12 alunos) na pontuação dos alunos, mas não tão expressivo em relação as pontuações dos alunos na fase-avaliação 1 (cor laranja). Este declínio nas pontuações pode ser resolvido com a aplicação da 5ª Fase-Avaliação (cor vermelha), disponibilizada para todos. Alguns alunos optaram por não realizarem esta fase-avaliação, porque, mesmo obtendo pontos abaixo da média estipulada na fase-avaliação 4, seus bons desempenhos nas demais fases lhes facultaram a realização da última fase. Por outro lado, alguns optaram em realizar a última fase para alcançarem êxito nas avaliações ou para melhorarem suas pontuações no desenvolvimento dos conteúdos de Física.

Dentre todos os alunos, destacaram-se os alunos D2, J6 e P2, por terem alcançado as maiores pontuações nas avaliações com o *game* Zeeman, ou seja, 10 (dez) pontos na fase-avaliação 1, e 10 (dez) pontos na média das fases-avaliações 3 e 4. Com relação aos desempenhos desses alunos, pode-se observar na Tabela 1 (Anexo 1) que os discentes J6 e P2 apresentaram um desenvolvimento da lógico-matemática na terceira e segunda posição, respectivamente. Já o aluno D2 apresentou a lógica-matemática desenvolvida na sexta posição. Todavia, esse aluno foi o que mais procurou esclarecer dúvidas com o professor durante as aulas e depois das aulas, inclusive em contraturno. Por causa disso, o professor foi motivado a montar um "plantão de dúvidas" sobre os conteúdos de física trabalhados em sala, em contraturno, para auxiliar os alunos a partir dos resultados da primeira fase-avaliação. Assim, foi realizado um ensino direcionado para as inteligências centrais dos alunos que procuraram o "plantão de dúvidas". Por exemplo, o aluno D2 apresentou como destaque no teste de inteligência a corporal-cinestésica, logo, as atividades foram direcionadas para a física nos esportes, porque o aluno gostava muito de esportes. Ou seja, foi proposto algumas situações para o aluno responder, por exemplo, qual o impulso aplicado a uma bola de futebol quando chutada por um jogador? Por que quando um jogador aplica um efeito em uma bola de pingue-pongue e seu oponente retira tal efeito com a raquete a bola perde velocidade? É possível saber quanta energia é perdida pela bola nesse acontecimento? E para onde vai essa energia, visto que a energia não se perde, apenas se transforma? Isso aponta, que mesmo os alunos não tendo a lógica-matemática como inteligência central, nada impede que ela seja desenvolvida com atividades direcionadas para suas inteligências centrais para a aprendizagem dos conteúdos dentro das práxis pedagógicas dos professores (Gardner e Hatch, 1989; Armstrong, 2009; Gardner, 1994, 2010).

Vale ressaltar, que ter a lógica-matemática como inteligência central pode significar que o aluno não terá dificuldade no aprendizado dos conteúdos da física em detrimento aos alunos que possuem essa inteligência desenvolvida como secundária. Nesse sentido, todos os alunos que apresentaram o desenvolvimento da lógica-matemática entre as três primeiras inteligências conseguiram obter êxito nas avaliações, a saber, os alunos J3, J6, L1, L2, P1, P2 e W1. Destes, L1 e L2 obtiveram uma queda em seus desempenhos na 4ª fase-avaliação devido a problemas pessoais que os levou a algumas faltas durante as aulas. Mas lograram êxito com a 5ª fase-avaliação, cujo conteúdo correspondia a todos os anteriormente trabalhados.

Na Tabela 2 (Anexo 2), encontram-se também os resultados das avaliações que correspondem a 1ª fase do *game* já substituídas pelas notas da avaliação de recuperação (2ª fase do *game*). Além dessa substituição, ocorre outra que é a nota da segunda avaliação, substituída pela média aritmética da 3ª e 4ª fases do *game*. E, observa-se também que apesar dos resultados das avaliações obtidas com o *game* (indicado por 2018.2 no Anexo 2) serem mais satisfatórias em relação a nota mínima de aprovação estipulada pela instituição de ensino dos alunos (nota sete), a média anual obtida por muitos alunos ficaram abaixo da notamínima de aprovação da instituição, aproximadamente 57% dos alunos (alunos destacados em negrito na Tabela 2). Isso se deve ao baixo desempenho dos educandos nas avaliações convencionais (2018.1, Anexo 2), realizadas antes desta pesquisa por outro professor e com conteúdos diferentes dos trabalhados em nossa proposta. No Figura 6, podemos destacar, com poucas exceções, que a maioria desses alunos são apontados como aqueles que possuíam a inteligência lógico-matemática desenvolvida entre as três últimas das sete inteligências, conforme discriminado na Tabela 1. Além do *game*, foram também considerados as apresentações das atividades diversificadas pelos alunos com o auxílio das simulações e vídeo-análises que não constam nos resultados dispostos no Figura 6 e Tabela 2. Ou seja, o real desempenho dos alunos ficou acima dos resultados aqui demonstrados.

Para avaliar a utilização do *game* como ferramenta avaliativa junto aos alunos, segue alguns resultados, Figura 7, em que um formulário *Google Docs* foi respondido voluntariamente por 34 (trinta e quatro) alunos participantes da pesquisa. No Figura 7 é possível observar que os discentes que responderam “pouco divertido” para a avaliação com o *game*, 5,9%, também consideraram essa forma de avaliação melhor que a avaliação convencional. Isto é, não optaram por “preferir a avaliação convencional”, que era uma das opções do questionário, o que nos faz refletir que a escola não pode se eximir e deixar de fora de seu ambiente ferramentas que estimulem a aprendizagem dos alunos de forma lúdica, como é o caso dos jogos educacionais ou jogos sérios (Antunes, 1998; 2002). Pois, o “abalo psicológico” de uma avaliação convencional pode ser amenizado quando se utiliza um jogo para avaliar os conhecimentos desenvolvidos pelo aluno (Kapp, 2012; Amorim *et al.*, 2016; Chee, 2016).



Figura 7 - Pergunta de satisfação sobre o game. Fonte: 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 do formulário do *Google Docs*, 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 são suportes para perpassar os desafios proporcionados pelo *game*, os discentes tornaram-se mais participativos e interessados em entender os conteúdos ministrados durante as aulas. Com o diagnóstico da avaliação cumulativa realizado com o *game Zeeman* em substituição a avaliação convencional, além das demais atividades propostas verificamos um crescente interesse dos alunos em relação aos conteúdos trabalhados na práxis pedagógica desta pesquisa.

## Conclusões

O desenvolvimento da inteligência lógica-matemática é primordial para o aprendizado dos conteúdos da Física. Então nos concentramos em identificar qual seria a inteligência central de cada aluno. De maneira que, para aqueles que não possuíam a inteligência lógico-matemática como

central, sugerimos o uso de tecnologias educacionais como estratégia para o ensino, aprendizagem e avaliação dos conteúdos da dinâmica newtoniana. Os resultados do teste de inteligência múltipla, aqui apresentados, confirmam que cerca de 65% (24 alunos) da turma não possuía a lógica-matemática desenvolvida entre as três primeiras, e apenas aproximadamente 22% (8 alunos) demonstraram o desenvolvimento dessa inteligência entre as três primeiras. Todavia, a partir da implementação das atividades com simulações, modelagem de parâmetros da física, apresentações e explicações das simulações e das vídeo-análises pelas equipes, ocorreu um aumento no rendimento e na aprendizagem dos alunos em relação aos conteúdos da dinâmica. Isto sugere um desenvolvimento da inteligência lógico-matemática que se refletiu nos resultados observados nas apresentações das equipes e nas avaliações individuais da aprendizagem realizadas com o *game* Zeeman.

As apresentações das simulações com o *GeoGebra* se mostraram eficientes como avaliação diagnóstica, expondo o déficit dos alunos com relação a conhecimentos matemáticos básicos aplicados aos conteúdos da dinâmica newtoniana. A interpretação dos gráficos das funções lineares e quadráticas associados aos conteúdos da dinâmica, também trouxeram dificuldades aos discentes. Porém, esse diagnóstico foi essencial para a intervenção do professor que mediou a matematização das funções e interpretações de gráficos aplicadas no desenvolvimento formal dos alunos na práxis pedagógica em sala de aula.

Nas apresentações das simulações do *PhET* foi observado uma facilidade no manuseio dos parâmetros correspondentes às funções aplicadas na dinâmica. E, também, observou-se que os alunos conseguiram perceber os conceitos da dinâmica aplicados nas modelagens do *PhET*. As dúvidas e questionamentos que surgiram nas simulações mostrou uma participação mais ativa dos alunos na aula e trouxe uma aproximação na relação professor-aluno. Além disso, as apresentações dessas simulações pelos alunos propiciaram uma avaliação diagnóstica à medida que surgiam as dúvidas e os questionamentos, e uma avaliação formativa com a intervenção do professor para mediar o caminho entre as dúvidas, erros e o conhecimento dos conteúdos da dinâmica newtoniana.

Os trabalhos apresentados com o *software Tracker* demonstraram a criatividade dos alunos, uma socialização das equipes, domínio da ferramenta, aproximação na relação professor-aluno e um desenvolvimento da aprendizagem dos alunos que protagonizaram a construção do conhecimento sobre os conteúdos da dinâmica com as vídeo-análises. Algumas equipes se sobressaíram ao apresentarem resultados que se destacavam do trivial. Mas foi necessário a intervenção do professor para explicar alguns resultados encontrados pelos alunos com as vídeo-análises. Além disso, houve uma certa competição entre as equipes para apresentar algo novo, ou que não fosse trivial. Isto proporcionou uma aproximação dos alunos com o professor para tirar dúvidas, dar sugestões de vídeo-análises e técnicas ou didáticas de apresentações de trabalho.

Na aplicação da avaliação cumulativa ou somativa utilizando o *game* Zeeman, foi observado nos resultados que aproximadamente 62% daqueles que possuíam a lógica-matemática destacada entre as quatro últimas

inteligências conseguiram êxito na média estipulada pela instituição de ensino. E, considerando apenas os que apresentaram a lógica-matemática entre as três últimas inteligências, a porcentagem de aprovação na média da instituição foi de 75%. Todavia, considerando-se todos os alunos, aproximadamente 81% conseguiram média de aprovação estipulado pela instituição com a aplicação das fases-avaliações do *game* (2018.2, Anexo 2). Contudo, a média anual causou um declínio na aprovação geral para aproximadamente 43%, por conta dos resultados das avaliações anteriores a esta pesquisa (2018.1, Anexo 2).

Por fim, foi perceptível a melhora do rendimento nas avaliações dos alunos após aplicação das fases avaliativas do *game* Zeeman em substituição a avaliação convencional. De maneira que os resultados apresentados neste trabalho sugerem uma associação do desenvolvimento da lógica-matemática dos alunos com a eficiência dos recursos didáticos implementados na abordagem pedagógica desta pesquisa. A ludicidade propiciada aos educandos durante as aplicações das fases-avaliações indica uma amenização na “pressão” psicológica que uma avaliação convencional (prova escrita) pode proporcionar. A utilização de simulações e vídeo-análises se mostrou um método eficiente no ensino e aprendizagem da física, e a avaliação aliada a ludicidade dos jogos sérios demonstrou uma forma de quebra de paradigma na avaliação convencional. Dessa forma, conclui-se que a avaliação convencional pode ser substituída pela avaliação com o *game* Zeeman, sem prejuízo algum para o processo avaliativo dos alunos nos conteúdos de dinâmica de Newton. Contudo, o *game* Zeeman, apesar de se tratar de um protótipo, é uma ferramenta avaliativa disponível para os professores que buscam inovação em suas práxis pedagógicas.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001, pelo fomento desta pesquisa.

### **Referências**

Amorim, M. C. M. dos S., Oliveira, E. S. G., Santos, J. A. F., e Quadros, J. R. T. (2016). Aprendizagem e Jogos: diálogo com alunos do ensino médio-técnico. *Educação & Realidade*, 41(1), 91–115. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/2175-623656109>

Antunes, C. (1998). Jogos para a estimulação das múltiplas inteligências. 16. ed. Petrópolis: Vozes.

Antunes, C. (2002). *As inteligências múltiplas e seus estímulos*. 8. ed. Campinas: Papirus.

Araújo, I. S., Veit, E. A., e Moreira, M. A. (2012). Modelos computacionais no ensino-aprendizagem de física: um referencial de trabalho. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2), 341–366. Recuperado de: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/189>

Armstrong, T. (2009) *Multiple Intelligences in the Classroom*. 3. ed. Virginia: ASCD.

Brandão, R. V., Araújo, I. S., e Veit, E. A. (2008). A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física. *Física na Escola*, 9(1), 10–14. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10183/116439>

Campos, T. R., e Ramos, D. K. (2020). O uso de jogos digitais no ensino de Ciências Naturais e Biologia: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 450–473. Recuperado de: <http://revistas.educacioneditora.net/index.php/REEC/article/view/305>

Carpintero, E. M., Cabezas, D. G., e Sánchez, L. P. (2009). Inteligencias múltiples y altas capacidades: una propuesta de enriquecimiento basada en el modelo de Howard Gardner. *Faisca*, 14(16), 4–13. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3543229>

Chee, Y. S. (2016). *Games-To-Teach or Games-To-Learn*. Singapore: Springer.

Ciasca, M. I. F. L., Silva, L. M. da, e Araújo, K. H. (2017). *Avaliação da aprendizagem: a pluralidade de práticas e suas implicações na educação*, *Revista Docência do Ensino Superior*. Fortaleza: EdUECE.

Dantas, M., e Perez, S. (2018). Gamificação e jogos no ensino de mecânica newtoniana: uma proposta didática utilizando os aplicativos bunny shooter e socrative. *Revista do Professor de Física*, 2(2), 84–103. Recuperado de: <https://doi.org/10.26512/rpf.v2i2.12314>

Del Cont, V. (2008). Francis Galton: eugenia e hereditariedade. *Scientiae Studia*, 6(2), 201–218. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/S1678-31662008000200004>

Fonseca, M., Maidana, N. L., Severino, E., Barros, S., Senhora, G., e Vanin, V. R. (2013). O laboratório virtual: uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica," *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(4), 1–10. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000400014>

Gardner, H., e Hatch, T. (1989). Multiple Intelligences Go to School: Educational Implications of the Theory of Multiple Intelligences. *American Educational Research Association*, 8(8), 4–10. Recuperado de: <https://doi.org/10.3102/0013189X018008004>

Gardner, H. (1994). *Estruturas da Mente: A Teoria das Inteligências Múltiplas*. Porto Alegre.

Hadji, C. (2001). *A avaliação desmistificada*. Porto Alegre: Artmed.

Hoffmann, J. (2001). *Avaliar para promover: As setas do caminho*. Porto Alegre: Mediação.

Jensen, A. R. (1998). *The g factor: the science of mental ability*. New York: Praeger.

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco: Pfeiffer.

Libâneo, J. C., Oliveira, J. F. de, e Toshi, M. S. (2012). *Educação escolar: políticas, estrutura e organização*. 10. ed. São Paulo: Cortez.

Llor, L., Ferrándiz, C., Hernández, D., Sáinz, M., Prieto, M. D., e Fernández, M. C. (2012). Multiple Intelligences and High Ability. *Aula abierta*, 40(1), 27–38. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3791837>

Luckesi, C. C. (2011). *Avaliação da aprendizagem escolar: estudo e proposições*. 22. ed. São Paulo: Cortez.

Marconi, M. de A., e Lakatos, E. M. (2017). *Fundamentos de metodologia científica*. 8. ed. São Paulo: Atlas.

Medeiros, A., e Medeiros, C. F. de. (2002). Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2), 77–86. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/S0102-47442002000200002>

Moro, F. T., Neide, I. G., e Rehfeldt, M. J. H. (2016). Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no Ensino Médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33(3), 987-1008. Recuperado de: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2016v33n3p987>

Müller, M., Araujo, I., e Veit, E. A. (2018). Inovação na prática docente: um estudo de caso sobre a adoção de métodos ativos no ensino de Física universitária. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 44–67. Recuperado de: [http://reec.uvigo.es/REEC/spanish/REEC\\_older\\_es.htm](http://reec.uvigo.es/REEC/spanish/REEC_older_es.htm)

Neisser, U., Boodoo, G., Bouchard, T. J., Jr., Boykin, A. W., Brody, N., Ceci, S. J., Halpern, D. F., Loehlin, J. C., Perloff, R., Sternberg, R. J., e Urbina, S. (1996). Intelligence: Knowns and unknowns. *American Psychologist*, 51(2), 77–101. Recuperado de: <https://doi.org/10.1037/0003-066X.51.2.77>

Perrenoud, P. (1999). *Avaliação: da excelência à regularização das aprendizagens entre duas lógicas*. Porto Alegre: Artmed.

Rigo, D. Y., e Donolo, D. S. (2013). Tres enfoques sobre inteligencia: un estudio con trabajadores manuales. *Estudios de Psicología*, 30(1), 39–48. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/S0103-166X2013000100005>

Rigo, D. Y., e Donolo, D. S. (2014). ¿De qué modo somos inteligentes? Resultados para pensar la educación. *Cultura y Educación*, 24(1), 5–15. Recuperado de: <https://doi.org/10.1174/113564012799740795>

Schultz, D. P., e Schultz, S. E. (2019). *História da Psicologia Moderna*. 4. ed. São Paulo: CENGAGE.

Silva, J. B. da, e Sales, G. L. (2017). Gamificação aplicada no ensino de Física: um estudo de caso no ensino de Óptica Geométrica. *Acta Scientiae*, 19(5), 782–798. Recuperado de: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/3174>

Suart, R. de C., e Marcondes, M. E. R. (2008). As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8(2), 1–21. Recuperado de: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4022>