

## **Taxonomia de Bloom aplicada a um jogo de role: Um estudo de caso no ensino do efeito fotoelétrico**

**Camila Bezerra Silva Barboza, Raimundo Valmir Leite Filho e Felipe Moreira Barboza**

Instituto Federal do Ceará, Brasil, camila.silva@prof.ce.gov.br. Universidade Estadual Vale do Acaraú, Brasil, valmir\_leite@uvanet.br. Instituto Federal do Ceará, Brasil, felipebarboza@ifce.edu.br.

**Resumo:** O presente estudo descreve a experiência de desenvolvimento e aplicação do jogo de Role Playing Game *Os Segredos por Trás do Planeta Zahara* como recurso educacional para o ensino do efeito fotoelétrico, investigando seu uso e potencial didático. A construção do produto educacional estruturou-se na organização hierárquica da taxonomia de Bloom e na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. A pesquisa, quantitativa e qualitativa, foi aplicada aos alunos matriculados na terceira série do Ensino Médio em uma escola localizada em Tianguá (Brasil). Durante a aplicação do jogo, foram utilizados dois instrumentos de coleta de dados: questionários e produções de ilustrações conceituais. A boa aceitação e interação com o jogo foram perceptíveis durante a prática e reafirmada por meio das respostas do questionário de opinião final, no qual a maioria dos estudantes classificou o jogo como um bom instrumento para abordar o efeito fotoelétrico e que favoreceu o aprendizado do fenômeno em estudo. Os estudantes apresentaram um bom entendimento do conteúdo relativo ao efeito fotoelétrico, observado a partir do questionário final, principalmente na turma que apresentou mais facilidade em responder o questionário sobre os conhecimentos prévios.

**Palavras-chave:** efeito fotoelétrico, jogo de role, taxonomia de Bloom, teoria da aprendizagem significativa.

**Title:** Bloom's taxonomy applied to a role-playing game: A case study in teaching the photoelectric effect

**Abstract:** This study describes the experience of developing and applying the Role Playing Game *The Secrets Behind Planet Zahara* as an educational resource for teaching the photoelectric effect, investigating its use and didactic potential. The construction of the educational product was structured around the hierarchical organization of Bloom's taxonomy and Ausubel's Theory of Meaningful Learning. The research, both quantitative and qualitative, was applied to students enrolled in the third year of high school at a school located in Tianguá (Brazil). During the implementation of the game, two data collection instruments were used: questionnaires and the production of conceptual illustrations. The good acceptance and interaction with the game were noticeable during practice and reaffirmed through the responses to the final opinion questionnaire, in which most students classified the game as a good instrument for addressing the photoelectric effect and one that favored the learning of phenomenon under study. The students demonstrated a good understanding of the content

related to the photoelectric effect, as observed through the final questionnaire, especially in the class that found it easier to answer the prior-knowledge questionnaire.

**Keywords:** photoelectric effect, role-playing game, Bloom's taxonomy, theory of meaningful learning.

### **Introdução**

O ensino de Física no Ensino Médio enfrenta desafios significativos, dentre eles a ênfase em uma aprendizagem mecânica, que prioriza a memorização para provas em vez de uma aprendizagem significativa (Moreira, 2021). O currículo predomina em Mecânica Clássica e apresenta uma abordagem excessivamente tradicional e centralizada no professor (Moreira, 2018). A "Física ensinada não passa do século XIX. Continua se ocupando das alavancas, do plano inclinado, do MRU,... e nada de Quântica, de Partículas, de Plasma, de Supercondutividade,..." (Moreira, 2017, p. 2).

Diante disso, é notória a relevância da escolha dos assuntos referentes ao recorte histórico da Física Moderna e Contemporânea (FMC) para complementar o currículo de Física no Ensino Médio (Da Silva, 2013). Nesse sentido, o presente trabalho aborda o efeito fotoelétrico, cuja explicação está inserida no domínio da Física Quântica, propondo sua implementação didática por meio de um jogo de RPG (*Role-Playing Game*), que se utiliza da interpretação de papéis.

O jogo de RPG, intitulado *Os Segredos por Trás do Planeta Zahara*, está disponível em uma pasta do Google Drive ([link de acesso](#)). Ele foi desenvolvido no programa *PowerPoint*, estruturado em quatro fases, nas quais os blocos de desafios são compatíveis com a organização hierárquica das habilidades cognitivas da Taxonomia de Bloom revisada e alinhados à Teoria da Aprendizagem Significativa.

O desenvolvimento do recurso pedagógico parte do objetivo de potencializar a autonomia do aluno, estimulando sua criatividade e cooperação com os demais estudantes, proporcionando novas experiências de aprendizagem por meio de uma prática diferenciada, na tentativa de que esses recursos sejam potencialmente significativos, de modo que as informações trabalhadas promovam uma maior predisposição dos alunos para aprender o assunto do efeito fotoelétrico.

A escolha da área do jogo de RPG, voltado ao ensino do efeito fotoelétrico, foi motivada a partir da observação de duas problemáticas centrais e recorrentes no Ensino Médio, destacadas por Moreira (2018): a primeira é que os conteúdos curriculares de Física são centralizados na mecânica clássica e apresentam baixa ênfase em FMC, o que nos remete a um currículo de Física defasado, que distancia o aluno do papel histórico, cultural e social que a Física apresenta; a segunda problemática observada é que, independentemente do assunto a ser trabalhado, ele tende a ser tratado da forma mais tradicional possível, resultando em um ensino centralizado no professor e puramente matemático.

Dessa forma, o trabalho justifica-se pela importância de abordar um tema com aplicabilidade direta em nosso cotidiano, presente em tecnologias como *lasers*, câmeras digitais, torneiras e portas automáticas, bem como na

iluminação urbana automática, entre outras (Santos et al., 2022), partindo da hipótese de que a prática possa trazer um maior dinamismo ao ambiente escolar, na tentativa de que o estudante possa apresentar uma possível intencionalidade em aprender e alcançar um melhor entendimento dos conceitos trabalhados.

O objetivo geral deste trabalho é analisar as contribuições de um jogo educacional do tipo RPG aplicado ao ensino do efeito fotoelétrico, investigando seu uso e funcionamento como recurso potencialmente significativo.

Podem-se detalhar os objetivos específicos deste trabalho da seguinte forma: proporcionar aos alunos uma prática mais atrativa, trazendo dinamismo ao estudo do efeito fotoelétrico, buscando promover uma maior motivação e predisposição dos estudantes para aprender; desenvolver a capacidade de lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar a partir da abordagem apresentada no jogo; possibilitar um melhor entendimento do assunto do efeito fotoelétrico, com o intuito de que esses conceitos tenham significado para o aluno.

### **Referencial teórico**

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) evidencia que as finalidades do Ensino Médio na contemporaneidade estão centradas na consolidação dos conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, na preparação do estudante para o trabalho e a cidadania, no aprimoramento da pessoa humana, além da compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, garantindo “aprendizagens sintonizadas com as necessidades, as possibilidades e os interesses dos estudantes e, também, com os desafios da sociedade contemporânea” (Brasil, 2018, p. 18).

Muitas das aplicações tecnológicas utilizadas em nosso dia a dia são traduzidas e explicadas por meio da Física, em especial por estudos desenvolvidos no recorte temporal da FMC. Dessa forma, é proposto um jogo pedagógico que aborda o efeito fotoelétrico, sendo este um dos conteúdos curriculares explicados pela Física Quântica.

O efeito fotoelétrico pode ser entendido como um exemplo de conservação de energia, em que a luz atinge a superfície metálica na forma de fótons, os quais transferem energia ( $E = hf$ ) aos elétrons do material. Por sua vez, os elétrons usam uma energia mínima para se desprender da superfície metálica, chamada função trabalho ( $\Phi$ ), que é uma característica intrínseca ao material da placa. A diferença entre a energia do fóton e função trabalho corresponde ao restante da energia que o elétron adquire ao ser ejetado do metal, chamada energia cinética máxima ( $K_m$ ) (Ferrapo e Soares, 2013).

A explicação do efeito fotoelétrico baseia-se no conceito de quantização da luz, ou seja, a luz apresenta pacotes discretos de energia, cujas partículas de massa nula são chamadas de fótons. Cada fóton de luz incidente é completamente absorvido por um único elétron do metal; esses elétrons ejetados podem ser chamados de fotoelétrons (Pires, 2011).

O desenvolvimento do jogo foi fortemente subsidiado por trabalhos que exploram metodologias inovadoras e sua correlação com a Teoria da

Aprendizagem Significativa e o efeito fotoelétrico. Um exemplo é o trabalho apresentado por Sales et al. (2008a), em que os autores desenvolvem um objeto de aprendizagem intitulado "Pato Quântico". Neste recurso, o aluno tem a oportunidade de visualizar e interagir com uma metáfora relacionada ao efeito fotoelétrico por meio de um ambiente virtual de aprendizagem, de forma que os alunos de nível médio possam ter um melhor entendimento das teorias quânticas, aliadas à Teoria da Aprendizagem Significativa.

Mantovani (2015) propôs, em sua dissertação de mestrado, uma sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa sobre o efeito fotoelétrico, composta por um conjunto de atividades ordenadas e organizadas por meio de leituras, vídeos, simulação computacional, demonstrações experimentais e avaliações, todas com o propósito final de encontrar evidências de aprendizagem significativa para o aluno.

A teoria do efeito fotoelétrico foi apresentada aos estudantes de nível médio por meio de uma história de ficção científica no trabalho desenvolvido por Sousa (2016). Os autores também incluíram a utilização de recursos metodológicos como jogos de tabuleiro e dominó para estudo do fenômeno. A prática de jogos educativos busca alcançar a motivação do aluno. Um aluno motivado se torna entusiasmado, dedicado, engajado, e guia seu próprio desejo sem a interferência de forças externas e sem a imposição de terceiros (Garris et al., 2017). Como complementam Assis et al. (2015):

Neste caminho, Jogos de RPG podem agir como elemento facilitador da compreensão do universo físico através do exercício de construção de universos imaginários, levando o aluno a interagir com problematizações teóricas e criar, alterar, reproduzir mentalmente e discutir coletivamente na busca pela solução de um problema (Assis e Piasse, 2015, p. 676).

Desse modo, alinhados à perspectiva de que os jogos são fortes aliados do ambiente escolar, o jogo de RPG pedagógico desenvolvido foi estruturado em conformidade com o trabalho desenvolvido por Scaico (2012) e Schneider (2015), ao explorarem a construção de um jogo em blocos de desafios compatíveis com as habilidades cognitivas da Taxonomia de Bloom.

Corroborando com Bianchet e Anjos (2015), os autores salientam a relação da Taxonomia de Bloom e os jogos para a efetivação de uma aprendizagem significativa, destacando a importância da ludicidade dentro do ambiente escolar e como a organização hierárquica dos objetivos de aprendizagem pode conduzir o processo de ensino e aprendizagem.

#### *Taxonomia de Bloom*

A taxonomia de Bloom, em seu domínio cognitivo, refere-se aos processos mentais envolvidos na aquisição e modificação do conhecimento, ou seja, atua no desenvolvimento das habilidades intelectuais, estando diretamente relacionada com o conhecimento e a forma como ocorre o processo de aprender. É nesse domínio que há a aquisição do novo conhecimento, por meio do reconhecimento das informações fornecidas, sendo essas informações promovidas a formas superiores de pensamento.

Assim, os níveis de habilidades exigidos em situações de sala de aula, são divididos em seis categorias, com suas respectivas subcategorias, que segue uma hierarquia de complexidade crescente, exigindo um nível mais alto de abstração do aluno. Após uma revisão da Taxonomia de Bloom, essas categorias, antes nomeadas por substantivos, agora passaram a receber nomes verbais, a fim de facilitar a forma como são usadas dentro dos objetivos educacionais, quais sejam: lembrar, entender; aplicar; analisar; avaliar; e criar (Krathwohl, 2002). Ilustrado no Quadro 1.

<b>Categoria</b>	<b>Definição</b>
LEMBRAR	Relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdos. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: reconhecendo e reproduzindo.
ENTENDER	Relacionado a estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. Representado pelos seguintes verbos: interpretando, exemplificando, classificando, resumindo, inferindo, comparando e explicando.
APLICAR	Se refere a aplicar um conhecimento em uma situação nova ou executar um procedimento em uma situação específica. Representado pelos verbos: executando e implementando.
ANALISAR	Relacionado a dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes, e entender a inter-relação existente entre as partes. Representado pelos seguintes verbos: diferenciando, organizando, atribuindo e concluindo.
AVALIAR	Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos, ou de eficiência e eficácia. Representado pelos seguintes verbos: checando e criticando.
CRIAR	Significa colocar elementos em conjunto com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo, utilizando conhecimentos e habilidades previamente adquiridos. Representado pelos seguintes verbos: generalizando, planejando e produzindo.

Quadro 1 – Estrutura do processo cognitivo na Taxonomia de Bloom – revisada.

Para Bloom e sua equipe, se considerarmos as mesmas condições de ensino, desprezando fatores externos, todos os alunos aprendem; o que os diferencia é o nível de profundidade do conhecimento aprendido e o grau de abstração adquirido (Bloom et al., 1971). Segundo Ferraz e Belhot (2010, p. 423) “essa diferença poderia ser caracterizada pelas estratégias utilizadas [...] e pela organização dos processos de aprendizagem para estimular o desenvolvimento cognitivo”.

A partir disso, torna-se perceptível a dimensão que o desenvolvimento cognitivo confere ao processo de aprendizagem e sua associação direta com uma sistemática organização de objetivos de aprendizagem bem definidos.

#### *Teoria da Aprendizagem Significativa*

A Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel (1918-2008), é uma teoria cognitiva que visa investigar a aquisição do conhecimento de forma que ele tenha significado para o aluno. Ausubel considera que o fator isolado mais importante que pode favorecer a aprendizagem é o conhecimento que o aprendiz já sabe, ou seja, seus conhecimentos prévios, cabendo ao professor averiguar isso e ensinar em concordância. Outro fator relevante seria a predisposição para aprender, ou seja, o aluno deve apresentar uma intencionalidade em aprender (Moreira e Massoni, 2015).

A aquisição do novo conhecimento se dá pelo fato de o novo conhecimento se relacionar com o conhecimento prévio, de modo que a nova informação é assimilada, apresentando um significado para o aluno e se relacionando com conceitos relevantes presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, tornando o conhecimento prévio também mais aprofundado. O resultado dessa conexão forma um produto modificado; essa assimilação, futuramente, pode ser utilizada como conhecimento prévio, servindo de âncora para um novo conhecimento apresentado.

Deve-se considerar que a aprendizagem significativa não é resultado de uma ação mecânica e não elaborada. Moreira (1999) destaca que esse tipo de conhecimento é armazenado em nossa estrutura cognitiva, porém de forma arbitrária, literal, e não significativa.

Se o aluno não tiver os subsunçores necessários, Ausubel (2003) propõe a utilização dos organizadores prévios. Esses organizadores são recursos que têm por objetivo preencher a lacuna entre o conhecimento que o aprendiz detém e o que ele precisa saber para que haja aprendizagem significativa.

Artuso (2006) aponta três condições para que haja aprendizagem significativa: a primeira é identificar o que o aprendiz já sabe, ou seja, deve-se analisar seu conhecimento prévio pertinente ao assunto em questão, e, de acordo com essas informações, o professor deve arquitetar atividades adequadas que possam se relacionar aos subsunçores do aluno.

A segunda condição é que o aprendiz precisa ter predisposição para aprender, ou seja, o aluno precisa demonstrar interesse pela atividade. "Se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrária e literalmente, então a aprendizagem será mecânica" (Pelizzari et al., 2002, p. 38); forçá-lo a aprender sem que o mesmo apresente interesse, nem o material com maior potencial pode ajudar.

Por fim, a terceira condição é que o material precisa ser potencialmente significativo, capaz de apresentar uma estrutura lógica, de modo que o aprendiz consiga interagir com a estrutura cognitiva. O material instrucional pode ser composto por "figuras, gravuras, simulações, textos, exemplos, aula de laboratório e, até mesmo, a aula expositiva (condenada por muitos)" (Machado e Ostermann, 2006, p. 9).

Quando consideramos o processo de aquisição das informações na Teoria da Aprendizagem Significativa, Ausubel (2003) propõe a assimilação para um melhor entendimento. A assimilação é o processo no qual as pessoas conseguem fazer uma ponte entre o novo conhecimento e as proposições presentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Após a aprendizagem significativa, ocorre a assimilação obliteradora, de modo que as informações se tornam espontâneas para o aprendiz, e a dissociabilidade do produto interacional entre os conceitos prévios e novos não existe mais.

A fim de facilitar a aprendizagem significativa, Ausubel (2003) propõe quatro princípios programáticos, que são: diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, organização sequencial e consolidação, detalhadas abaixo segundo Praia (2000).

A aprendizagem por diferenciação progressiva diz respeito à modificação que o conceito subsunção sofre ao interagir com o novo conhecimento, sendo que esse processo de alteração pode ocorrer uma ou mais vezes. Com isso, essa aprendizagem é resultado da organização hierárquica de conceitos e proposições na estrutura cognitiva do aluno, de forma que essas informações mais amplas são apresentadas no início do processo de ensino/aprendizagem e, progressivamente, passam a ser diferenciadas em conceitos mais específicos.

A reconciliação integrativa ocorre por meio das relações entre os conceitos e informações na estrutura cognitiva do aprendiz, tratando as semelhanças e distinções relevantes, reconciliando as incoerências das relações, sendo estas reais ou até aparentes, formando uma nova realidade perceptível.

A organização sequencial diz respeito ao processo de elaboração da sequência dos conteúdos dentro de algum tópico, em que essas relações estabelecem uma dependência lógica e coerente entre os assuntos abordados. O princípio de consolidação enfatiza a importância da insistência da aprendizagem do aluno dentro daquele conceito, sendo essencial essa consolidação antes mesmo que novos materiais e recursos sejam inseridos.

O detalhamento do jogo desenvolvido e os objetivos em cada etapa estão descritos em Barboza et al. (2025) e podem ser baixados do Google Drive (link de acesso). O Quadro 2 apresenta a correlação do jogo com alguns elementos da Taxonomia de Bloom e Teoria de Aprendizagem Significativa, bem como alguns recursos utilizados no jogo na referida fase.

## **Metodologia**

O produto educacional foi confeccionado a partir da intervenção pedagógica em uma escola de nível médio localizada na zona rural da cidade de Tianguá, Ceará, Brasil. A referida escola oferta a modalidade regular de ensino para estudantes que estão cursando o Ensino Médio, nos turnos escolares matutino e vespertino.

Antes da prática, foi entregue um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aos gestores da escola e aos estudantes que participariam da aplicação, solicitando autorização para a aplicação do jogo e explicando a proposta de desenvolvimento do produto educacional (PE).

A pesquisa é do tipo descritiva, de natureza aplicada, implementada a partir de uma pesquisa-ação cuja abordagem é mista (qualitativa e quantitativa). Segundo Moreira e Rosa (2011, p. 18), a pesquisa quantitativa estuda “os fenômenos de interesse da pesquisa em educação geralmente através de estudos experimentais ou correlacionais, caracterizados primordialmente por medições objetivas e análises quantitativas”. Para Barth (2003, p. 188), “o investigador, num estudo qualitativo, é considerado como o instrumento humano primário na coleta e análise dos dados referentes ao fenômeno em investigação”.

O estudo do efeito fotoelétrico necessita de conhecimentos prévios, presentes normalmente no currículo do 3º ano do Ensino Médio; por isso, a intervenção destinou-se a essa série.

<b>Fases</b>	<b>Categorias da Taxonomia</b>	<b>Teoria da Aprendizagem Significativa</b>	<b>Recurso no jogo</b>
Fase 1	LEMBRAR (Reconhecendo e reproduzindo)	Exteriorizar os conhecimentos prévios sobre a compreensão do efeito fotoelétrico	Palavras cruzadas
Fase 2	ENTENDER (Interpretando e inferindo)	Abordagem de aspectos mais gerais, dando uma visão inicial do todo, avançando para aspectos mais específicos, a fim de contribuir com a diferenciação progressiva.	Situações-problema
	APLICAR (Implementando e executando)	Atividade colaborativa para negociação de significados.	
Fase 3	ANALISAR (Diferenciando e organizando)	Retomar aspectos da teoria em situações-problema em nível de complexidade maior, procurando a reconciliação integrativa.	Simulação PhET
Fase 4	AVALIAR (verificando e criticando)	Consolidação: insistência nos conceitos trabalhados.	Quiz de perguntas e ilustrações conceituais
	CRIAR Planejando e produzindo	Situações que impliquem compreensão.	

Quadro 2 – Correlação do jogo com elementos da Taxonomia de Bloom (TB) e da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).

O aplicador da pesquisa é o professor regente das turmas do 3º ano B e 3º ano C, motivando a escolha da aplicação do PE nas mesmas. As respectivas turmas apresentam 37 alunos regularmente matriculados no ano letivo de 2021 na sala B e 38 na sala C, somando ao todo 75 alunos, com faixa etária entre 16 e 18 anos. Participaram da pesquisa, como amostra, apenas 49 alunos, pois, devido ao contexto pandêmico, alguns estudantes faziam parte de um grupo de risco, então tiveram ausência justificada.

A amostra da pesquisa apresenta caráter não probabilístico. Segundo Neto (2002, p. 41), “amostras não probabilísticas são, também, muitas vezes, empregadas em trabalhos estatísticos, por simplicidade ou por impossibilidade de se obterem amostras probabilísticas”.

Para a coleta de dados, foram utilizados alguns questionários, classificados em questionários de opinião e questionários de conhecimentos.

Pode-se definir questionário como a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, etc. (Gil, 2008, p. 121).

Inicialmente, foi aplicado o questionário de opinião nº 1, sobre a motivação dos alunos com relação à prática do jogo de RPG pedagógico, sua predisposição e expectativas com a atividade a ser trabalhada. O referido questionário foi elaborado contendo 03 questões, utilizando a escala de atitude Likert, em que os alunos expressam seu grau de concordância ou discordância com as afirmações apresentadas, escolhendo



uma das opções dentro de cinco graduações progressivas, sendo esta considerada uma das escalas de autorrelato mais difundidas (Aguiar et al., 2011).

Durante a pesquisa, foram usados os parâmetros "concordo completamente", "concordo", "sem opinião", "discordo" e "discordo completamente". Os estudantes ainda tiveram a oportunidade de se expressar livremente por meio de uma questão subjetiva.

Para dimensionar e averiguar a fidedignidade do questionário de opinião nº 1, foi utilizado o alfa de Cronbach. O valor deve ser interpretado no intervalo entre 0 e 1, sendo que o resultado de 0,70 é considerado um valor adequado de consistência interna.

O alfa mede a correlação entre respostas em um questionário através da análise do perfil das respostas dadas pelos respondentes. Trata-se de uma correlação média entre perguntas. Dado que todos os itens de um questionário utilizam a mesma escala de medição, o coeficiente  $\alpha$  é calculado a partir da variância dos itens individuais e da variância da soma dos itens de cada avaliador (Hora et al., 2010).

Para investigar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o efeito fotoelétrico, foi utilizado o questionário de conhecimentos nº 1, contendo 7 questões objetivas de múltipla escolha. Os assuntos abordados nas questões foram os seguintes: quantização da luz, conservação de energia, trabalho, energia cinética, fótons, elétrons, intensidade da luz, corrente elétrica, frequência da luz, comprimento de onda e diferença de potencial elétrico.

A precisão desse instrumento de mensuração foi feita por meio da verificação de fidedignidade pelo coeficiente de Kuder-Richardson (KR20). O referido coeficiente pode ser usado quando o questionário fornece respostas dicotômicas, em que um acerto foi atribuído à pontuação 1 e o erro, à pontuação 0, buscando a homogeneidade e a consistência interna da fidedignidade das respostas do questionário (Bispo e Gibertoni, 2007).

Além da aplicação dos questionários iniciais, como ilustrado na Figura 1, ao final da prática, foi aplicado o questionário de opinião nº 2, no qual os alunos apresentaram suas impressões acerca da utilização do jogo de RPG para estudar o assunto do efeito fotoelétrico. A escala Likert foi utilizada em 04 questões, e elaborou-se uma pergunta de cunho subjetivo, para os estudantes relatarem como foi a experiência de estudar os conceitos do efeito fotoelétrico por meio de um jogo de RPG, podendo ainda destacar os pontos positivos e negativos da prática, dando possíveis sugestões.

E, por fim, foi utilizado o questionário de conhecimentos nº 2 como avaliação somativa, apresentando 05 questões objetivas para investigar a aprendizagem dos estudantes a respeito dos conceitos abordados sobre o efeito fotoelétrico.

Ao final da aventura vivenciada no jogo, em seu último nível da Taxonomia de Bloom, na categoria "criar", foi solicitado que os estudantes produzissem mapas livres de ilustrações e conceitos sobre o fenômeno estudado. A produção do aluno foi utilizada como instrumento de pesquisa do tipo qualitativo, em que foram observadas as representações mais

relevantes para o aluno, apresentadas no instrumental, bem como a forma como foram feitas essas associações, se estão de fato corretas ou, em algum caso, errôneas.

Para a validação dos dados, recorreu-se a procedimentos estatísticos, como medidas de tendência central e medidas de dispersão dos resultados, buscando obter uma maior precisão nos resultados dos dados fornecidos.



Figura 1 – Aplicação dos questionários iniciais. Escola MCC.

O cronograma de aplicação do produto está apresentado no Quadro 3. Juntamente com o jogo, no Google Drive (link de acesso), há um material instrucional para que o professor possa conduzir a aplicação e compreender toda a motivação do jogo, os objetivos de cada fase, a narrativa, histórias, desenvolvimento, regras, desafios, perguntas, dicas, entre outros.

Encontros	Detalhamento das atividades	Duração
AULA 1 – Apresentação da prática	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação dos questionários iniciais;</li> <li>• Divisão dos grupos de personagens;</li> <li>• Entrega da ficha dos personagens aos grupos.</li> </ul>	50 min
AULA 2 – Início da aplicação do jogo, trabalhando as categorias lembrar e entender.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organização da sala;</li> <li>• Início e encerramento da fase 1.</li> </ul>	50 min
AULA 3 – Continuação do jogo, finalizando a categoria entender e trabalhando a categoria aplicar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Início e encerramento da fase 2.</li> </ul>	50 min
AULA 4 – Continuação do jogo, trabalhando a categoria analisar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Início e encerramento da fase 3.</li> </ul>	100 min
AULA 5 – Finalização do jogo, trabalhando as categorias avaliar e criar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Início e encerramento da fase 4.</li> </ul>	50 min
AULA 6 – Investigação da aprendizagem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação dos questionários finais.</li> </ul>	50 min

Quadro 3 – Descrição das atividades de aplicação do produto educacional.

## Resultados e discussões

Os resultados obtidos neste artigo encontram-se divididos em quatro subitens, seguindo a ordem de aplicação dos questionários durante a

intervenção pedagógica. O primeiro subitem trata dos resultados da aplicação do questionário de conhecimentos nº 1; o segundo subitem traz o resultado do questionário de opinião nº 1; o terceiro subitem traz o questionário de conhecimentos nº 2 e, por fim, o quarto subitem traz as respostas do questionário de opinião nº 2.

#### Questionário de conhecimentos nº 1

A elaboração do questionário inicial teve como objetivo investigar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados aos conceitos de elétrons, fótons, quantização de energia, conservação de energia, trabalho, energia cinética, corrente elétrica, diferença de potencial, intensidade da luz, comprimento de onda e frequência da luz, pois estes são conhecimentos essenciais para o bom entendimento do efeito fotoelétrico. As questões do referido questionário estão apresentadas no Quadro 4.

<p>QUESTÃO 1. Que nome recebe as partículas localizadas na eletrosfera de um átomo e cuja carga é negativa?</p> <p>(A) prótons (B) nêutrons (C) elétrons (D) pósitron (E) neutrino</p> <p>QUESTÃO 2. Assinale a alternativa correta com relação ao conceito de corrente elétrica.</p> <p>(A) é um fluxo desordenado de elétrons que se movem em diversos sentidos. (B) é uma corrente em que os prótons oscilam com determinada frequência em torno de uma posição de equilíbrio. (C) é uma movimentação de prótons que flui do menor para o maior potencial. (D) é um fluxo ordenado de elétrons, em razão da aplicação de uma diferença de potencial elétrico. (E) é o deslocamento de cargas positivas dentro de um condutor metálico.</p> <p>QUESTÃO 3. A diferença de potencial pode ser entendida como:</p> <p>(A) Uma grandeza vetorial, medida em Volts por metro, responsável pela movimentação das cargas. (B) Uma grandeza escalar, medida em Volts, responsável pela movimentação das cargas. (C) Uma grandeza escalar, medida em Coulomb, responsável pela eletrização dos corpos. (D) Uma grandeza escalar, medida em Joules, responsável pela eletrização dos corpos. (E) Uma grandeza escalar, medida em Watts, responsável pelo efeito Joule dos corpos.</p> <p>QUESTÃO 4. Analise as afirmativas abaixo:</p> <p>I. A energia total de um sistema não se perde, apenas se transforma em outros tipos de energia II. O trabalho da força elétrica pode ser entendido como uma energia usada</p>	<p>para deslocar uma carga elétrica de um ponto a outro.</p> <p>III. A energia cinética é a energia que está relacionada com a velocidade com que o corpo se move.</p> <p>Das afirmativas acima:</p> <p>(A) Apenas I é correta (B) apenas I e II estão corretas (C) apenas I e III estão corretas (D) apenas II e III estão corretas (E) I, II e III estão corretas</p> <p>QUESTÃO 5. A luz, quando considerada partícula, pode ser chamada de:</p> <p>(A) fótons (B) elétrons (C) neutrino (D) pósitron (E) onda eletromagnética</p> <p>QUESTÃO 6. Ao aumentarmos a frequência de uma fonte de luz, podemos afirmar que:</p> <p>(A) o comprimento de onda da fonte diminui (B) o comprimento de onda da fonte aumenta (C) o comprimento de onda da fonte se anula (D) o comprimento de onda da fonte fica constante (E) o comprimento de onda da fonte fica igual ao valor da frequência</p> <p>QUESTÃO 7. Analise as afirmativas abaixo:</p> <p>I. Aumentar a intensidade de uma fonte de luz, fornece mais energia aos fótons incidentes. II. Quanto maior a frequência da luz, maior será a energia do fóton incidente. III. Na quantização da luz, entendemos que a luz transfere sua energia em quantidades bem definidas de energia.</p> <p>Das afirmativas acima</p> <p>(A) Apenas I é correta (B) apenas I e II estão corretas (C) apenas I e III estão corretas (D) apenas II e III estão corretas (E) I, II e III estão corretas</p>
---	---

Quadro 4 – Questionário de conhecimentos nº 1.

Através do coeficiente Kuder-Richardson, foi encontrado um valor igual a 0,79 para a fidedignidade do questionário. Dessa forma, pode-se concluir que o teste apresenta consistência interna satisfatória. A validação do conteúdo do instrumento foi feita por meio da análise de três professores da área de Física.

Para Neto (2002, p. 8) "o primeiro passo para se descrever graficamente um conjunto de dados observados é verificar as frequências dos diversos valores existentes da variável". Entende-se como frequência absoluta a quantidade de vezes que o item foi observado, e frequência relativa como a razão entre a frequência absoluta do respectivo item e o somatório das frequências absolutas para as questões, que nada mais é do que a amostra de alunos participantes no grupo (Ciraud, 2015).

Responderam ao questionário de conhecimentos nº 1 um total de 49 alunos, em que 25 correspondem à amostra da turma do 3º ano B e 24 alunos do 3º ano C. A Figura 2 ilustra os resultados obtidos na aplicação do questionário.

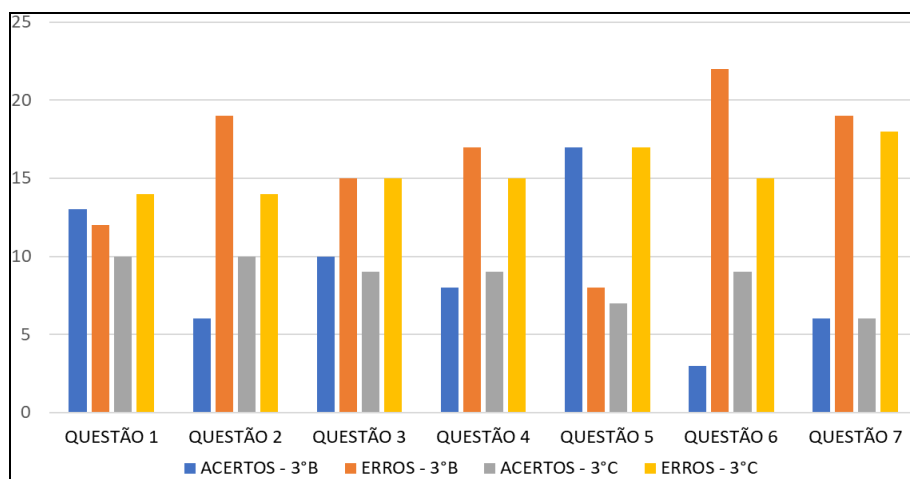


Figura 2 - Resultados obtidos na aplicação do questionário de conhecimentos prévios nas turmas do 3º ano B e 3º ano C.

Ao analisar a Figura 2, é perceptível que a turma do 3º ano B apresentou maior dificuldade em responder corretamente à questão 6. Apenas três estudantes identificaram a proporcionalidade inversa entre a frequência da luz e o comprimento de onda, enquanto a maioria associou o aumento de uma grandeza ao consequente aumento da outra. Assim como na questão 2, na qual os estudantes, em sua maioria, relacionaram erroneamente a corrente elétrica ao movimento de prótons.

Outro destaque de equívoco conceitual que se estendeu às duas turmas diz respeito à correlação entre a intensidade da luz e a energia do fóton, na questão 7. A alternativa C apresentou a maior frequência absoluta, o que nos leva à identificação do equívoco em relacionar o aumento da intensidade da luz ao aumento da energia dos fótons.

Além da questão 7, a turma C também evidenciou dificuldade em diferenciar a luz em seu modelo corpuscular e ondulatório, pois, ao serem questionados na questão 5 sobre o nome recebido pela luz quando considerada partícula, os mesmos indicaram, com maior frequência, o item

E, que indica erroneamente "onda eletromagnética" ao invés do item A "fóton".

Os temas tratados nesta questão, já haviam sido trabalhados com os estudantes e dizem respeito à FMC, porém:

[...] a FMC é trabalhada, em geral, só ao fim do ano letivo, ela muitas vezes é suprimida por falta de tempo ou, se trabalhada, é feito de modo bem rápido e superficial, não havendo tempo para uma discussão e análise mais profunda do tema (Da Silva Júnior e Coelho, 2020, p. 61).

Por outro lado, a turma B apresentou maior facilidade em responder à questão 5, que destacava o nome que a luz recebe quando está na condição de partícula. Este assunto de Física Moderna foi trabalhado no retorno ao ensino presencial após a pandemia da Covid19, ao final do 3º ano do Ensino Médio, momento em que a turma passou a apresentar uma participação satisfatória nas aulas.

Ao analisar a questão que apresentou a maior frequência absoluta por item correto para a turma C, as perguntas 1 e 2 empataram, pois ambas apresentaram um total de 10 alunos que responderam corretamente. Considerando o percentual total, foi atingido aproximadamente 42% de acertos nas questões. O tópico das questões com maior acerto, corresponde à eletricidade, assunto da Física Clássica, com grande ênfase no currículo de Física no 3º ano.

Percebe-se, a partir dos resultados, que a turma C apresentou um percentual de erros superior aos acertos em todas as questões, enquanto a turma B conseguiu apresentar um percentual de acertos superior aos erros nas questões 1 e 6.

Este questionário foi fundamental para evidenciar as fragilidades dos conhecimentos prévios dos estudantes e traçar intervenções por meio dos organizadores prévios sugeridos por Ausubel. As dificuldades elementares dos estudantes podem estar relacionadas ao período pandêmico, pois os mesmos cursaram o 2º e 3º anos do Ensino Médio nesse contexto.

Realizando um somatório geral dos itens respondidos corretamente por todos os estudantes, é possível constatar que a quantidade de acertos, para a turma do 3º ano B foi 63, contra 112 respostas equivocadas, apresentando um percentual de 36% de acertos e 64% de erros, respectivamente. A turma do 3º ano C acertou 60 itens e se equivocou em 108 deles, retratando 35% de acertos e 65% de erros, respectivamente.

No questionário, uma questão correta equivale a 1 score, e temos então, ao todo, 7 scores, de modo que cada pergunta respondida corretamente corresponde aproximadamente a um múltiplo de 1,42 até atingirmos a nota 10. Com isso, foi possível atribuir uma nota para cada questionário respondido e verificar a frequência absoluta para cada nota obtida.

Ao analisar a Tabela 1, é possível verificar algumas medidas de tendência central e de dispersão, conforme as notas obtidas pelos estudantes no questionário de conhecimentos. É perceptível que a turma do 3º ano C apresentou a média das notas maior que a da turma do 3º ano B. Para

Feijoo (2010, p. 14), “a média aritmética representa o ‘centro de gravidade’ da distribuição, isto é, o ponto de qualquer distribuição em torno do qual se equilibram as discrepâncias positivas e negativas”. A partir da distribuição ordenada das notas por turma, foi observada mais uma medida de tendência central, a mediana (o valor que divide um conjunto de dados ordenado em duas metades iguais) e a moda (valor mais frequente). Ambas as medidas apresentaram o valor de 2,85 para as duas turmas.

Para medir o grau de dispersão das notas, foi usado o desvio padrão, que ilustra o quanto os resultados obtidos são uniformes; quanto mais próximo de 0, pode-se constatar que os dados são mais homogêneos (Ciraudo, 2015). Entende-se que o 3º ano C apresentou resultados menos uniformes. Nota-se que os resultados de ambas as turmas estão equilibrados.

<b>MEDIDAS</b>	<b>3º ANO B</b>	<b>3º ANO C</b>
MÉDIA	3,59	3,62
MEDIANA	2,85	2,85
MODA	2,85	2,85
DESVIO PADRÃO	1,97	2,91

Tabela 1 – Medidas estatísticas obtidas através das notas do questionário de conhecimentos 1.

É notório que o resultado da aplicação do questionário de conhecimentos nº 1 não apresentou um bom aproveitamento, apesar de todos os assuntos abordados no questionário já terem sido trabalhados com as turmas durante o ensino remoto emergencial. A partir do panorama do resultado do questionário nº 1, foi necessário realizar uma intervenção com organizadores prévios explicativos antes de iniciar a aplicação do jogo.

#### *Questionário de opinião nº 1*

O questionário de opinião inicial foi aplicado a fim de verificar as expectativas, motivações e impressões iniciais dos alunos sobre o jogo e a prática, em geral, a ser trabalhada. O questionário apresentou um valor de 0,75 para o coeficiente alfa de Cronbach, considerado um valor adequado de consistência interna.

Durante a aplicação deste questionário, e através das respostas subjetivas dos alunos, foi perceptível as expectativas positivas quanto à utilização do jogo de RPG. A motivação que se buscou atingir com a prática foi vinculada ao sentido de que os alunos apresentassem uma boa aceitação do jogo e não uma resistência a ele, tentando atingir a intencionalidade dos mesmos em dar significado à informação e conectá-la com seus conhecimentos prévios, pois a desmotivação pode gerar bloqueios nos avanços qualitativos da aprendizagem. Conforme Nagaro et al. (2014, p. 424), “no ambiente escolar, a motivação é um dos fatores favoráveis ao aprendizado e sua falta deixa espaço para a passividade, para a indisciplina, além de dificultar o desenvolvimento das atividades e gerar desconcentração”.

A frequência absoluta por item é apresentada na Figura 3. A afirmação trabalhada na questão 1 indica que somente a utilização de métodos tradicionais proporciona um melhor aprendizado em Física. A afirmação 2 indica que é comum a utilização de jogos de RPG para o ensino de Física.

Na última afirmação, utilizando a escala Likert, os alunos apresentaram sua motivação com a estratégia de utilizar um jogo de RPG para estudar o efeito fotoelétrico. Observa-se um resultado satisfatório a partir das respostas evidenciadas no gráfico.

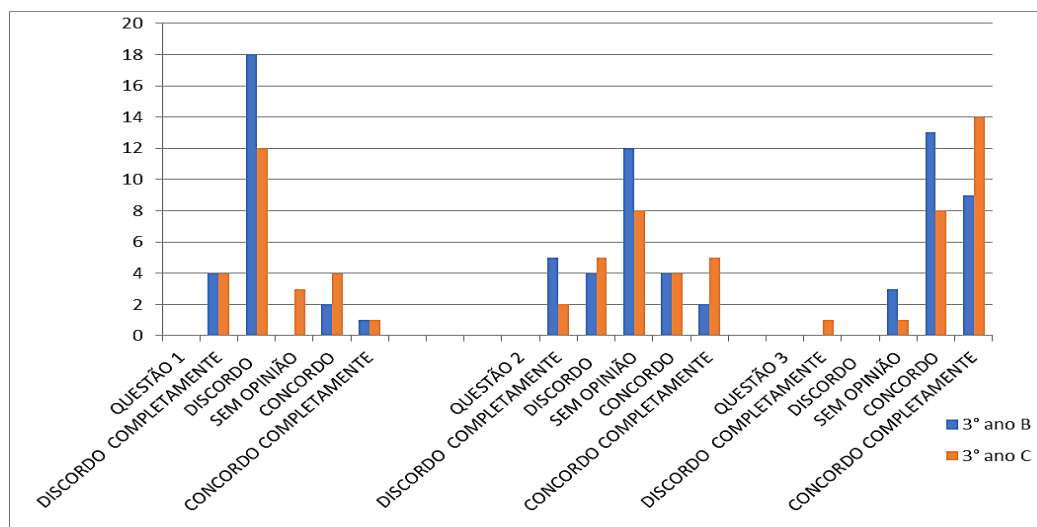


Figura 3 - Resultados obtidos na aplicação do questionário de opinião 1 nas turmas do 3º ano B e 3º ano C.

Na Tabela 2, pode-se visualizar um resumo de algumas medidas de tendência central e de dispersão para cada uma das questões do questionário por turma. Além do desvio padrão (S), moda e mediana, utilizou-se o ranking médio (RM), que nada mais é do que uma média ponderada de cada item por turma.

Comparando as duas amostras, é perceptível que as medidas estão bem uniformes, o que revela equivalência entre as duas amostras trabalhadas. A proposição "Discorda completamente" recebeu a pontuação 1; "Discordo", a pontuação 2; "Sem opinião", a pontuação 3; "Concordo", a pontuação 4; e "Concordo completamente", a pontuação 5.

QUESTÃO	3º ANO B				3º ANO C			
	RM	S	MODA	MEDIANA	RM	S	MODA	MEDIANA
1	2,12	0,92	2	2	2,41	1,10	2	2
2	3	1	3	3	3,2	1,25	3	3
3	4,24	0,66	4	4	4,41	0,92	5	5

Tabela 2 – Medidas estatísticas obtidas a partir da aplicação do questionário de opinião nº 1.

A última questão de cunho subjetivo indagou sobre as expectativas para a utilização do jogo de RPG para estudar o assunto do efeito fotoelétrico. O aluno A respondeu: *"altas, pois é muito mais divertido estudar Física assim, porque a Física – ensinada na escola – é muito chata e monótona"*.

O aluno B: *"vai ser algo mais dinâmico e interativo com os alunos, proporcionando uma melhor relação do aluno com a matéria"*. O aluno C declarou: *"Bom, achei muito interessante um meio inovador para aprender mais sobre o conteúdo, espero aprender bastante e me diverti também"*. Todas as respostas obtidas dos alunos demonstraram expectativas positivas

quanto ao jogo que seria aplicado, porém alguns estudantes não responderam à questão subjetiva.

O questionário de opinião foi essencial para traçar o perfil dos estudantes quanto à aceitação da prática que seria trabalhada. No geral, os estudantes se mostraram abertos a métodos diferentes do tradicional, e que o jogo, para trabalhar um assunto de Física, teve efeito motivador.

#### *Questionário de conhecimentos nº 2*

Com o objetivo de averiguar os conhecimentos dos estudantes acerca do efeito fotoelétrico, foi aplicado o questionário de conhecimentos nº 2 após a intervenção com o jogo de RPG. Por meio da verificação de fidedignidade do questionário pelo coeficiente de Kuder-Richardson, foi obtido o resultado de 0,71, o que demonstra um grau de consistência interna adequado para o instrumento.

A atividade de organizadores prévios após a aplicação do primeiro questionários foi reforçada na fase 1 do jogo ao direcionar os estudantes ao resgate dos conhecimentos prévios por meio de perguntas estruturadas no formato de palavras cruzadas, atendendo ao princípio de consolidação, que enfatiza a importância da insistência da aprendizagem do aluno dentro daquele conceito, sendo essencial essa consolidação, antes mesmo que novos materiais e recursos sejam inseridos.

O Quadro 5 ilustra o questionário de conhecimentos nº 2 implementado ao final da aplicação do jogo, e a Figura 4 ilustra os resultados obtidos em sua aplicação.

A questão 1 trouxe uma análise sobre a relação entre a intensidade da luz e a energia dos fotoelétrons ejetados, e as respostas dos estudantes foram positivas, considerando que as duas turmas apresentaram uma maior frequência absoluta para a alternativa correta, que indica que a intensidade da luz não afeta a energia dos fotoelétrons, pois essa energia depende da frequência da luz incidente. A turma B obteve 60% de acertos e a turma C, 54%.

Os conceitos subsunçores essenciais para essa questão partem da compreensão do estudante sobre a partícula de luz, fóton, energia e frequência da mesma, trabalhados na fase 1 do jogo, dentro da categoria "Lembrar". Esse conhecimento demonstrou fragilidades no primeiro questionário, em que os estudantes erroneamente relacionavam intensidade da luz e à sua correlação com a energia da luz, e não à quantidade de fótons incidentes. O percentual de acertos demonstra que uma parcela dos estudantes ainda permaneceu no equívoco conceitual, nas duas turmas.

Tal questão buscou favorecer uma reconciliação integrativa entre o entendimento de frequência e a sua relação com a energia do fóton, diferenciando esses conceitos subsunçores mais gerais de quantização de energia para conhecimentos mais específicos, compreendendo que a dependência da energia dos fotoelétrons relaciona-se com a frequência da partícula de luz, como trabalhado na categoria "Entender", na fase 2 do jogo, e não com a intensidade da luz, como reforçado na categoria "Analisar", na fase 3. Na questão 2, os estudantes foram questionados sobre a condição da luz incidente para que houvesse emissão de fotoelétrons por



determinado metal. Dezessete alunos da turma B, o que corresponde a 68% da turma, indicaram corretamente a alternativa A, que diz que é necessária uma frequência igual ou superior à frequência de corte. A turma C obteve um percentual de acertos de 58%, o que corresponde a 14 alunos.

<p>QUESTÃO 01. Mudar a intensidade da luz, afeta a energia dos fotoelétrons ejetados?</p> <p>(A) sim, pois a energia dos elétrons aumenta.</p> <p>(B) sim, pois a energia dos elétrons diminui.</p> <p>(C) sim, pois a placa receberá mais fótons.</p> <p>(D) não, pois a energia dos fotoelétrons depende da frequência da luz.</p> <p>(E) não, pois ao aumentar a intensidade da luz, apenas há uma redução de fótons incidentes.</p> <p>QUESTÃO 02. A emissão de fotoelétrons por determinado metal exige que a luz incidente tenha:</p> <p>(A) uma frequência igual ou superior a uma frequência de corte.</p> <p>(B) intensidade superior a um valor determinado.</p> <p>(C) velocidade, onde o comprimento de onda e sua frequência sejam correspondentes dessa emissão.</p> <p>(D) um comprimento de onda superior a um determinado valor.</p> <p>(E) uma frequência e intensidade menor que um valor.</p> <p>QUESTÃO 03. Como podemos aumentar a quantidade de elétrons ejetados de uma plataforma metálica?</p> <p>(A) diminuindo a frequência da luz.</p> <p>(B) zerando a corrente elétrica.</p> <p>(C) aumentando a intensidade</p>	<p>da fonte luminosa.</p> <p>(D) aumentando o comprimento de onda da fonte luminosa.</p> <p>(E) zerando a diferença de potencial.</p> <p>QUESTÃO 04. O efeito fotoelétrico pode ser explicado a partir das suposições de Einstein de que:</p> <p>(A) a energia da luz cresce com a velocidade.</p> <p>(B) a energia da luz é quantizada.</p> <p>(C) a massa do elétron cresce com a velocidade.</p> <p>(D) a carga do elétron cresce com a velocidade.</p> <p>(E) átomos irradiam energia.</p> <p>QUESTÃO 05. Com relação ao efeito fotoelétrico, afirma-se que:</p> <p>I. Qualquer que seja a frequência da luz incidente, é possível a visualização do efeito fotoelétrico, ou seja elétrons serão arrancados do metal.</p> <p>II. Quando elétrons são arrancados de um metal, quanto maior a frequência da luz incidente, maior serão as energias com que os elétrons abandonam o metal.</p> <p>III. Quanto maior a energia de um único fóton, maior é o número de elétrons que ele pode arrancar de um metal.</p> <p>Das afirmativas acima:</p> <p>(A) somente I é correta.</p> <p>(B) somente II é correta.</p> <p>(C) somente I e II são corretas.</p> <p>(D) somente I e III são corretas.</p> <p>(E) I, II e III são corretas.</p>
---	--

Quadro 5 – Questionário de conhecimentos nº 2.

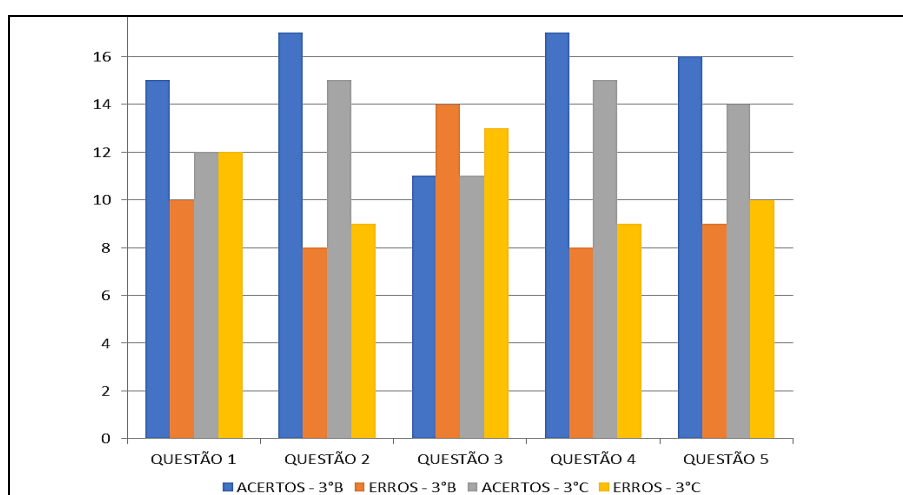


Figura 4 - Resultados obtidos na aplicação do questionário de conhecimentos 2 nas turmas do 3º ano B e 3º ano C.

Conforme a questão anterior, os estudantes deveriam partir da compreensão de conceitos como fótons, energia e frequência da luz, partindo para uma diferenciação progressiva entre a frequência da luz e a frequência de corte do metal, compreendendo que abaixo desta frequência mínima nenhum fóton possui energia suficiente para ejetar elétrons do metal, independentemente da intensidade da luz, como trabalhado nas categorias "Entender" e "Analisar", em suas respectivas fases 2 e 4.

Os estudantes foram indagados sobre como é possível aumentar a quantidade de elétrons ejetados de uma plataforma metálica na questão 3. Ambas as turmas tiveram um total de 12 estudantes que indicaram corretamente a alternativa C, que diz que é preciso aumentar a intensidade da luz, o que corresponde a 48% da turma B e 50% da turma C.

O percentual mediano para esta questão indica fragilidades conceituais dos estudantes ao reconciliar ideias potencialmente conflitantes, como a noção de que a intensidade da luz não afeta diretamente a energia dos elétrons, mas pode afetar o número de elétrons ejetados, como analisado na fase 3 do jogo. A ideia equivocada, na alternativa D, de que quanto maior o comprimento de onda, maior será a quantidade de elétrons ejetados, corresponde à segunda alternativa com maior frequência absoluta para as duas turmas, o que se conecta ao primeiro questionário, quando os estudantes informaram a proporcionalidade direta entre comprimento de onda e frequência.

A questão 4 traz o questionamento sobre como o efeito fotoelétrico pode ser explicado a partir das suposições de Einstein; para isso, a alternativa B traz corretamente que este fenômeno é explicado por meio do entendimento de que a energia da luz é quantizada. De todas as questões do questionário, essa apresentou o resultado mais positivo, no qual a turma B obteve 17 acertos, o que corresponde a um acerto percentual de 68% e a turma C, 15 acertos, o que configura 62%.

Para indicar a alternativa B, é importante que o estudante realize uma diferenciação progressiva do modelo ondulatório e corpuscular da luz, compreendendo que o efeito fotoelétrico é explicado pela ideia de que a luz é composta por fótons e que a energia de cada fóton é proporcional à sua frequência, realizando uma reconciliação integrativa, na qual a energia da luz é feita de pacotes discretos, e essa explicação só é possível dentro do modelo de quantização da luz, como trabalhado durante o percurso do jogo.

A última questão do jogo, questão 5, traz três itens a serem analisados. O primeiro busca o entendimento do estudante sobre frequência de corte, o segundo sobre energia cinética e sua relação com a frequência da luz, e, por fim, a interação de um único fóton com a quantidade de elétrons que o mesmo pode ejetar do metal.

A turma B obteve 16 acertos para esta questão (64%); a turma marcou corretamente o item B, que diz que, quando elétrons são arrancados de um metal, quanto maior a frequência da luz incidente, maior será a energia com que os elétrons abandonam o metal. A turma C obteve 14 acertos, o que corresponde a 58%.

A frequência absoluta geral da turma B para itens corretos, foi de 77, o que corresponde a 62% de acertos no geral e 38% de equívocos, com um

total de 48 itens com marcação incorreta. Seguindo a mesma análise para a turma C, temos um total de 68 itens marcados corretamente e 52 itens equivocados, tendo um total de 57% de acertos no geral e 43% de erros. É perceptível que a turma que apresentou mais facilidade em responder o questionário de conhecimentos prévios, foi justamente aquela que teve melhor desempenho neste questionário, confirmando a importância dos subsunçores para a Teoria da Aprendizagem Significativa.

Visualizando as medidas de tendência central da Tabela 6, percebe-se que a turma do 3º ano B apresentou uma média maior que a turma do 3º ano C. Ambas as turmas apresentaram uma mediana equivalente, com um valor de 6, mas a moda da turma B foi superior em 2 pontos à moda da turma C.

<b>MEDIDAS</b>	<b>3º ANO B</b>	<b>3º ANO C</b>
MÉDIA	6,4	6
MEDIANA	6	6
MODA	10	8
DESVIO PADRÃO	3	3,2

Tabela 3 – Medidas estatísticas obtidas a partir das notas do questionário de conhecimentos nº 2.

Ao analisar a medida de dispersão do questionário entre as notas, percebemos que os valores obtidos para o desvio padrão, não foram valores tão baixos quanto o desejável, indicando que as notas dos estudantes não foram homogêneas. Entende-se que o resultado do questionário demonstrou evolução conceitual sobre o efeito fotoelétrico, ainda que demonstre que esta realidade não foi vivenciada por toda a turma.

#### *Questionário de opinião nº 2*

O questionário de opinião nº 2, ilustrado no Quadro 6, foi aplicado ao final da prática para verificar as impressões dos alunos sobre o jogo trabalhado, sendo dividido em quatro questões objetivas elaboradas a partir da escala de atitude Likert e uma questão subjetiva. Ao averiguar a fidedignidade do questionário por meio do coeficiente alfa de Cronbach, chegou-se a um valor de 0,71, o que indica uma consistência interna satisfatória.

A Figura 5 evidencia as respostas obtidas por meio da aplicação do questionário de opinião final nas turmas do 3º ano B e 3º ano C. A primeira afirmação do questionário busca compreender se o jogo agiu como estímulo e motivação para aprender o assunto de Física. A segunda afirmação investiga se o jogo se configura como um bom instrumento para abordar o efeito fotoelétrico. Buscou-se compreender, na afirmação 3, se a utilização do jogo de RPG favoreceu o aprendizado e foi útil para o entendimento do efeito fotoelétrico. A última questão de cunho objetivo traz a opinião dos estudantes sobre o desenvolvimento de outros jogos de RPG para ensinar novos conteúdos de Física.

O resultado geral mostra uma boa aceitação do jogo para a abordagem do efeito fotoelétrico e seu favorecimento à aprendizagem por grande parte dos estudantes. Porém, uma pequena minoria evidenciou a desaprovação do jogo e sua incapacidade em promover a aprendizagem. Este resultado

conecta-se com o questionário de opinião inicial, ao observamos que alguns estudantes preferem métodos tradicionais de ensino, o que pode gerar uma resistência maior às metodologias ativas, e que a não intencionalidade em aprender, não gera aprendizagem.

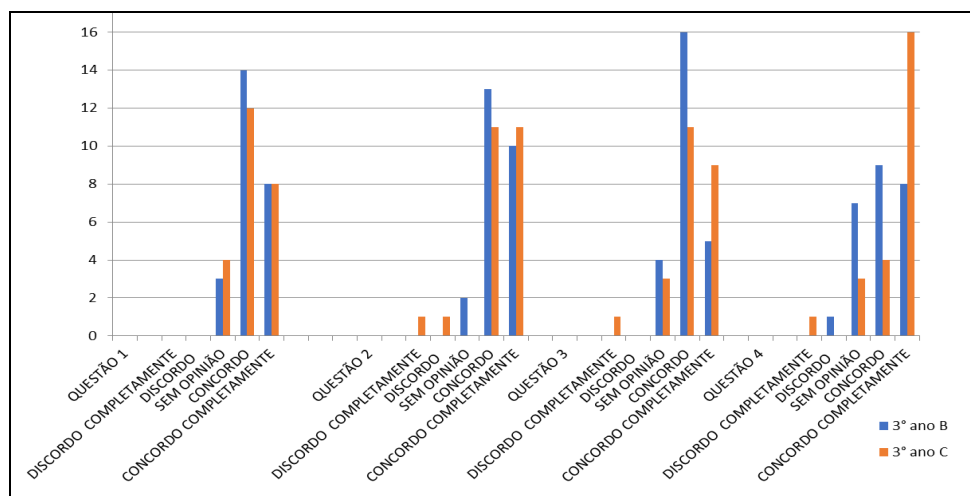


Figura 5 - Resultados obtidos na aplicação do questionário de opinião nº 2.

A partir do desvio padrão (S), percebe-se que as respostas dos alunos por questão estão uniformes, evidenciando a concordância entre os alunos através da moda e mediana, em que é perceptível que ambas estão equivalentes em todas as questões. A partir do ranking médio (RM), percebemos que as respostas dos estudantes estão dentro do esperado.

QUESTÃO	3º ANO B				3º ANO C			
	RM	S	MODA	MEDIANA	RM	S	MODA	MEDIANA
1	4,22	0,64	4	4	4,19	0,96	4	4
2	4,33	0,62	4	4	4,26	0,96	4	4
3	4,07	0,61	4	4	4,15	0,92	4	4
4	4	0,87	4	4	4,38	1,02	5	5

Tabela 4 – Medidas estatísticas obtidas a partir da aplicação do questionário de opinião nº 2.

Na última pergunta do questionário, os estudantes expressaram livremente suas impressões sobre o jogo e a prática em geral. O aluno A respondeu que: *"Foi um jogo muito interessante gostei, a pessoa jogando esse jogo se estimula mais a aprender mais e gostei muito"*. O aluno B afirmou: *"O jogo foi muito útil para o aprendizado do efeito, a pratica é a maneira que foi aplicado foi muito boa, a maneira da explicação dos gráficos foram um pouco difícil, o bom seria se houvesse mais explicação dos gráficos. Fora isso, o jogo foi ótimo, parabéns para quem o desenvolveu"*.

Um aluno C destacou que: *"Foi muito bom. Porém, é bom que a intensidade das questões fossem mais difíceis (p. negativo), (p. positivo) A forma de aprendizagem melhorou muito"*. O aluno D declarou: *"A utilização do jogo como forma de aprendizado, foi algo incrível e divertido pois estimulou positivamente os alunos a aprenderem o assunto para vencer o jogo, a abordagem foi ótima e principalmente sua história e desenvolvimento"*.

Ao analisar as respostas, ficou evidente que os estudantes apresentaram uma ótima aceitação do jogo, com o qual puderam se divertir e aprender também, trabalhando a cooperação entre os participantes. Alguns alunos identificaram como ponto negativo o nível mais básico das questões trabalhadas na categoria “Avaliar” do jogo e relataram dificuldade em compreender os gráficos fornecidos pelo *software* PhET ao realizar mudanças em algumas variáveis/parâmetros.

#### *Produção de ilustrações conceituais*

Após a finalização da prática, na semana seguinte, os alunos trouxeram suas produções individuais de ilustrações conceituais referentes ao fenômeno em estudo. É importante destacar que as produções aqui apresentadas foram elaboradas de forma livre e espontânea, sem seguir regras ou relações rígidas e hierárquicas dos conhecimentos, pois as elaborações pessoais feitas pelos estudantes tinham o objetivo de organizar informações relevantes e produzir um esboço de ilustrações e conceitos sobre o efeito fotoelétrico, trabalhando os alunos dentro da categoria “Criar” da Taxonomia de Bloom.

Foram obtidos diversos diagramas dos alunos, e a Figura 6 apresenta dois exemplos extraídos da amostra total. Na Figura 6a, o aluno representou uma parte conceitual, relacionando o efeito fotoelétrico ao fotovoltaico, ilustrando o fenômeno e sua equação, mostrando ainda um processo de mudança de nível de energia do elétron, resultando na emissão de um fóton.

O aluno apresentou explicações textuais mais claras e representações esquemáticas detalhadas do processo físico, incluindo o comportamento dos elétrons e fótons. A conexão com conceitos como o efeito fotovoltaico demonstra uma evolução no entendimento aplicado, sugerindo um aprendizado significativo e interdisciplinar.



Figura 6a e 6b – Ilustrações conceituais produzidas pelos alunos.

Na Figura 6(b), o aluno optou por colocar balões sobre alguns conceitos do efeito fotoelétrico, fazendo uma representação em nível atômico da emissão de elétrons na placa metálica e inserindo o desenho de Einstein. Os estudantes apresentam uma visão inicial e geral do efeito fotoelétrico, destacando conceitos-chave como a emissão de elétrons por materiais metálicos expostos à luz e a explicação de Einstein sobre o fenômeno.

A partir das produções desenvolvidas, foi possível identificar a percepção da interdisciplinaridade e da interdependência de cada estudante. As

produções indicam o desenvolvimento de habilidades em sintetizar e organizar as informações referentes ao efeito fotoelétrico, por meio de representações únicas e com símbolos que refletem a compreensão individual dos estudantes.

### **Conclusões**

Os estudantes tiveram a oportunidade de lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar a partir da abordagem apresentada no jogo sobre o efeito fotoelétrico. Para ficar mais evidente a preocupação com a fidedignidade às categorias trabalhadas na Taxonomia de Bloom no jogo, cada seção no *PowerPoint* foi nomeada com o título da categoria abordada, para que o professor pudesse compreender em que momento cada categoria estaria sendo trabalhada no decorrer da aplicação.

Durante o percurso formativo do jogo, os estudantes demonstraram capacidade de transferência ao manifestar compreensão e captação de significados ao resolverem, de forma colaborativa, diversas situações-problema propostas no jogo. Foi possível observar a capacidade dos estudantes ao verbalizarem conceitos trabalhados sobre o fenômeno de estudo. A premissa da Teoria da Aprendizagem Significativa, que investiga a compreensão do conceito em longo prazo, não se pode afirmar no presente trabalho, tendo em vista que a aplicação do questionário foi realizada uma única vez.

Além disso, as categorias do jogo foram estruturadas visando proporcionar diferenciações progressivas e reconciliações integradoras durante o processo, levando o estudante a buscar formas superiores de aprendizagem, atribuindo novos significados a seus conhecimentos. Tudo isso nos faz acreditar que este jogo pode ter indícios de um recurso potencialmente significativo.

A correlação do rendimento do questionário de conhecimentos aplicado ao final com o questionário de conhecimentos prévios dos estudantes demonstrou que a turma B, ao apresentar o maior percentual de acertos no primeiro questionário, ou seja, maior compreensão dos conceitos subsunçores, conseqüentemente apresentou uma melhor correlação com o fenômeno de estudo, corroborando o processo de assimilação da Teoria da Aprendizagem Significativa.

A categoria "Lembrar" procurou gerar uma consolidação, insistência no domínio dos conhecimentos prévios e, para alguns estudantes, uma possível estruturação de organizadores prévios. A abordagem mais expositiva na categoria "Entender" resultou em uma menor participação discente.

Nas categorias "Aplicar" e "Analisar", focou-se na negociação de significados, partindo de diferenciação e modificação de conceitos, permitindo aos alunos progredir na reconciliação integrativa da definição do efeito fotoelétrico para a compreensão de seus fatores influenciadores.

Na categoria seguinte, "Avaliar", ocorreu a checagem dos conhecimentos, de forma que os estudantes puderam verificar e criticar as informações trabalhadas, buscando a insistência na aprendizagem por meio do princípio de consolidação. Nesta etapa, os alunos sugeriram um aumento da complexidade das questões para o aprimoramento futuro do jogo.

Os estudantes apresentaram uma boa aceitação do jogo e um bom entendimento do assunto relativo ao efeito fotoelétrico, configurando a prática como exitosa. Dessa maneira, o jogo é sugerido como estratégia capaz de contribuir para o desenvolvimento do trabalho docente, com foco na utilização de jogos de RPG pedagógico, fornecendo subsídios para que outros professores possam utilizar o recurso apresentado, bem como servir de sugestão para criações futuras e demais possibilidades de continuidade da pesquisa.

Uma das principais dificuldades na elaboração do jogo foi a busca por roteiros de jogos de RPG para o ensino de Física, uma vez que o acervo de jogos de RPG para fins didáticos apresenta uma limitação significativa. Foi feita uma vasta pesquisa realizada e, ao final, foram tomados como inspiração vários autores citados na revisão de literatura, bem como uma série da Netflix: *The 100*.

Por fim, reforça-se que trabalhar com métodos inovadores em sala de aula é um desafio, pois demanda tempo, dedicação e compromisso, mas é gratificante quando o objetivo didático-pedagógico é atingido.

### **Referências**

Aguiar, B., Correia, W., e Campos, F. (2011). Uso da escala Likert na análise de jogos. *SBC - Proceedings of SBGames Anais*. 7(2), 1-5. Recuperado de: <https://www.sbgames.org/sbgames2011/proceedings/sbgames/papers/art/short/91952.pdf>.

Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Editora Plátano.

Artuso, A. R. (2006). *O uso da hipermídia no ensino de física: possibilidades de uma aprendizagem significativa* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Assis, F., e Piassi, L. P. (2015). Role-playing games nas aulas de física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(2), 675-681. Recuperado de: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12721>.

Barboza, C. B. S., Leite Filho, R. V., e Barboza, F. M. (2025). Os Segredos por trás do Planeta Zahara: Uma proposta de um jogo de RPG para o ensino do efeito fotoelétrico. *A Física na Escola*, 23, 240178-240178. <https://doi.org/10.59727/fne.v23i1.178>.

Barth, E. T. (2003). A Análise de Dados na Pesquisa Científica. Importância e desafios em estudos organizacionais. *Desenvolvimento em questão*, 1(2), 177-201. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/752/75210209.pdf>.

Bianchet, S. M., e Dos Anjos, A. R. (2015). A relação da Taxonomia de Bloom e os jogos na Matemática. *Maiêutica*, 3(1), 87-90. Recuperado de: [https://publicacao.uniasselvi.com.br/index.php/MAD\\_EaD/article/download/1397/546](https://publicacao.uniasselvi.com.br/index.php/MAD_EaD/article/download/1397/546).

Bispo, C. A. F., e Gibertoni, D. (2007). Coeficiente de fidedignidade para mensurações qualitativas. In *A energia que move a produção: um diálogo*

sobre integração, projeto e sustentabilidade. (pp. 1-9). *XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Foz do Iguaçu: ENEGEP.

Bloom, B. S., Hastings, J. T., e Madaus, G. F. (1971). *Handbook on formative and sommative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill.

Ciraudó, R. M. (2015). *O uso da estatística como ferramenta de análise de resultado de avaliação* (Dissertação de Mestrado). Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada, Rio de Janeiro.

Costa Neto, P. L. de O. (2002). *Estatística*. São Paulo: Editora Blücher.

Da Silva, J. R. N., Arenghi, L. E. B., Lino, A. (2013). Por que inserir Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 6(1), 69-83. <http://dx.doi.org/10.3895/S1982-873X2013000100004>.

Silva Júnior, J. M., e Coelho, G. R. (2020). O ensino por investigação como abordagem para o estudo do efeito fotoelétrico com estudantes do ensino médio de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(1), 51-78. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8086211>

Feijoo, A. M. L. C. D. (2010). *A pesquisa e a estatística na psicologia e na educação*. São Paulo: Centro Edelstein.

Ferraro, N. G., e Soares, P. T. (2013). *Física Básica*. São Paulo: Atual.

Ferraz, A. P. D. C. M., e Belhot, R. V. (2010). Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & produção*, 17, 421-431. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2010000200015>.

Garris, R., Ahlers, R., e Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441-467. <https://doi.org/10.1177/1046878102238607>.

Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas.

Hora, H. R. M., Monteiro, G. T. R., e Arica, J. (2010). Confiabilidade em questionários para qualidade: um estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. *Produto & Produção*, 11(2), 85-103. <https://doi.org/10.22456/1983-8026.9321>.

Krathwohl, D. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: an overview. *Theory in Practice*, 41(4), 212-218. [https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104\\_2](https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2).

Machado, M. A., e Ostermann, F. (2006). Unidades didáticas para formação de docentes as series iniciais do ensino fundamental. *Instituto de Física/UFRGS*, 17(6), 1-74.

Mantovani, S. R. (2015). *Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico* (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Paulista, São Paulo.



Ministério da Educação do Brasil. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. MEC.

Moreira, M. A. (1999). *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária.

Moreira, M. A. (2011). *Metodologias de pesquisa em ensino*. São Paulo: Livraria da Física.

Moreira, M. A. (2017). Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. *Revista do Professor de Física*, 1(1), 1-13. Recuperado de: [https://www.if.ufrj.br/~pef/aulas\\_seminarios/seminarios/2014\\_Moreira\\_De\\_safiosEnsinoFisica.pdf](https://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_De_safiosEnsinoFisica.pdf).

Moreira, M. A. (2018). Uma análise crítica do ensino de Física. *Estudos avançados*, 32(94), 73-80. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>.

Moreira, M.A. (2021). Desafios no ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43, e20200451-1-e20200451-8. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>.

Moreira, M.A., e Massoni, N.T. (2015). Interfaces entre teorias de aprendizagem e ensino de ciências/física. *Ins. de Física/UFRGS*, 26(6), 1-42.

Nogaro, A., Ecco, I., e Rigo, L. F. (2014). Aprendizagem e fatores motivacionais relacionados. *Revista Espaço Pedagógico*, 21(2), 419-434. <http://dx.doi.org/10.5335/rep.v21i2.4309>.

Pelizzari, A., Kriegl, M. D. L., Baron, M. P., Finck, N. T. L., e Dorocinski, S. I. (2002). Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. *Revista PEC*, 2(1), 37-42. Recuperado de: [https://www.academia.edu/download/35098174/teoria\\_da\\_aprendizagem\\_signifi.\\_Ausubel\\_1\\_.pdf](https://www.academia.edu/download/35098174/teoria_da_aprendizagem_signifi._Ausubel_1_.pdf).

Praia, J. F. (2000). Aprendizagem significativa em D. Ausubel: Contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino. In III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, 121-134.

Sales, G. L., Vasconcelos, F. H. L., Castro Filho, J. A. D., e Pequeno, M. C. (2008). Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(3), 3501-1-3501-13. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172008000300017>.

Santos, G. M., et al. (2022). O efeito fotoelétrico e sua aplicação no dia a dia. In *Anais IX Encontro dos Grupos do Programa de Educação Tutorial da Região Norte*. 9(1), 1-5.

Scaico, P. et al. (2012). Um jogo para o ensino de programação em Python baseado na Taxonomia de Bloom. In *Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*, 230-239.

Schneider, M. F. (2015). *SCRUM'ed: um jogo de RPG para ensinar Scrum* (Monografia). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Souza, C. G. (2016). *Física moderna no ensino médio: lúdico no efeito fotoelétrico* (Monografia). Universidade Federal Fluminense, Niterói.