

CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM JOGO DIGITAL PARA O ENSINO DE ELETRICIDADE

Edson Ribeiro de Britto de Almeida

Júnior

Colégio Conexão COC e Faculdade UNICAMPO

erbaj13@gmail.com

Lilian Akemi Kato

Universidade Estadual de Maringá

lakato@uem.br

Valdinei Cezar Cardoso

Universidade Federal do Espírito Santo

Santo

valdinei.cardoso@ufes.br

Resumo

Esta é uma pesquisa qualitativa, pautada na teoria cognitiva da aprendizagem multimídia, que versa a respeito da produção e utilização de um jogo digital para o ensino de conceitos inerentes à Física, mais precisamente à eletrização dos corpos. Os sujeitos da pesquisa foram estudantes do Ensino Médio de escolas localizadas na região noroeste do Estado do Paraná, Brasil, com idade média de 16 anos. A interação com o jogo digital ocorreu em horário extraclasse, durante uma semana. A coleta dos dados para a pesquisa deu-se pela aplicação de um questionário antes da utilização do jogo e pela captura de todas as estratégias e escolhas dos jogadores durante a interação com o jogo digital. Os resultados indicam que a utilização de imagens e sons durante a interação com um jogo digital educativo, para o estudo de um tema abstrato como é a Eletrostática, possibilitou aos estudantes atribuírem significados e indícios de compreensão dos conceitos estudados. Além disso, a produção do jogo pautando-se na teoria cognitiva da aprendizagem multimídia nos possibilitou dar especial atenção ao desenvolvimento de todas as fases do jogo no sentido de aumentar o seu potencial de ensino, de acordo com os pressupostos desta teoria.

Palavras-chave: Jogo digital; Aprendizagem Multimídia; Eletrostática.

CONSTRUCTION AND USE OF A DIGITAL GAME FOR TEACHING ELECTRICITY

Abstract

This is a qualitative research, addressed in the cognitive theory of multimedia learning, which deals with the respect to the production and use of a digital game for the teaching of concepts inherent to Physics, more precisely to the electrification of bodies. The research subjects were high school students from schools located in the northwest region of the State of Paraná, Brazil, with an average age of 16 years. The interaction with the digital game took place outside of school hours, for a week. The data collection for a research took place by applying a questionnaire before using the game and capturing all the statistics and choices of the players during the interaction with the digital game. The results indicate that the use of images and children during an interaction with an educational digital game, for the study of an abstract theme such as Electrostatics, allows students to assign meanings and signs of understanding the studied concepts. In addition, the production of the game based on the cognitive theory of multimedia learning allows us to pay special attention to the development of all phases of the game in order to increase its teaching potential, according to the assumptions of this theory.

Keywords: Digital Game; Multimedia Learning; Electrostatic.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea está sujeita a constantes mudanças políticas, econômicas, industriais, tecnológicas, entre outras. A escola, por sua vez, não acompanhou as mudanças da sociedade, tornando-se reprimida e pouco atrativa (ALARCÃO, 2001).

Mattar (2010) defende a premissa de que as interações com recursos tecnológicos proporcionam diferentes estruturas cerebrais, ocasionando uma neuroplasticidade ou plasticidade do cérebro. Nesse sentido, uma abordagem mista, contemplando a integração das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e o ensino de Física, proporciona, em geral, um amplo leque de possibilidades para auxiliar na aprendizagem dos estudantes. Entre as várias possibilidades das TIC para ensino de Física, optamos pela utilização de jogos digitais, por acreditarmos que estes valorizam a interação dos estudantes com o processo de construção e análise do conhecimento científico, permitindo, assim, que compreendam melhor os modelos físicos e testem seus conhecimentos prévios com os novos conceitos estudados.

No entanto, simplesmente interagir com um jogo educacional não garante que o jogador desenvolva o processamento cognitivo necessário para a construção da aprendizagem do objetivo instrucional (MAYER; JOHNSON, 2008).

Um dos desafios atuais para os pesquisadores educacionais é orientar como projetar jogos educacionais que alcancem os

objetivos de instrução e auxiliem no ensino e na aprendizagem. Assim, o presente estudo tem o objetivo de descrever o processo de criação de um jogo digital pautando-se nos pressupostos teóricos da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM) e analisar indícios de aprendizagem significativa possibilitados pela interação com o jogo.

2. TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA

A TCAM, proposta por Richard E. Mayer, considera que a visão e a audição são canais complementares e por isso as informações que chegam ao cérebro por meio destes canais devem complementar-se mutuamente.

A construção do conhecimento, na perspectiva da aprendizagem multimídia, é uma atividade em que o aprendiz busca construir uma representação mental coerente entre aquilo que ele já sabe e os novos conceitos existentes no material de instrução multimídia. A TCAM apresenta um modelo cognitivo de aprendizagem multimídia destinado para representar o sistema de processamento de informação humana (Figura 1).

Ao analisarmos a Figura 1 podemos perceber que, segundo a TCAM, as imagens e as palavras relevantes em uma apresentação multimídia são captadas por nossos olhos e ouvidos, ficando alojados em nossa memória sensorial. A memória sensorial permite a retenção dessas palavras e imagens por um

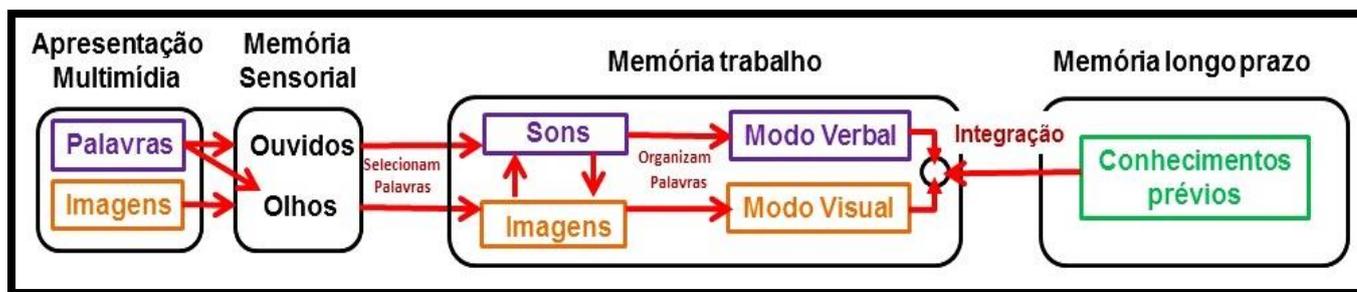


Figura 1. Modelo do processo cognitivo segundo a TCAM. Fonte: Adaptado de MAYER (2009).

breve período. A memória de trabalho é a responsável por manipular essas informações captadas pela memória sensorial e construir um modelo verbal e um modelo visual.

A memória de longo prazo corresponde ao armazém dos conhecimentos prévios do aluno. É nessa etapa que ocorre o processamento ativo por parte do aprendiz, pois a aprendizagem significativa ocorre quando o aprendiz se apropria dos modelos criados durante a interação com a apresentação multimídia (na memória de trabalho) e cria relações mentais com os conhecimentos preexistentes em sua estrutura cognitiva.

Esta teoria concebe três possíveis tipos de processamento que podem ocorrer durante uma tarefa de aprendizagem multimídia, sendo que cada um deles se fundamenta na capacidade cognitiva do aluno. São eles: o processamento cognitivo estranho, o processamento cognitivo essencial e o processamento cognitivo generativo.

O processamento cognitivo estranho ocorre quando o processamento cognitivo não segue a meta instrucional, ou seja, quando informações interessantes, mas sem importância para o objetivo instrucional, são apresentadas ao aluno e isso torna o conteúdo

confuso e desperdiça parte da capacidade cognitiva dele.

Outro tipo de processamento é o essencial, que ocorre durante a seleção de informações importantes. A seleção do material relevante ocorre quando o aprendiz se atenta às palavras chaves e às imagens específicas existentes em um material de instrução multimídia. Este processo envolve utilizar as informações contidas no material de instrução e organizá-las na memória de trabalho, almejando criar uma base adequada de sons e de imagens.

Já o processamento generativo é causado pela participação ativa do aprendiz, pois envolve a organização e a integração das informações, promovendo a aprendizagem dos novos conceitos desenvolvidos na memória de trabalho com apoio dos conhecimentos prévios.

A aprendizagem significativa (AS), segundo Ausubel (2003), ocorre quando os novos conhecimentos interagem de maneira não arbitrária e substantiva com os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Não arbitrária, porque a interação não ocorre com qualquer conhecimento já existente na estrutura cognitiva dos aprendizes e substantiva diz respeito a não ser levado ao “pé da letra” aquilo

que é aprendido (MOREIRA, 2012). Ausubel (2003) chama esses conhecimentos prévios de subsunçores. Em termos simples, subsunçor “é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto” (MOREIRA, 2012, p. 2).

O processo de aprendizagem significativa requer que o aprendiz utilize um material de instrução potencialmente significativo e empregue um mecanismo de aprendizagem significativa. O termo “material potencialmente significativo” simboliza que o material deve ter um “potencial” de auxiliar no processo de aprendizagem significativa, ou seja, permite que o aprendiz estabeleça relações, de forma não arbitrária e substantiva, entre aquilo que ele já sabe e os novos conceitos ou proposições que serão apresentados durante a tarefa de aprendizagem. Entretanto, não se pode considerar a aprendizagem significativa como a aprendizagem de material significativo. Afinal, se o material já fosse significativo, o objetivo da aprendizagem significativa já estaria completado, antes de sequer se tentar ocorrer qualquer tipo de aprendizagem (AUSUBEL, 2003, p.78).

Então, mesmo que um material de aprendizagem seja potencialmente significativo, se o aprendiz optar por memorizar os conceitos apresentados de maneira arbitrária e não substantiva, os temas estudados serão sem sentido. Neste mesmo viés, se o material de

aprendizagem consistir apenas em associações e atividades puramente arbitrárias e literais, o processo de aprendizagem também não será significativo. Consequentemente, para que a aprendizagem significativa ocorra de fato, também é necessário que as ideias relevantes estejam disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz, para satisfazer a função de subsunção e de ancoragem (AUSUBEL, 2003).

O processo de reconciliação integradora consiste na exploração das ligações entre conhecimentos, recombinação e relacionando-os, buscando as diferenças e semelhanças entre eles. Um material de instrução potencialmente significativo deve explorar as relações entre os conceitos, destacando as diferenças e semelhanças entre os conteúdos aprendidos. Portanto, a reconciliação integradora é um recurso que retoma os conteúdos mais abrangentes e oferece suporte para o professor evidenciar a relação entre o conceito aprendido e os subsunçores dos aprendizes que permitiram a ancoragem do novo significado.

Apesar de tudo isso, é o aluno quem decide se vai aprender o conteúdo apresentado de forma mecânica ou significativa. Portanto, uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) deve despertar o interesse dos estudantes para a aprendizagem. Na seção a seguir apresentaremos o processo de construção do jogo Mr. Charge em Aventuras Eletrizantes, detalhando a inserção dos princípios da TCAM que respaldam sua

designação de material de instrução potencialmente significativo.

3. DESENVOLVIMENTO DO JOGO “MR. CHARGE EM AVENTURAS ELETRIZANTES”

Mr. Charge em Aventuras Eletrizantes é um jogo de RPG¹ que objetiva auxiliar os jogadores a aprender alguns conceitos de eletricidade. Foi desenvolvido por meio do *software* Scratch 2.0², do Grupo *Lifelong Kindergarten* do Laboratório de Mídia do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, e aborda os conceitos de carga elétrica e processos de eletrização.

A escolha do nome e do tema abordado no jogo levou em consideração que “na eletrostática, os campos elétricos e seus formalismos representacionais associados são tridimensionais, abstratos e têm poucas analogias com a experiência diária dos alunos” (FURIO; GUIASOLA, 1998).

Pensando em superar este entrave, o jogo inicia com uma animação contando uma breve história com o intuito de inserir o jogador no contexto do jogo e para cumprir o primeiro item da UEPS, definir o conteúdo que será abordado. “Em mais um dia tranquilo na Terra das Cargas Neutras, o professor M realizou mais um de seus experimentos secretos, desta vez uniu o cérebro de um humano com o de uma carga elétrica, criando assim os irmãos Rufus. Eles se negam a obedecer às ordens do

professor M e fogem com um único objetivo, espalhar o mal. Durante a fuga, os irmãos Rufus sequestram Samira, namorada de Mr. Charge (personagem principal), e fogem. Desesperado, Mr. Charge parte em sua aventura para salvar Samira. Com medo do caos que os irmãos Rufus podem causar, devido ao conhecimento abrangente sobre cargas elétricas, seu criador professor M explica para Mr. Charge que para conseguir salvar Samira, precisa aprender sobre os conceitos de carga elétrica assim como os irmãos Rufus e que esse caminho será difícil”.

Após essa história, Mr. Charge inicia sua aventura em busca da personagem Samira. Durante a primeira fase do jogo, Mr. Charge encontra o elétron, que explica sobre a sua carga elementar e apresenta os elementos constituintes do átomo. Explica ainda que quanto maior a distância entre a órbita de rotação dos elétrons e seu núcleo, menor será a força que os mantém preso ao átomo, resultando em certa liberdade para se moverem no interior dos materiais, dando assim origem aos chamados elétrons livres.

Essa explicação inicial cumpre o papel do princípio “pré-treino” da TCAM, pois, funciona como um organizador “expositivo”, ao fornecer subsunçores relevantes e necessários para a compreensão dos fenômenos físicos que serão apresentados posteriormente.

1. RPG é a sigla inglesa de *Role-Playing Game*, que em português significa “jogo de interpretação de personagens”, é um gênero de videogames. Consiste em um tipo de jogo no qual os jogadores desempenham o

papel de um personagem em um cenário fictício. É um jogo diferente dos convencionais, pois não há ganhadores nem perdedores.

2 . Disponível em www.scratch.mit.edu.

Na segunda etapa, o jogador é direcionado a uma espécie de Quiz³, de múltiplas escolhas, contemplando questões relacionadas aos conceitos elementares do estudo de eletrostática. Essas questões propostas têm o intuito de conhecer os conhecimentos prévios dos alunos (2º princípio de uma UEPS). A seguir, Mr. Charge encontra o personagem “Mago” e começam um diálogo com o intuito de construir o conhecimento acerca das propriedades físicas dos materiais condutores/isolantes elétricos. O Mago direciona o jogador para uma animação do fluxo dos elétrons em um fio condutor para explicar e exemplificar a corrente elétrica (Figura 2), utilizando assim, o princípio da modalidade e da redundância para propor situações introdutórias.

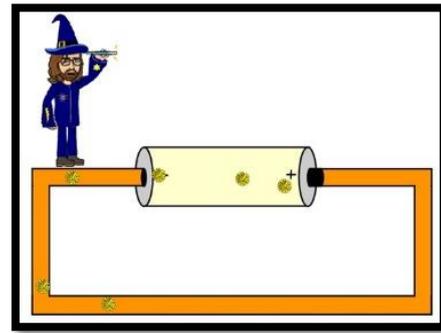


Figura 2. Fluxo da corrente elétrica.
Fonte: Próprio autor.

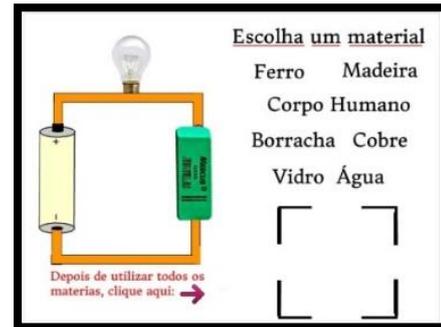


Figura 3. Utilizando a borracha para fechar um circuito elétrico. Fonte: Próprio autor.

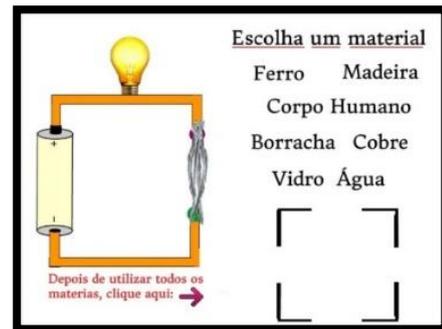


Figura 4. Utilizando uma barra de ferro para fechar um circuito elétrico. Fonte: Próprio autor.

O princípio da modalidade se dá pelo fato do personagem apresentar o circuito elétrico por meio da animação com narração e imagens (princípio multimídia), ao invés de narração, legendas e imagens, evitando a redundância, que em geral, sobrecarrega os canais de processamento cognitivo.

Na terceira etapa, o jogador dispõe de um circuito elétrico aberto e tem à sua disposição vários materiais, que podem ser encaixados para fechar o circuito. Ao fazer isso, o jogador pode observar que com alguns materiais a lâmpada do circuito acende e com outros não. (Figuras 2, 3 e 4).

Esse simulador tem o objetivo de proporcionar que o aprendiz atribua novos significados aos seus conhecimentos prévios de materiais condutores/isolantes elétricos, proporcionando a diferenciação progressiva dos conceitos em sua estrutura cognitiva (4º princípio da UEPS). Após utilizarem todos os materiais disponíveis, o jogador deve responder, no próprio jogo, o que são materiais

3 . Quiz é o nome de um jogo de questionários que tem como objetivo fazer uma avaliação dos conhecimentos sobre determinado assunto.

condutores e isolantes. Desta maneira o aluno, por meio do jogo, realizará o processo de reconciliação integradora ao buscar relações entre seus conhecimentos prévios com os conceitos aprendidos, para definir sua própria concepção de materiais condutores e isolantes.

Na etapa seguinte do jogo, Mr. Charge encontra Dufay, personagem que aborda o conceito de eletrização de corpos. Para explicar os processos de eletrização, se faz necessário abordar primeiro os conceitos de corpos neutros, positivamente carregados, negativamente carregados e o princípio da quantização da carga elétrica. Essa segmentação do conteúdo, além de ser um dos princípios da TCAM, é de suma importância para fornecer subsunçores fundamentais para a diferenciação progressiva e permitir que os alunos avancem progressivamente em busca da compreensão desses conceitos.

Dufay se apropria de animações para definir corpos neutros, corpos carregados positivamente e corpos carregados negativamente. Ao explicar os corpos eletricamente neutros e eletricamente carregados, o personagem utiliza diagramas animados para apresentar os conceitos teóricos e um modelo para representar o excesso, falta ou igualdade da quantidade de elétrons em um corpo, em comparação com o número de prótons.

A seguir, apresenta o princípio da quantização de cargas e resolve um exercício numérico, sempre utilizando o princípio da sinalização para destacar os pontos essenciais para o entendimento do exercício (Figura 5).

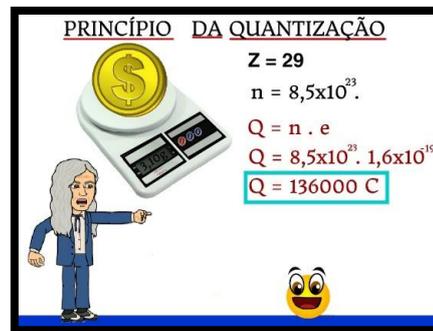


Figura 5. Ilustração que contempla o princípio da sinalização. Fonte: Próprio autor

O jogador é então direcionado a uma atividade na qual deve atritar alguns materiais. Ao atritar o bastão de vidro com a flanela, o jogo proporciona a visualização da transferência de elétrons de um corpo para outro, fazendo com que a carga elétrica resultante no vidro seja positiva e na flanela negativa. Com isso espera-se que os alunos sejam capazes de interpretar que o doador de elétrons seria o bastão de vidro e o receptor seria a flanela. Ao atritar a seda com a ebonite também ocorre o processo de eletrização por atrito no qual a ebonite fica com carga elétrica negativa e a seda com carga elétrica positiva, sendo que a transferência de elétrons se deu da seda para a ebonite, ou seja, a seda é o doador de elétrons e a ebonite é o receptor de elétrons.



Figura 6. Atritando a flanela com um bastão de vidro. Fonte: Próprio autor.



Figura 7. Atritando seda com um bastão de ebonite.

Fonte: Próprio autor.

Com o objetivo de propor novas situações problemas em níveis mais altos de complexidade e aprofundar o conceito de eletrização por atrito, apresentamos uma contextualização histórica do fenômeno e a tabela triboelétrica. Para exemplificar o modo correto de se utilizar a tabela triboelétrica, uma animação ilustra o atrito entre uma pele de coelho e uma panela revestida de teflon para explicar, simultaneamente com a tabela triboelétrica, o motivo da pele de coelho ficar eletrizada positivamente e o teflon negativamente. A utilização da tabela simultaneamente com a narração do personagem contempla os princípios da contiguidade temporal, contiguidade espacial e o princípio multimídia.

Durante a última etapa do jogo, Dufay aborda os seguintes conceitos: o processo de eletrização por contato, o procedimento para efetuar o cálculo da carga resultante, a lei de interação entre cargas e o processo de eletrização por indução eletrostática. Uma animação é utilizada para ilustrar as etapas do processo de eletrização por indução eletrostática. Inicialmente uma carga positivamente carregada ao se aproximar de um

corpo neutro (induzido), atrai os seus elétrons e repele seus prótons, causando a polarização (Figura 8). A seguir, ligamos o induzido ao solo e, na presença do indutor, desfazemos esta ligação. Assim, as cargas do induzido se redistribuem, tornando-se negativamente carregado. (Figura 9).

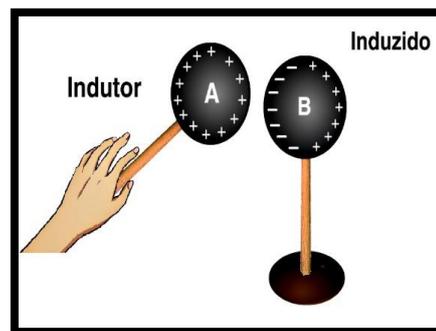


Figura 8. Polarização do induzido devido a aproximação do indutor. **Fonte:** Próprio autor.

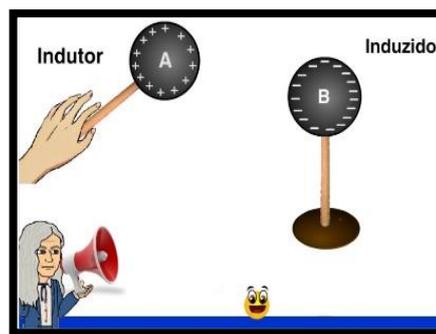


Figura 9. Dufay explicando o processo de eletrização por indução eletrostática. **Fonte:** Próprio autor.

Após a última fase, o jogo finaliza com Mr. Charge encontrando um caminho para uma cidade chamada *Magnetic City*, onde prosseguirá a sua aventura. Essa “nova aventura” introduzirá os conceitos referentes ao eletromagnetismo e estará presente em uma futura continuação deste jogo.

As animações apresentadas no decorrer do jogo foram feitas sob a forma de conversação, respeitando os princípios da Personalização e da Coerência, ao evitar

informações desnecessárias para o objetivo instrucional. Além disso, todas apresentaram as informações gráficas simultânea às narrações relativas a elas, atendendo os princípios de Contiguidade Espacial e Contiguidade temporal.

Seguir todas as etapas do processo de construção de uma UEPS, no nosso caso o jogo, não é garantia de AS. O aluno é quem decide se vai aprender o conteúdo apresentado de forma mecânica ou significativa. A UEPS deve despertar o interesse dos estudantes para participarem ativamente do processo de construção da aprendizagem. Portanto, apresentaremos os dados de nossa aplicação do jogo com cinco alunos do Ensino Médio de três colégios públicos da cidade Goioerê, no Paraná.

Iniciamos com a aplicação de um pré-teste envolvendo conceitos inerentes à eletrostática. Nesta etapa buscou-se identificar os conhecimentos prévios dos alunos com relação aos conceitos físicos que seriam abordados no jogo e consistiu em cinco questões relacionadas aos conceitos que foram abordados no jogo, sendo eles: o princípio da quantização da carga elétrica; corpos eletricamente neutros e eletricamente carregados; eletrização por atrito; eletrização por contato; eletrização por indução eletrostática e materiais condutores/isolantes elétricos.

Seguindo a perspectiva da UEPS, a avaliação da AS dos novos conceitos deve ser

feita durante todo o processo de interação. O jogo foi projetado para salvar todas as respostas e ações dos jogadores durante as atividades propostas pelo nosso jogo digital. Além disso, utilizamos o programa *Camtasia Studio*⁴ que gravou a tela do computador e as ações dos estudantes para converter em vídeo para a análise.

Os subsunçores dos estudantes vão sendo modificados durante a interação com a UEPS e o êxito dela se dá por meio de evidências de captação de novos significados, devido a sua capacidade de aplicarem os novos significados construídos para resolverem outras situações problemas, diferentes das propostas pelo jogo. Para isso, foi aplicado um segundo teste, envolvendo outros desafios, além dos propostos pelo jogo. Com base nos resultados do pós-teste e o desempenho durante o jogo buscou-se encontrar indícios de aprendizagem em relação aos resultados do pré-teste.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Os sujeitos de pesquisa foram cinco estudantes do Ensino Médio de três colégios públicos da cidade de Goioerê – PR. Esse grupo, formado por três meninas e dois meninos, tem idade média de 16 anos e cursavam a segunda série do Ensino Médio. Utilizamos as siglas A1, A2, A3, A4 e A5 para designar os sujeitos de pesquisa.

O princípio da quantização, em termos simples, diz que qualquer carga elétrica é múltipla da carga elementar do elétron. Ao

4. O Camtasia Studio é uma ferramenta de captura e gravação de tela para Windows e Mac. O programa, além do screen

recorder, possui diversas opções para edição e montagem de vídeos.

analisar as respostas dos participantes nesta questão, os alunos A1, A3 e A5 não tinham uma concepção adequada a respeito da quantização de uma carga elétrica, entretanto, foram capazes de associar a palavra “quantizada” com “quantidade” e assim relacioná-la como sendo múltipla de uma carga mínima definida. Já os alunos A2 e A4 tiveram uma concepção totalmente errônea ao considerar que a carga elétrica é quantizada quando sua carga resultante é negativa ou positiva.

Um corpo é considerado eletricamente neutro quando possui a mesma quantidade de prótons e elétrons. Somente os estudantes A1 e A5 acertaram ao afirmar que, quando um corpo possui mais prótons que elétrons sua carga é convencionalmente definida como positiva e conseqüentemente, se um corpo possui mais elétrons do que prótons sua carga é negativa.

A eletrização por atrito ocorre quando atritamos dois corpos inicialmente neutros e ocorre a transferência de elétrons de um para outro. O doador de elétrons ficará com carga resultante positiva enquanto o receptor de elétrons ficará com carga resultante negativa. A alternativa correta, proposta no pré-teste, seria: quando atritamos uma régua de plástico com um pedaço de lã, fazemos com que a régua de plástico fique carregada com cargas elétricas e a lã também, porém, com cargas de sinal contrário às da régua, pois ocorre a transferência de elétrons de um material para outro.

Os participantes A1 e A3 responderam satisfatoriamente como supracitado, entretanto,

o A2 apresentou certa dificuldade em interpretar o processo de eletrização entre a régua de plástico e o pedaço de lã. Já o A4 e A5 apresentaram uma concepção equivocada acerca deste processo de eletrização, o A4 afirmou que quando atritamos uma régua de plástico com um pedaço de lã fazemos com que a régua de plástico fique carregada com cargas elétricas e o pedaço de lã continue eletricamente neutro, pois o papel da lã é de somente atritar a régua. O A5 afirmou que quando atritamos uma régua de plástico com um pedaço de lã fazemos com que a régua de plástico fique carregada eletricamente com o mesmo tipo de cargas da lã e julgou como sendo falso o fato de que após o processo de eletrização por atrito, os dois corpos ficam carregados com cargas de mesmo módulo, porém de sentidos contrários.

Em relação à eletrização por contato e por indução eletrostática, todos os participantes erraram tanto a questão teórica quanto o exercício numérico, propostos no pré-teste.

Materiais condutores são aqueles materiais que possuem elétrons livres, ou seja, elétrons que estão fracamente ligados ao núcleo atômico e isso permite que eles se movam com certa facilidade no interior dos materiais gerando uma corrente elétrica. Conseqüentemente, os elétrons que formam os materiais isolantes não têm essa “facilidade” de movimentação, tendo em vista a forte ligação entre eles e o núcleo atômico. Entre os materiais apresentados no exercício 4 do pré-teste temos que são condutores: a água; o ferro; o corpo

humano e o cobre. Já os isolantes elétricos são: o vidro; a madeira e a borracha.

Mesmo não utilizando a definição física formal, alguns alunos apresentaram subsunções relevantes para o estudo de materiais condutores e isolantes. Em relação aos condutores houve as seguintes concepções: “conduzem eletricidade” (A1); “conduzem energia” (A3); “transfere energia” (A4) e “é o que passa energia” (A5). O aluno A2 não soube explicar o que caracteriza um material condutor e um material isolante. Na classificação dos materiais em: condutores ou isolantes, tivemos que os alunos A1, A3 e A5 acertaram todas as classificações dos materiais. Já os participantes A2 e A4 acertaram 85% da classificação.

A Tabela 1 apresenta, de modo resumido, o desempenho de cada aluno em relação aos conceitos abordados no pré-teste. No quadro, o sinal de ‘-’ denomina a dificuldade do estudante para esboçar a resposta do problema. Os sinais de ‘+’ indicam o quão correta estava a resposta elaborada, podendo ir de pouco correta (um sinal de ‘+’) a totalmente correta (três sinais de ‘+’).

Os resultados do pré-teste apresentam indícios de concepções prévias equivocadas em temas relevantes para a ancoragem dos novos conceitos que seriam abordados pelo jogo. Portanto, a explicação inicial do elétron sobre a organização atômica e a definição de elétrons livres, forneceu subsunções relevantes e necessários para a compreensão dos fenômenos físicos discutidos posteriormente. Ao responder o questionário proposto no jogo, todos os participantes acertaram ao afirmar que os

átomos são formados por prótons, elétrons e nêutrons. Além disso, com exceção do A2, os alunos tiveram um bom desempenho ao responder questões contemplando o princípio da carga elementar do elétron, o sinal elétrico próton e a definição de elétrons livres.

Tabela 1: Resumo do desempenho dos alunos no Pré-teste.

CONCEITOS DO PRÉ-TESTE	A1	A2	A3	A4	A5
Princípio da Quantização	+	-	+	-	+
Corpos eletricamente neutros ou carregados	+	-	-	-	+
Eletrização por atrito	+++	+	+++	-	-
Eletrização por contato e por indução eletrostática	-	-	-	-	-
Materiais condutores e materiais isolantes	++	+	++	+	++

Apesar de não se apropriarem das definições formais de todos os conceitos de Física abordados no jogo, os estudantes apresentaram conhecimentos prévios relevantes para a ancoragem de novos conhecimentos em relação aos conceitos de condutores e isolantes elétricos, inferimos que a interação com o jogo possibilitou uma melhor compreensão acerca de tais conceitos, já que todos os alunos conseguiram distinguir o que seriam os corpos condutores e os isolantes térmicos.

Isso fomenta a característica potencialmente significativa dessa etapa do jogo, tendo em vista que o simulador proporcionou a diferenciação progressiva dos

conhecimentos prévios, possibilitando o surgimento de novos significados, que são o produto final da aprendizagem significativa, ou seja, reconciliou os conhecimentos prévios dos estudantes de forma integradora com os conceitos físicos formais.

A inserção dos princípios da TCAM nas animações do jogo, auxiliou os estudantes na compreensão dos fenômenos defasados, conforme indica os dados do pré-teste. Um desses indícios é o fato de todos os alunos responderem, de modo coerente, as questões que foram abordadas no jogo por meio das animações.

Um exemplo disso, foi a animação apresentada pelo personagem Dufay para exemplificar o cálculo da carga elétrica resultante do processo de eletrização por contato. Com essa animação, o aluno consegue ver o cálculo sendo feito e simultaneamente a interação entre as cargas, assim, se torna capaz de utilizar as informações captadas pelo seu canal auditivo (explicação teórica) e complementar com as informações obtidas pelo canal visual (experiência virtual do processo).

Todos os alunos participantes acertaram o exercício 4 do pós-teste que solicitou o cálculo da carga elétrica resultante do processo de eletrização por contato entre uma carga de 5C e outra de 3C. Isso apresenta indícios a complementação desses canais de processamento favoreceu a criação de novos significados desse processo de eletrização.

A Tabela 2 apresenta de modo resumido o desempenho dos alunos após a interação com

o jogo desempenho deles antes da interação com o jogo. No quadro, o sinal de ‘-’ denomina a dificuldade do estudante em conseguir esboçar a resposta do problema. Os sinais de ‘+’ indicam o quão correta estava a resposta elaborada, podendo ir de pouco correta (um sinal de ‘+’) a totalmente correta (três sinais de ‘+’).

Tabela 2: Resumo do desempenho dos alunos no decorrer do jogo e no pós-teste.

CONCEITO		A1	A2	A3	A4	A5
Princípio da Quantização	Pré-Teste	+	-	+	-	+
	Pós-Teste	+++	+++	+++	+++	+++
Corpos eletricamente neutros ou carregados	Pré-Teste	+	-	-	-	+
	Pós-Teste	+++	+++	++	++	+++
Eletrização por atrito	Pré-Teste	+++	+	+++	-	-
	Pós-Teste	+++	++	+++	+++	+++
Eletrização por contato	Pré-Teste	-	-	-	-	-
	Pós-Teste	+++	+++	+++	+++	+++
Materiais condutores e materiais isolantes	Pré-Teste	++	+	++	+	++
	Pós-Teste	+++	++	+++	++	+++

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho discutimos algumas potencialidades da inserção dos pressupostos teóricos da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia para fomentar o potencial de ensino de um jogo digital desenvolvido com o *software* Scratch 2.0. Esses princípios da TCAM foram de suma importância para permitir que os estudantes construíssem representações coerentes entre seus conhecimentos prévios e os

novos conceitos que foram abordados pelo jogo “Mr. Charge em Aventuras Eletrizantes”.

Os princípios da TCAM também permitiram que para cada diferenciação progressiva provocada pelos estudantes, a UEPS ofereceu recursos suficientes para a reconciliação integradora, de modo que, o aluno não deixasse de perceber como os conceitos principais e subsequentes se relacionam. Também foi capaz de direcionar a UEPS a evitar o processamento de informações estranhas, gerenciar as informações essenciais para generalizar os principais conceitos inerentes ao estudo de eletrostática.

A utilização de imagens e sons, para o estudo de um tema abstrato como é a Eletrostática, possibilitou aos estudantes atribuírem significados aos temas estudados. Além disso a produção do jogo pautando-se na TCAM possibilitou especial atenção ao desenvolvimento de todas as fases do jogo no sentido de aumentar o seu potencial de ensino.

REFERÊNCIAS

- ALARCÃO, I. (org.). **Escola reflexiva e nova racionalidade**. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- AUSUBEL, D.. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: Uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- FURIO, C.; GUIASOLA, J.. Difficulties in learning the concept of electric field. July 1998. **Science Education** 82(4):511-526.
- MATTAR, J. **Games em Educação**: como os nativos digitais aprendem. São Paulo: Pearson, 2010.
- MAYER, R. E.. **Multimedia learning**. (2nd ed). New York: Cambridge University Press, 2009.
- MAYER, R. E.; JOHNSON, C. I. Revising the redundancy principle in multimedia learning.

Journal of Educational Psychology, 100, 380-386, 2008.

MOREIRA, M. A.. O Que é Afinal Aprendizagem Significativa. Revista Currículum, La Laguna, 2012. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/ORGANIZADORESport.pdf>>. Acesso em 01 mar. 2019.