

Mapas conceituais como instrumento de avaliação em um percurso pedagógico gamificado para o ensino de física

Concept maps as an assessment tool in a gamified pedagogical approach to physics teaching

Fellype Souza de Oliveira¹, Francineide Amorim Costa Santos²,
Rochelande Felipe Rodrigues², Dioni Paulo Pastorio^{*1}

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Física, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

²Universidade Federal do Cariri, Instituto de Formação de Educadores, 63048-080, Brejo Santo, CE, Brasil.

Recebido em 25 de março de 2025. Revisado em 15 de maio de 2025. Aceito em 17 de junho de 2025.

Este trabalho explora o uso de mapas conceituais como ferramenta de avaliação em um percurso pedagógico, que articula a Teoria da Aprendizagem Significativa e a gamificação para o ensino de Energia e Eletrostática. A iniciativa buscou aumentar o engajamento e a motivação dos alunos com foco em uma aprendizagem duradoura. A pesquisa possui uma abordagem qualitativa, com foco na análise de mapas conceituais produzidos no percurso da intervenção pedagógica, identificando indícios de aprendizagem significativa por meio do estudo de estrutura, hierarquia e conexões conceituais dos mapas. Os resultados sugerem que os elementos do tripé da gamificação (Mecânica, Dinâmica e Estética) contribuíram para estimular a reelaboração dos mapas produzidos e para o desenvolvimento conceitual dos estudantes, com destaque para o elemento de gamificação, o feedback.

Palavras-chave: Mapas conceituais, gamificação, teoria da aprendizagem significativa (TAS).

This research explores the use of concept maps as an assessment tool within a pedagogical framework that integrates the Theory of Meaningful Learning and gamification for teaching Energy and Electrostatics. The initiative aimed to enhance student engagement and motivation, with a focus on promoting long-term learning. The study adopts a qualitative approach, analyzing concept maps produced throughout the pedagogical intervention to identify signs of meaningful learning by examining their structure, hierarchy, and conceptual connections. The results suggest that the three pillars of gamification (Mechanics, Dynamics, and Aesthetics) contributed to the enhancement of the students' concept maps and their conceptual development, in particular the gamify element (feedback).

Keywords: Concept maps, gamification, Theory of Meaningful Learning (TML).

1. Introdução

Estamos presenciando uma sociedade em constante fluxo de transformações, as quais estão exercendo profundos impactos no processo de ensino e aprendizagem. Esse cenário está conduzindo à necessidade imperativa de redefinir os métodos educativos empregados pelos educadores [1]. Considerando esse cenário, os impactos sobre a maneira pela qual os alunos assimilam informações, raciocinam, comportam-se, interagem e comunicam-se demandam uma abordagem cada vez mais centrada em sua experiência individual [2].

Essa realidade requer a implementação de práticas intencionais que busquem alcançar uma interação recíproca e uma abordagem significativa do conteúdo, visando aprimorar não somente a cognição e o desempenho, mas também as interações sociais. Assim sendo, é importante explorar alternativas pedagógicas que enriqueçam a atividade docente com modelos de

ensino que valorizem a aprendizagem ativa, indo além da mera transmissão de informações [3]. Isso implica a promoção de abordagens emergentes, inovadoras e interativas, capacitando o aluno a assumir o papel central em sua própria jornada de aprendizado e a desenvolver autonomia. O que se aplica, principalmente no ensino de Física, isso envolve a articulação de conceitos, modelagem, experimentação e competências científicas em contextos significativos [4].

Nesse contexto, as metodologias ativas de aprendizagem apresentam-se como aquelas que põem o estudante no centro do processo educativo, deslocando o enfoque do professor e da concepção “bancária” de educação [5], para uma abordagem dinâmica que envolve o aluno de forma direta com os elementos do conhecimento. Por meio da adoção de metodologias ativas e da orientação proporcionada pelo educador, os alunos passam a engajar-se na aquisição de saberes e habilidades, aplicando-os de maneira autenticamente significativa, possibilitando o desenvolvimento mais amplo do educando, para além dos conteúdos, como “o pensamento crítico, o trabalho em equipe, a comunicação, a criatividade e a resolução de problemas” [6].

*Endereço de correspondência: dionipastorio@hotmail.com
Editor-Chefe: Marcello Ferreira

Uma metodologia ativa em ascensão nas abordagens pedagógicas, especialmente no Ensino de Física, é a gamificação. Essa estratégia incorpora elementos do *design* de jogos em contextos não lúdicos, como, por exemplo, a sala de aula [7]. Ao entrelaçar componentes lúdicos e mecânicas de jogos no processo de aprendizagem, essa abordagem revela-se promissora para estimular a motivação intrínseca dos estudantes [8]. Por meio de uma competição saudável, desafios progressivos e recompensas inerentes aos jogos, não somente a experiência educacional, adquire um novo nível de entusiasmo, mas também instiga os estudantes a romperem com suas limitações [9].

Nos percursos gamificados, a avaliação também precisa integrar esses elementos motivadores da gamificação, conforme [10], alguns trabalhos utilizaram a avaliação como elemento de um percurso gamificado e obtiveram resultados como: a melhoria na participação e a motivação e redução da ansiedade. Esses resultados demonstram um avanço no processo avaliativo ao proporcionar um ambiente mais estimulante e acolhedor para que os alunos possam revelar as suas capacidades por meios de variados instrumentos de avaliação, a depender dos objetivos de aprendizagem.

A problemática desta investigação está centrada nessa discussão, pois pretende avaliar os indícios de aprendizagem significativa, por meio da análise documental de mapas conceituais produzidos em um percurso gamificado, em que esses instrumentos configuraram o elemento lúdico de *missão*, que consiste na definição antecipada de um desafio que culminará em um *estado de vitória*, *progressão* e *premiação* para quem o realiza. Esses elementos supracitados integram o tripé da gamificação proposto por Werbach e Hunter, que consiste em elementos de Mecânica, Dinâmica e Estética (MDE), próprios dos jogos [11].

2. Marco Teórico

A palavra gamificação deriva do termo em inglês *gamification* e foi parcialmente traduzida para o português numa tentativa de substantivar o verbo jogar [7]. Ela tem as suas raízes teóricas estabelecidas por Thomas Malone em 1980, que, em seus estudos, explorou como jogos podem motivar aprendizado e engajamento [12, 13]. Embora o termo tenha sido cunhado por Nick Pelling em 2002 [14, 15], inicialmente, associado a transações financeiras interativas, o termo ganhou popularidade a partir de 2010 com os trabalhos de Jane McGonigal sobre o pensamento de jogos [16] e, a partir de 2011, a sua aplicação educacional ganhou definições mais sólidas.

Em março daquele ano, Zimmerman e Cunningham propuseram a primeira definição formal, destacando o uso de mecânicas de jogos para resolver problemas pedagógicos, sendo que dois meses depois, Deterding e colaboradores ampliaram o conceito, consolidando-o como a aplicação estratégica de elementos gamificados

para motivar comportamentos e facilitar a aprendizagem, tornando-se referência central na área [17, 18]. Essa evolução reflete a transição de uma ideia teórica para uma prática educacional inovadora, visando tornar processos de ensino e aprendizagem mais dinâmicos.

Os autores [19] reproduzem bem a importância da gamificação como estratégia educacional ao defini-la como a “utilização de mecânica, estética, e pensamento baseados em jogos para engajar pessoas, motivar a ação, promover a aprendizagem e resolver problemas”. Por “pensamento baseado em jogos”, podemos entender como a dinâmica de um jogo e essa tríade (mecânica, dinâmica e estética) compõem o tripé da gamificação [20].

De acordo com [19], existem, pelo menos, dois tipos de gamificação que se pode empregar no processo educativo: a gamificação estrutural e a gamificação de conteúdo. A gamificação de conteúdo é definida por [15], como a aplicação de elementos e o pensamento de jogos para alterar os conteúdos de modo que eles pareçam com um jogo. Não significa precisamente deixar o conteúdo mais complexo, mas o modificar para funcionar como um jogo. A gamificação estrutural, por outro lado, é reconhecida quando se “utiliza de elementos de jogos para conduzir o aprendiz pelo processo de aprendizagem sem que haja alterações significativas no conteúdo” [21]. A gamificação estrutural, nesse contexto, é uma estratégia educativa mais atraente por ser de mais fácil implementação [15], ao utilizar elementos de jogos, o professor não precisa preocupar-se em alterar o conteúdo.

A gamificação pode ser associada à Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), pois, ao entrelaçar conteúdos curriculares com *missões*, *recompensas*, *feedbacks* e outros elementos de jogos, os alunos são incentivados a integrar o novo conhecimento em seus esquemas mentais existentes, conferindo-lhe significado, revelando-se uma estratégia promissora no processo de ensino e aprendizagem da Física [22, 23]. Na TAS, o aprendizado ocorre de maneira mais eficaz quando o novo conhecimento está ancorado em estruturas cognitivas já existentes, ou seja, quando há uma ligação com o conhecimento prévio do aluno [24]. A gamificação alinha-se a essa visão ao criar um ambiente em que elementos de jogos atuam como impulsionadores do processo de assimilação¹ de novos conceitos, emergindo como uma ferramenta relevante na construção da maturidade cognitiva dos alunos [26].

A aprendizagem, entretanto, não ocorre de maneira instantânea e necessita de uma progressão e tempo para ser consolidada e para que ocorra de maneira mais efetiva [27], o que ilustra uma aproximação entre o *design* de jogos e o processo de aprendizagem, pois, assim como um jogador principiante, o aprendiz precisa começar do conhecimento mais básico, partindo de estruturas

¹ Processo resultante do confronto interativo de uma nova ideia com uma outra especificamente relevante já estabelecida na estrutura cognitiva do aprendiz [7]. Para [25], esses processos dinâmicos que ocorrem na assimilação são caracterizados por dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

cognitivas já existentes, passando por processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, até que alcance maior discriminação de conceitos [24].

O processo de diferenciação progressiva diz respeito à organização hierárquica do processo de aprendizagem, retenção e organização do conhecimento. Na TAS, a organização dos materiais potencialmente significativos precisa considerar a discriminação do conhecimento, desde o assunto mais genérico até aqueles mais discriminados [28].

A reconciliação integradora, assim como nos jogos, ocorre com a antecipação das semelhanças e incongruências entre novas ideias e subsunções² já estabelecidos nas estruturas cognitivas do aprendiz [26]. Nos jogos, novos desafios, ferramentas e recursos são apresentados, sempre baseados em esquemas já utilizados previamente. É um novo desafio revestido de novas dificuldades e com novos aspectos. Dessa maneira, a utilização de metodologias ativas nos processos educativos é destacada como uma forma de estimular a participação dos estudantes, a autonomia, a personalização e o autogerenciamento. Assim sendo, segundo a autora, essas metodologias têm sido consideradas eficazes na promoção do conhecimento e aprendizagem [30].

À luz do exposto, a gamificação tem firmado a sua posição no contexto das metodologias ativas como uma abordagem que amplifica o papel central do estudante, ao mesmo tempo em que desencadeia um impulso motivacional para a aprendizagem, como delineado por [19], que a definem como “a aplicação de mecânicas, estética e princípios de jogos para envolver pessoas, incitar ação, fomentar aprendizado e solucionar desafios”. Nessa definição, os autores salientam uma característica fundamental da gamificação: a sua capacidade de catalisar a motivação das pessoas, um fator primordial também no processo de aprendizado – a predisposição [31].

A predisposição desempenha um papel central dentro da TAS. De acordo com [22], o processo de aprendizado estrutura-se a partir dos conhecimentos prévios dos aprendizes. Esses conhecimentos constituem estruturas cognitivas formadas por inúmeros processos de aprendizagem significativa ao longo da vida do indivíduo. Além disso, o processo de aprendizagem significativa requer duas condições fundamentais para a sua ocorrência. A primeira envolve a organização dos materiais potencialmente significativos, em que o professor assume o papel de organizar o conhecimento de forma progressiva, indo de conceitos mais amplos aos mais específicos. A segunda condição, ilustrada anteriormente como ‘predisposição’, refere-se à disponibilidade do estudante em estabelecer conexões entre os conceitos aprendidos [32].

Desse modo, observamos uma corresponsabilidade no processo de ensino e aprendizagem, em que o professor

assume o papel de organizador e facilitador do conhecimento, enquanto o estudante tem o papel de conferir propósito à sua aprendizagem. No entanto, o professor também pode empregar estratégias para influenciar a segunda condição de aprendizagem mencionada anteriormente. Sendo assim, motivar o estudante para a aprendizagem torna-se um dos objetivos do processo de ensino, que pode ser efetivamente alcançado por meio da gamificação [25].

Quando se pretende avaliar o processo de aprendizado, é necessário considerar os objetivos de aprendizagem, que são direcionados pelas escolhas epistemológicas, teóricas e metodológicas adotadas no processo formativo e os aspectos motivacionais ligados à avaliação [10, 33]. Em um contexto de aprendizagem significativa, é necessário considerar instrumentos que possam mensurar os indícios de aprendizagem significativa. Desse modo, [34] apresentam os mapas conceituais, com propósito de instrumentalizar a TAS [35].

Os mapas conceituais têm a finalidade de visualizar as interconexões de significado entre os conceitos, traduzindo-os em proposições [36]. De forma mais ampla, os mapas conceituais também funcionam como diagrama, organizados de forma hierárquica para estabelecer uma ligação de sentido entre um conceito mais geral e outro mais específico [37]. Essas proposições são estruturas que viabilizam uma relação lógica, coesa e semântica entre os dois conceitos interligados [38].

3. Metodologia

3.1. Caracterização do estudo

De acordo com os procedimentos adotados para a coleta de dados, as pesquisas podem percorrer variadas abordagens, inclusive, uma mesma pesquisa pode adotar, de maneira mista, em fases distintas da investigação, métodos diferentes. Por isso, torna-se complexo estabelecer um único sistema que envolve os distintos elementos de coleta de dados, então, é mais interessante classificar a pesquisa quanto ao seu delineamento, ou abordagem, que diz respeito a sua mais ampla dimensão [39]. A solidez científica de uma pesquisa não reside em sua caracterização, mas na descrição minuciosa do caminho percorrido pelo pesquisador, demonstrando o rigor metodológico com que os dados foram coletados e analisados, bem como os procedimentos éticos que foram evidenciados [40]. Assim, de acordo com [41] e [42], podemos caracterizar esta investigação como qualitativa, em que pretendemos investigar, analisar e descrever os dados obtidos por meio de mapas conceituais (documentos), os indícios de aprendizagem significativa.

Para coleta de dados, foi utilizada a análise documental, que consiste em uma técnica exploratória usada para coletar dados qualitativos educacionais [43]. Esses dados são coletados por meio da análise de documentos que são quaisquer materiais escritos, ou virtuais, que possam ser usados como fonte de informação, que a

² O termo *subsunção*, derivado do inglês *subsumer*, refere-se ao conhecimento prévio na estrutura cognitiva do aprendiz que possibilita a assimilação e a atribuição de significado a novas ideias [29].

priori não receberam tratamento analítico, mas que são matéria-prima para que o investigador desenvolva a sua investigação e análise [44].

Na análise dos dados desta pesquisa, foi adotado o método de análise conceitual de Novak, que fornece uma estrutura para avaliação de mapas conceituais. É relevante enfatizar que esse método está fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa, com foco em três aspectos essenciais, conforme descritos a seguir.

1. A estrutura cognitiva é organizada de maneira hierárquica, com os conceitos e proposições mais específicos e menos inclusivos subordinados aos conceitos e proposições mais gerais e abrangentes.
2. Os conceitos na estrutura cognitiva passam por uma diferenciação progressiva, à medida que são reconhecidas as regularidades mais amplas e específicas dos objetos ou eventos, juntamente com um aumento nas conexões preposicionais com outros conceitos.
3. A reconciliação integrativa ocorre quando dois ou mais conceitos são relacionados por meio de novos significados preposicionais e/ou quando conflitos de significado entre conceitos são resolvidos [34].

Inicialmente, com base nos princípios centrais da TAS para a criação de mapas conceituais [45], esta pesquisa categorizou os mapas conceituais produzidos em *mapas compatíveis* e *mapas incompatíveis*. Os mapas compatíveis, devem demonstrar aqueles três aspectos essenciais enumerados anteriormente que dizem respeito à hierarquização do conhecimento; à diferenciação progressiva e à reconciliação integradora dos conceitos [46]. Os mapas classificados como incompatíveis não seguem esses critérios de construção. Apesar dessa classificação, não implica concluir que esses mapas não possam possuir significado para os estudantes. Entretanto, para efeito de uma análise sistemática, é necessário que a construção de significados expressos por escrito siga os aspectos mencionados por [34].

Em uma etapa subsequente, os mapas conceituais considerados compatíveis foram submetidos a uma avaliação conceitual. Dessa vez, o objetivo foi avaliar a hierarquização e diferenciação dos conceitos, atribuindo pontos a esses mapas, com base em critérios de construção e estruturação já mencionados, conforme ilustrado no Quadro 1 a seguir.

É possível observar, com base nos critérios utilizados para avaliação e pontuação dos mapas expostos no Quadro 1, que esses valores indicam a validade do conteúdo expresso, assim como a precisão das conexões estabelecidas no mapa [46]. É essencial enfatizar, conforme o autor sugere, que não há um mapa conceitual certo ou errado; no entanto, é viável identificar aquele que apresenta maior abrangência e completude [47]. Na Figura 1, temos um modelo representacional adaptado de um mapa conceitual elaborado por [34], que objetiva esclarecer o método de atribuição de pontuação aos mapas conceituais desta investigação.

Quadro 1: Critérios para classificação dos mapas conceituais.

Critério	Descrição	Pontuação
Proposições	É a relação de significado estabelecida entre dois conceitos, sendo indicada pela linha que os une ou pela(s) palavra(s) de ligação correspondentes. Se a relação é válida, atribui-se um ponto por cada proposição significativa que apareça.	1pt.
Hierarquia	Refere-se à hierarquização do mapa. Cada um dos conceitos subordinados é mais específico e menos geral que o conceito escrito acima (do ponto de vista do contexto no qual se constrói o mapa conceitual). Atribui-se cinco pontos por cada nível hierárquico válido.	5pts.
Ligações Cruzadas	As ligações cruzadas, são conexões significativas ou não, que podem ocorrer entre uma ramificação e outra do mapa em diferentes hierarquias conceituais. Se a conexão for válida e significativa atribui-se 10 pontos; contudo, se ela for válida, mas não traduzir uma síntese entre esses conceitos interligados, atribui-se, então, dois pontos. As ligações cruzadas podem indicar capacidade criativa e, portanto, requerem muita atenção para as identificar e reconhecer.	10pts ou 2pts.
Exemplos	Os acontecimentos ou objetos concretos que sejam exemplos válidos, os quais se relacionam aos termos conceituais, podem valer cada, um ponto.	1pt.

Fonte: Adaptado de [34].

Na análise do mapa apresentado na Figura 1, partimos do pressuposto de que todos os conceitos, proposições, hierarquias, conexões cruzadas e exemplos retratados no diagrama são válidos e carregam significado, estabelecendo relações semânticas entre si. Neste sentido, notamos que, para o critério de Proposições, foram concedidos 11 pontos, correspondendo ao total de 11 proposições presentes no mapa, todas elas válidas. Quanto à Hierarquia, reconhecemos os quatro níveis do mapa como coerentes, resultando em cinco pontos atribuídos para cada nível, totalizando 20 pontos para as quatro hierarquias.

Na Figura 1, as Conexões Cruzadas estão destacadas por setas vermelhas (ou setas curvadas), e estabelecem ligações válidas e com significado entre um conceito mais abrangente e um conceito mais específico. Isso ilustra

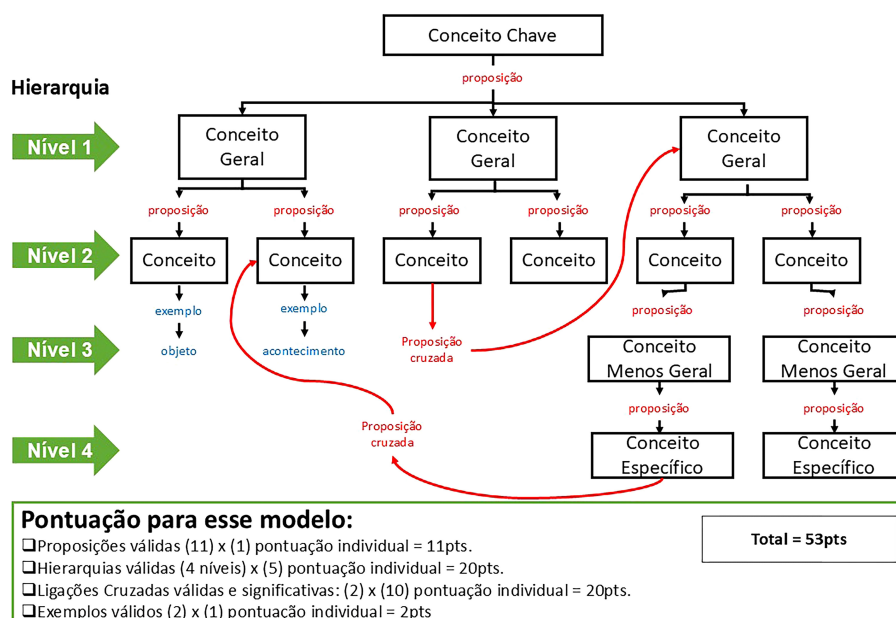


Figura 1: Exemplo de pontuação para um mapa conceitual. Fonte: Elaboração própria.

o que [23] denomina como reconciliação integrativa. Em [37] e [46], os autores destacam que esse tipo de ocorrência evidencia a capacidade criativa do estudante e, por isso, atribuímos um total de 10 pontos. Caso a conexão seja válida, mas não transmita a essência da relação entre os conceitos, isto é, não seja significativa, um total de dois pontos seria atribuído [48]. No critério de Exemplos, identificamos dois exemplos válidos no mapa, resultando em um ponto atribuído para cada um. Somando todos esses elementos, o total de pontos atribuídos ao mapa é $(11 + 20 + 20 + 2) = 53$ pontos.

A abordagem de atribuir pontuação a um instrumento qualitativo pode parecer inicialmente, uma forma de quantificá-lo [7]. Contudo, é importante salientar que o valor total do mapa representa mais do que apenas uma quantidade, ele carrega consigo um significado, visto que esse valor é um indicador construído a partir de critérios que evidenciam a construção de significados, que, em última instância, é o objetivo da aprendizagem significativa [49]. Portanto, interpreta-se que quanto maior a pontuação atribuída a um mapa, mais profundo em significado ele se revela, sugerindo uma aprendizagem mais significativa [35]. Nesta pesquisa, foi realizada uma análise qualitativa dos mapas com base nos valores de significação atribuídos a eles.

3.2. Caracterização do campo de estudo e do público-alvo

A intervenção pedagógica desta pesquisa foi realizada em uma escola pública da rede estadual do estado da Paraíba em turmas de 3ª série do Ensino Médio que estavam sob regência do professor pesquisador. O tema trabalhado na intervenção pedagógica, Energia e Eletrostática, corresponde aos conteúdos conceituais

ministrados nessa etapa de ensino, de acordo com o currículo da rede estadual da Paraíba.

Considerando as prerrogativas éticas da pesquisa e compreendendo que o público-alvo da investigação consiste em estudantes menores de idade, foi realizado previamente o convite formal à participação da investigação por meio da assinatura do Termo de Assentimento e, após, a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) dos pais/responsáveis dos estudantes. Além disso, os nomes dos estudantes foram preservados para efeitos de análise na pesquisa, sendo substituídos por nomes de grandes personalidades das Ciências.

3.3. Intervenção pedagógica

No decorrer da intervenção pedagógica, as aulas seguiram um percurso delineado por uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa Gamificada (UEPS-G) [7], que acrescenta elementos de gamificação ao referencial metodológico da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) [11, 50], que modela um percurso formativo voltado para a sistematização de um dado conhecimento, declarativo ou procedimental, em vistas de torná-lo potencialmente facilitador da aprendizagem significativa [49].

São vários princípios que fundamentam a construção e o desenvolvimento de uma UEPS e que fazem parte do arcabouço teórico da TAS, como o conhecimento prévio, principal influenciador da aprendizagem significativa; os organizadores prévios de aprendizagem, utilizados no reforço de subsunções pouco discriminados; a “vontade permissiva” ou “motivação intrínseca” do aprendiz [51]. Além de outros princípios fundamentados em outros teóricos e enunciados pelo próprio autor, como: “as

situações-problema trabalhadas em níveis crescentes de complexidade”; “pensamentos, sentimentos e ações integrados ao ser que aprende”; ensino mediado pelo professor [24].

Além disso, o processo avaliativo na UEPS deve ser desenvolvido de maneira formativa ao longo de sua implementação (e coerente com os pressupostos delineados), por meio de registros que possam ser considerados como evidências de aprendizagem significativa dos conteúdos trabalhados, como os mapas conceituais, assim como também deve haver uma avaliação somativa ao final do processo [50]. Ambas as avaliações devem ser tomadas em igualdade de relevância. É importante ressaltar que, na UEPS, a avaliação de desempenho dos estudantes deve evidenciar a captação de significados, a capacidade dos estudantes em explicar e aplicar o conhecimento ensinado, sendo fundamentais as evidências construídas no processo e não os comportamentos finais [52].

Desse modo, utilizando o referencial da UEPS de forma conjunta com a gamificação, esta intervenção percorreu os conteúdos conceituais de Física, Energia e Eletrostática, por meio de aulas ministradas em uma trilha de conhecimento, denominada UEPS-G, em que, conforme proposto no processo de gamificação estrutural³ [19], foi subdividida em *níveis*, com intuito de acrescentar elementos da MDE [11]. Todos os conteúdos conceituais ministrados durante as aulas foram classificados em temas e correspondem a um *nível* dentro da competição, demarcando o *progresso* tanto dos conteúdos, quanto do desenvolvimento dos estudantes dentro da competição como ilustrado na Figura 2.

A Figura 2 também ilustra a execução cronológica da UEPS-G, assim como os momentos em que ocorreram as produções dos mapas conceituais ao longo do percurso gamificado. Os mapas 1, 2 e 3 foram tratados como instrumentos de avaliação dos indícios de aprendizagem significativa. Contudo, dentro da estrutura gamificada, eles foram apresentados como *missões* a serem cumpridas pelos estudantes, aqui compreendidos como jogadores [11]. Cada mapa contemplava os conteúdos conceituais imediatamente anteriores à sua produção e, posteriormente, eram devolvidos como requisito para avançar nas *missões* seguintes da gamificação. Um total

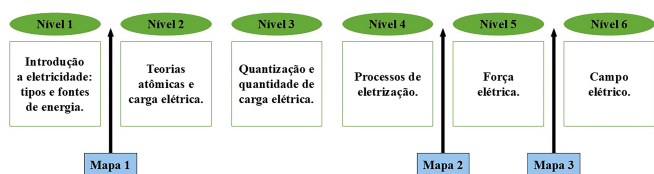


Figura 2: Percurso gamificado dos conteúdos ministrados, UEPS-G. Fonte: Elaboração própria.

³ A gamificação estrutural é caracterizada quando utilização utilizados elementos de jogos para conduzir o processo de aprendizagem sem que haja alterações significativas no conteúdo ministrado [21].

de três mapas foi solicitado ao longo das aulas, um deles ao final do primeiro encontro (Mapa 1); outro, ao final do quarto encontro (Mapa 2) e um último, ao final da intervenção, no sexto encontro (Mapa 3), conforme Figura 2.

As aulas foram organizadas tanto em estrutura estética, quanto pedagógica, para remeter a *progressão* dos estudantes (jogadores) nos conteúdos e na competição [19]. Para isso as aulas foram divididas em etapas, as quais serão definidas a seguir, e os *slides* de aula possuíam uma identidade visual padronizada que remetiam aos jogos e traziam aspectos referentes aos elementos de gamificação tais como: *emoção, narrativa, progressão, emblemas, níveis*, dentre outros [11].

Considerando as orientações ou aspectos sequenciais da UEPS [25], as aulas dentro da gamificação foram executadas em etapas, dispostas na Figura 3, que buscaram trazer características presentes na UEPS e que visam à potencialização dos indícios de aprendizagem significativa por meio de procedimentos que permitem a externalização do conhecimento prévio do estudante; um primeiro contato com os conteúdos; a formalização do conhecimento e o revisitar integrativo dos conceitos [52].

A primeira etapa, denominada Assentamento, objetivou revelar os conhecimentos prévios que cada estudante carregava, para que servissem de norteadores na condução da aula e no esclarecimento de assuntos e dúvidas, buscando por parte do aprendiz, as ideias-âncora que pudessem se relacionar com o conteúdo e materiais de aula de maneira não-literal e não-arbitrária [24]. Esse episódio, sob uma perspectiva gamificada, foi entendido como o reconhecimento da Dinâmica do jogo na MDE [8], em que se tem uma ideia inicial do que virá a seguir à medida que o jogo desenvolve-se. Essa estratégia está ligada ao elemento de *narrativa*, despertando a sensação de que as experiências individuais conectam-se a um enredo maior [19], que busca estabelecer uma lógica progressiva no processo de assimilação do conhecimento.

Como orientado na UEPS, aquele momento foi construído a partir de uma discussão em que o professor era o intermediador e os estudantes coparticipantes, que externalizaram aquilo que conheciam sobre o assunto trabalhado na aula, sem compromisso com o rigor científico [52]. Também foi solicitado que anotassem as

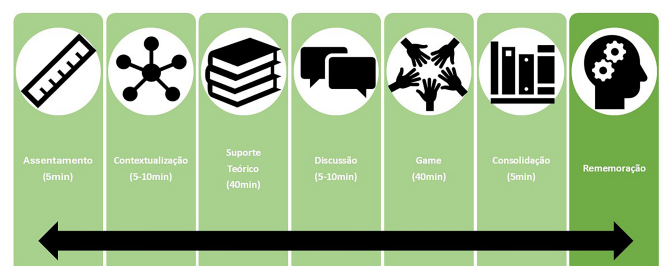


Figura 3: Etapas das aulas da UEPS-G. Fonte: Elaboração própria.

suas ideias pré-concebidas sobre tudo que foi discutido, para que confrontassem com as suas novas ideias ao final da aula. A atividade foi feita colaborativamente, configurando uma importante estratégia de gamificação ligada ao elemento de *equipes* que explicita um aspecto da Estética [11] e à *competição* saudável entre os grupos [15].

A segunda etapa, Contextualização, visou trazer uma situação cotidiana, curiosidade ou pergunta norteadora para ser debatida em aula. O material apresentado funcionou como organizador prévio de aprendizagem, quando pretendeu introduzir o conteúdo de maneira mais genérica, servindo de ponte entre o que os estudantes já conheciam e aquilo que viriam a aprender [28]. Para isso, várias ações podem ser desenvolvidas, como a leitura de um pequeno texto; um vídeo; música; experimento; charada; simulação; ou qualquer outro meio que permita aos estudantes conectarem o que já sabem com o conteúdo que se pretende apresentar [53]. Segundo os aspectos sequenciais da UEPS, essa situação pode envolver diretamente o tópico a ser trabalhado em aula, contudo, sem intenção de ensiná-lo, mas de problematizá-lo [49].

Na terceira etapa, Suporte Teórico, priorizamos dar sustentação a conceitos mal elaborados nos momentos iniciais da aula e propor também novos conceitos a fim de confrontá-los com os já estabelecidos e aprimorá-los [52]. Assim, foram externados mecanismos de compartilhamento de conhecimento formal com os estudantes, respeitando a diferenciação progressiva, partindo de conteúdos mais gerais e chegando a exemplos e aspectos mais específicos [50]. Esse compartilhamento pode ser desenvolvido por meio de outras metodologias ativas de aprendizagem como a aprendizagem baseada em problemas e a sala de aula invertida, ou alguma que estimule variados elementos de gamificação.

As etapas quatro (Discussão) e cinco (*Game*), embora tenham sido estruturalmente diferentes, traçaram um objetivo comum dentro da UEPS-G: dar continuidade e retomar os assuntos da etapa anterior, agora, em um nível de complexidade mais alto [52]. Na Discussão, foram tratados tópicos que se relacionavam com o tema estudado e abertos ao debate entre os estudantes e intermediados pelo professor. Foi um momento favorável para que os estudantes construíssem coletivamente saberes que sozinhos não seriam capazes ou que seriam pouco articulados, possibilitando uma troca de conhecimento.

Na etapa de Discussão, o elemento da MDE *relacionamento* foi destacado como um elemento essencial a ser utilizado, pois estimulou o compartilhamento de experiências entre os estudantes [11], o que configura uma premissa das estratégias de gamificação ao instigar o estudante a sair da posição de receptor passivo do conhecimento [54].

Posteriormente, o assunto foi problematizado por meio de um *Quiz* de conteúdo, na etapa de *Game*, que abordou o tema sob uma perspectiva teórico-histórica ou tecnológica. Respeitando o processo de diferenciação

progressiva, as questões a serem solucionadas pelos estudantes foram arranjadas em três níveis de dificuldade e apresentadas do nível mais fácil e genérico para o mais difícil e aplicado, sempre buscando trabalhar os conceitos abordados na aula de maneira mais elaborada [25].

A etapa de *Game* procurou estimular alguns elementos de gamificação tais como: a *competição* e o pertencimento a uma *equipe* [15], a *progressão*, que é a sensação de desenvolvimento ou movimento do jogo; *relacionamento* caracterizado pela interação entre jogadores e o compartilhamento de experiência [54]; *estado de vitória* que implica a sensação de vencer, ou estar vencendo etapas; *emoção* provocada por diversos estados emocionais dos jogadores e atrelada a outros elementos de gamificação como o *estado de vitória*, *estado de derrota*, proporcionados pelo ganho ou perda de pontuação e outras premiações [11]; *feedback*, proporcionado pela correção imediata das questões e comentários de orientação do professor, *recompensas*, *conquistas* e *emblemas* definidos previamente pelo professor e atribuídos às atividades realizadas pelos estudantes ao longo da UEPS-G, incluindo a etapa de *Game* [7].

A etapa da Consolidação foi a última executada na sala de aula e constituiu um momento para socializar o que os estudantes não sabiam e o que desenvolveram em vista do processo de aprendizagem que percorreram sobre o tema proposto, retomando aspectos mais relevantes do conteúdo sob uma perspectiva integrativa dos conteúdos [50]. Abria-se, então, uma discussão sobre os conceitos mais importantes trabalhados na aula e os estudantes externalizavam aquilo que era conflitante para eles e que foi solucionado, ou sinalizavam aquilo que ainda permanecia em desacordo, permitindo que, por meio da troca de ideias entre eles e o professor, as diferenças fossem solucionadas [23].

A última etapa, Rememoração, aconteceu extraclasse e tratou-se de uma atividade individual e não obrigatória, mas avaliativa e formativa, que objetivava ressignificar os conceitos apreendidos durante a aula [28]. Não se tratou de uma etapa que visava mecanizar o processo de aprendizagem, mas tinha por objetivo proporcionar o contato insistente com os conceitos apresentados em aula.

Essas atividades foram realizadas na plataforma *Li-viewworksheets*, que transforma documentos digitais (arquivos em PDF, arquivos de texto e planilhas eletrônicas) em objetos virtuais de interação que os estudantes podem manipular, como *player* de áudio e de vídeo, associação de imagens, entre outras possibilidades; por meio de jogos na plataforma *Wordwall*, que converte exercícios de múltipla escolha em jogos de diversos tipos; ou por meio de exercícios no formato de *Quiz* na plataforma *Kahoot* e encaminhadas para os estudantes por meio dos grupos de *WhatsApp*. Nessa etapa, procuramos estimular os elementos de *missão*, *progressão*, *voluntariedade*, *estado de vitória*, além do protagonismo estudantil, já que é uma atividade eletiva [11, 23].

Toda essa estrutura foi pensada segundo as bases da UEPS. Além dos aspectos da teoria da aprendizagem significativa, foram considerados, em sua construção, os aspectos estruturantes da gamificação ou elementos da MDE [11]. Em todos os seis encontros dessa intervenção, foi utilizada a UEPS-G e, portanto, o percurso apresentado anteriormente para o compartilhamento dos conteúdos durante as aulas e a realização das atividades.

Com intuito de reduzir a produção de mapas conceituais e consequentemente a sobrecarga de atividades dos estudantes, optamos pela produção de três mapas ao longo do percurso de aprendizagem, que foram solicitado em momentos oportunos da intervenção pedagógica (ao final dos encontros 1, 4 e 6), que permitiram a aglutinação de conteúdos relacionados e a produção unificada dos mapas conceituais. Na próxima seção, será feita uma análise dessas produções que são o objeto desta investigação.

4. Resultados

4.1. Análise qualificatória dos mapas conceituais

Alguns estudantes, sem experiência prévia na criação de mapas conceituais, confundiam, com frequência, a estratégia avaliativa com mapas mentais⁴, mesmo aqueles que afirmaram estar familiarizados com ambos, o que pode estar ligado a vários fatores, como o conhecimento incipiente das estruturas do instrumento avaliativo, do conteúdo ou da habilidade de sistematização [46]. Desse modo, a utilização desse recurso pedagógico requer uma intencionalidade por parte do professor, que remete às bases teóricas que orientam a construção do instrumento, a fim de evitar o que a literatura informa como armadilha da facilidade de utilização dos mapas conceituais: a desvalorização da fundamentação teórica por parte de seus utilizadores [36].

Essa dificuldade em distinguir entre os dois tipos de mapas pode ter prejudicado a eficácia da elaboração desses trabalhos. Além disso, durante a avaliação dos mapas no decorrer da intervenção pedagógica, notamos uma tendência, entre os mapas incompatíveis, de se assemelharem em estrutura e aparência aos mapas mentais com os quais os estudantes já tinham contato prévio. Essa semelhança ocorria especialmente quando os alunos ainda não possuíam uma compreensão cognitiva suficientemente complexa do assunto em questão, conforme discutido em investigações anteriores [37]. A Figura 4 ilustra um exemplo dessas produções.

A Figura 4 mostra um mapa considerado incompatível e excluído da análise conceitual. No intuito de preservar a identidade dos alunos, substituímos os seus nomes

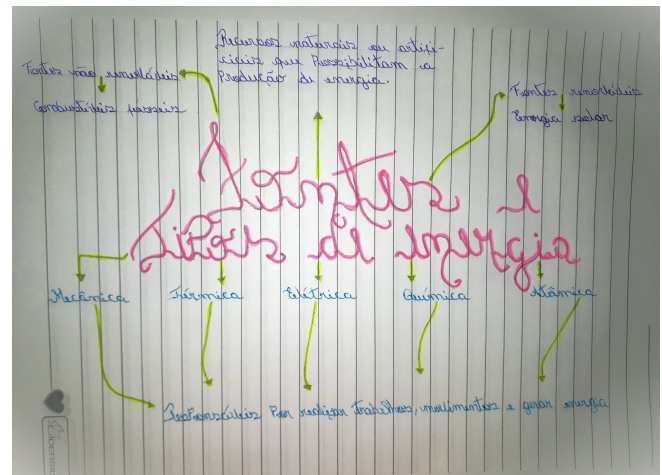


Figura 4: Mapa classificado como incompatível. Fonte: Elaborado por Barbara McClintock (participante da pesquisa).

Tabela 1: Qualificação dos mapas conceituais quanto a sua compatibilidade com os critérios de Novak.

Mapas	Compatíveis	% Compatíveis	Incompatíveis	% Incompatíveis
Mapa 1	13	54,17%	11	45,83%
Mapa 2	17	70,8%	7	29,2%
Mapa 3	21	87,5	3	12,5%

Fonte: Elaboração própria.

pelos de grandes cientistas da história das ciências, neste caso em análise, o mapa de Barbara McClintock. Embora não existam regras rígidas na construção de mapas conceituais, é essencial ressaltar que a relação entre os conceitos é crucial, independente do formato das conexões. A compreensão da relação e a atribuição de significado a essas proposições é que são realmente relevantes [38]. Essa relação semântica entre os conceitos, por meio de proposições, não é observada no mapa da estudante e, por isso, a sua exclusão da análise.

Para investigar a ocorrência de ligações semânticas de maneira rigorosa, os mapas passaram por uma análise qualificatória que os separaram em duas categorias, os mapas compatíveis e os mapas incompatíveis, seguindo os critérios de [34], como já enunciado. Após uma análise pormenorizada de cada mapa, foram obtidos os dados observados na Tabela 1, que ilustra as quantidades de mapas compatíveis e incompatíveis, a partir dos critérios empregados para cada uma das etapas da pesquisa nos mapas 1, 2 e 3, bem como os percentuais para cada uma das categorias. Dos 25 estudantes que caracterizam os sujeitos da pesquisa, apenas um deles não produziu mapas ao longo do percurso formativo e, portanto, não foi considerado na análise dos mapas.

Após aplicar os critérios de avaliação dos mapas, constatamos que, na elaboração dos primeiros mapas da intervenção (Mapa 1), apenas 13 alunos (54,17%) elaboraram produções com indícios de aprendizado significativo, exibindo estruturas hierárquicas e conexões semânticas. Após três sessões formativas, ao solicitar o

⁴ São instrumentos, assim como os mapas conceituais, que estão relacionados com as funções mentais de relacionar, classificar, e sistematizar o conhecimento, baseando-se em uma representação visual, mas diferem dos mapas conceituais, por não conterem palavras de ligação entre sentenças [55].

Mapa 2, o número de trabalhos considerados compatíveis aumentou de 13 (54,17%) para 17 (70,8%). Isso destaca o impacto positivo da estratégia de *feedback* utilizada, enfatizando a sua relevância para o engajamento dos alunos [37].

A estratégia de *feedback* adotada para a melhoria da construção dos mapas conceituais consistiu em apresentar dois modelos de mapas produzidos pelo professor sobre o mesmo tema das produções dos estudantes e que, propositalmente, tinham características de i) mapa mental e ii) mapa conceitual. Durante o momento de *feedback*, o professor apontou as diferenças nas produções como: a ausência de proposições nos mapas mentais, o que impossibilitava a construção de significado semântico e a falta de hierarquia que impossibilitava compreender os conceitos mais abrangentes sobre o tema.

Além disso, os estudantes puderam fazer perguntas sobre os aspectos construtivos dos mapas, configurando uma importante etapa para assegurar a evidente melhoria das produções seguintes. Assim, após adoção da estratégia de *feedbacks* relacionados ao Mapa 2 e ao término do sexto encontro da intervenção pedagógica, os Mapas 3 apresentaram um aumento de mapas compatíveis, de 17 (70,8%) para 21 (87,5%), reforçando a influência positiva do elemento *feedback* para motivar os alunos [19].

Os mapas conceituais classificados como compatíveis passaram por uma análise qualitativa, em que foram privilegiadas as relações de significado expressas por proposições semânticas, bem como hierarquia de conceitos, conexões cruzadas e exemplificação [46]. Na subseção seguinte, os resultados apresentados referem-se exclusivamente aos mapas compatíveis, conforme os critérios empregados.

4.2. Análise conceitual dos mapas compatíveis

Esta seção empreende uma análise qualitativa dos mapas conceituais elaborados após os Níveis 1, 4 e 6 da gamificação, respectivamente, e que produziu uma classificação das produções como compatíveis. Uma primeira investigação busca examinar a evolução das produções ao longo do processo, avaliando a clareza e a diferenciação dos mapas conceituais com foco nas três etapas sequenciais de produção (Mapa 1, Mapa 2 e Mapa 3). Destacamos que, ao final, será realizada uma condensação dos resultados observados em todas as produções de todos os estudantes. Será apresentada, também, uma análise do desenvolvimento conceitual de um estudante ao longo do percurso gamificado de aprendizagem por meio da avaliação dos seus mapas produzidos.

4.2.1. Análise da evolução dos mapas conceituais ao longo do percurso da UEPS-G

4.2.1.1. Mapa conceitual 1

Nesta seção, foram examinados os mapas conceituais produzidos após o primeiro encontro, nomeados, aqui,

para efeito de organização, como Mapa 1, e que tinham como tema, trabalhado em aula: fontes e tipos de energia. Realizamos uma análise qualitativa de um dos 13 mapas produzidos pelos estudantes e considerados compatíveis, a fim de demonstrar o processo de atribuição de pontuação. Analisamos o mapa de Rosalind Franklin por representar uma das produções com pontuação média nessa etapa.

Os mapas foram corrigidos manualmente e grifados pelos autores, de modo a destacar os critérios de avaliação, que são sintetizados ao final no formato textual e numérico. Para simbolizar as hierarquias válidas nas produções, foram utilizadas marcações numéricas na cor vermelha que quantificam as ocorrências em cada mapa. As proposições válidas foram destacadas e numeradas na cor azul. As ligações cruzadas foram grifadas e numeradas na cor lilás e os exemplos foram destacados e numerados na cor amarela.

O Quadro 2 apresenta a produção da estudante Rosalind Franklin, durante a primeira etapa (Mapa 1), e que pode ser considerado como um mapa abrangente em termos de conceitos, porém com um desempenho intermediário em comparação com outras produções que obtiveram pontuações mais altas. O mapa possui apenas três níveis hierárquicos, o que revela um nível ligeiramente maior de profundidade no conhecimento exposto. No total, para essa categoria, o trabalho alcança uma pontuação de 15 pontos.

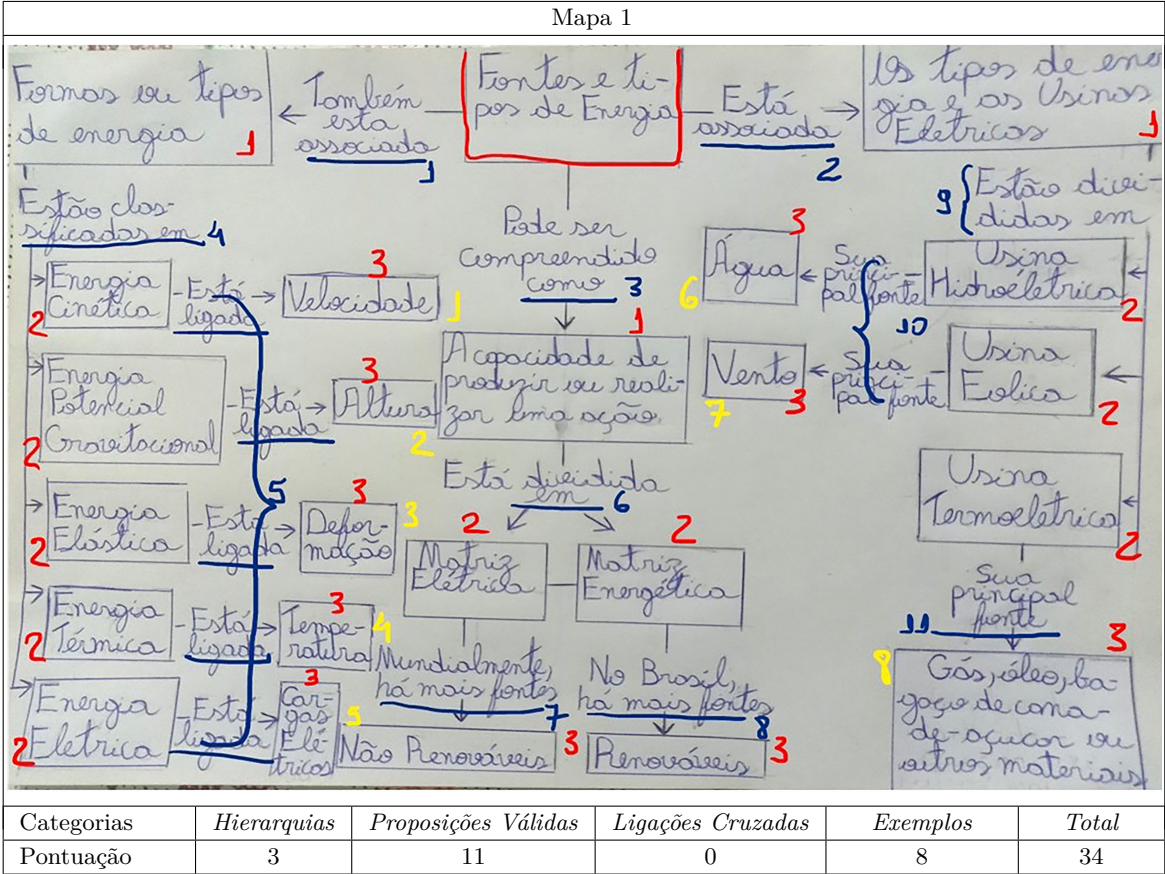
A estudante Rosalind Franklin utiliza muitas proposições válidas no seu mapa, o que indica uma maior capacidade de relacionar os conceitos de maneira semântica [49]. Como destacado na cor azul, algumas proposições repetem-se no mapa e possuem o mesmo valor semântico, desse modo, são consideradas como uma única proposição para efeitos de pontuação. Logo, para essa categoria, o mapa pontua 11 vezes, para as onze ligações válidas percebidas na análise. Nesse mapa, não houve utilização de ligações cruzadas e, por isso, foi atribuída a essa categoria a nota zero.

Na categoria de Exemplos, a autora utiliza oito exemplos concretos ou características para discriminar um conceito anteriormente citado, desse modo, verificada a relação válida entre eles, o mapa pontua oito vezes nessa categoria [47]. De maneira geral, ao somar as pontuações de hierarquia, proposições válidas, ligações cruzadas e exemplos, obteremos um total de 34 pontos para a produção, o que revela uma maior capacidade de relacionar diferentes conceitos de modo significativo.

4.2.1.2. Mapa conceitual 2

A produção analisada a seguir, denominada Mapa 2, foi produzida após os encontros formativos 2, 3 e 4, abordando os tópicos de Física: carga elétrica e teorias atômicas; quantidade, quantização e conservação da carga elétrica; e processos de eletrização. Por meio de uma análise qualitativa dessa produção, entre as 17 classificadas como compatíveis, buscamos investigar os

Quadro 2: Análise do mapa conceitual de Rosalind Franklin na etapa 1.



Fonte: Elaborado por Rosalind Franklin com grifos dos autores.

indícios de aprendizado significativo dos estudantes. As produções dos Mapas 2 abrangem uma ampla gama de conhecimentos, uma vez que refletem três sessões formativas com tópicos distintos. No Quadro 3, o mapa produzido por Marie Curie foi escolhido para análise porque permitirá discutir um aspecto importante da TAS, que é a reconciliação integradora externalizada na produção por meio de ligações cruzadas [24, 45].

A presença de sete hierarquias distintas no mapa revela complexo detalhamento do conteúdo, o que reflete na quantidade de conceitos válidos empregados [48]. Além disso, a estrutura hierárquica não apenas é evidente visualmente, mas também reflete uma organização conceitual que vai dos níveis mais amplos aos mais específicos, demonstrando o processo de diferenciação progressiva da aprendizagem significativa [34]. Destacamos ainda uma grande quantidade de proposições válidas, grifadas em azul, que mostram a sua habilidade em estabelecer conexões substanciais entre uma variedade de conceitos [37]. Essa ampla gama de conceitos empregados demandou muitas conexões devido à extensão do conteúdo explorado.

Além disso, o uso de duas ligações cruzadas para conectar conceitos de diferentes níveis hierárquicos ilustra a capacidade criativa de estabelecer conexões [38]. Embora uma das ligações não utilize uma proposição, ela

ainda pode ser considerada significativa, pois une conceitos que formam uma unidade semântica, embora, para efeito de análise, seja considerada inválida. De acordo com [34], atribuem-se 10 pontos apenas às conexões simultaneamente válidas e significativas; portanto, essa ligação que não possui proposição, recebe apenas dois pontos. A outra ligação cruzada, que é simultaneamente válida e significativa, é avaliada com 10 pontos.

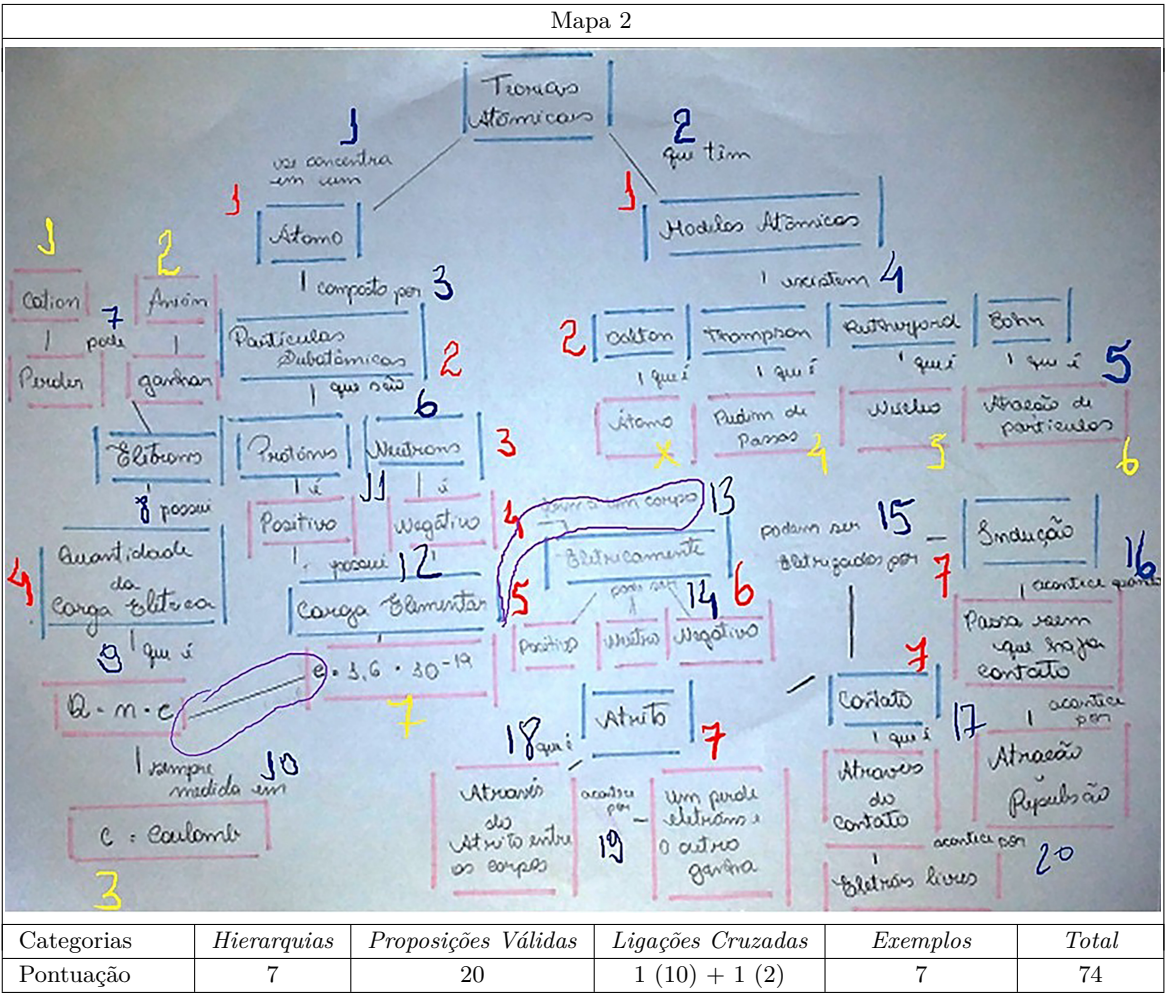
O mapa de Marie Curie utiliza sete exemplos para caracterizar e materializar conceitos, totalizando 74 pontos por intermédio de sete hierarquias, 20 proposições válidas, duas ligações cruzadas e sete exemplos, o que sugere fortes indícios de aprendizado significativo do conteúdo ministrado durante os encontros pedagógicos.

4.2.1.3. Mapa conceitual 3

Nesta seção, são analisadas as últimas produções de mapas conceituais da intervenção pedagógica, relativas aos encontros 5 e 6, as quais chamaremos de Mapa 3, contemplando os conteúdos conceituais de força elétrica e campo elétrico, bem como os outros temas trabalhados em toda intervenção pedagógica.

Dentre os 21 mapas considerados compatíveis nessa etapa, foi selecionada uma produção para ser analisada, com intuito de verificar os indícios de aprendizagem

Quadro 3: Análise do mapa conceitual de Marie Curie na etapa 2.



Fonte: Elaborado por Marie Curie com grifos dos autores.

significativa. No Quadro 4 a seguir, observamos o mapa conceitual mais elaborado da etapa 3, que obteve 115 pontos nos seus aspectos constitutivos. Para que organizasse melhor a hierarquia visual de sua produção, o estudante utilizou mais de uma folha de papel para a sua confecção, ganhando mais espaço físico e organizando melhor a distribuição espacial dos conceitos.

O trabalho pode ser lido da direita para a esquerda a partir do conceito geral ‘Tipos de Energia’ utilizado pelo autor como conceito mais amplo. Em geral, os mapas conceituais devem ser estruturados de forma hierárquica, posicionando os conceitos mais amplos e abrangentes no topo, enquanto os conceitos mais específicos e restritos aparecem nas camadas inferiores [49]. Talvez pudéssemos fazer uma discussão sobre a possibilidade de haver um conceito mais predominante e mais amplo do que o utilizado por Isaac Newton, contudo, perceberemos que essa escolha do autor não interferiu na diferenciação dos conceitos subordinados.

Isaac Newton utilizou nove hierarquias para construir o seu mapa, revelando, assim, alta capacidade de diferenciação progressiva dos conceitos e, ao mesmo tempo,

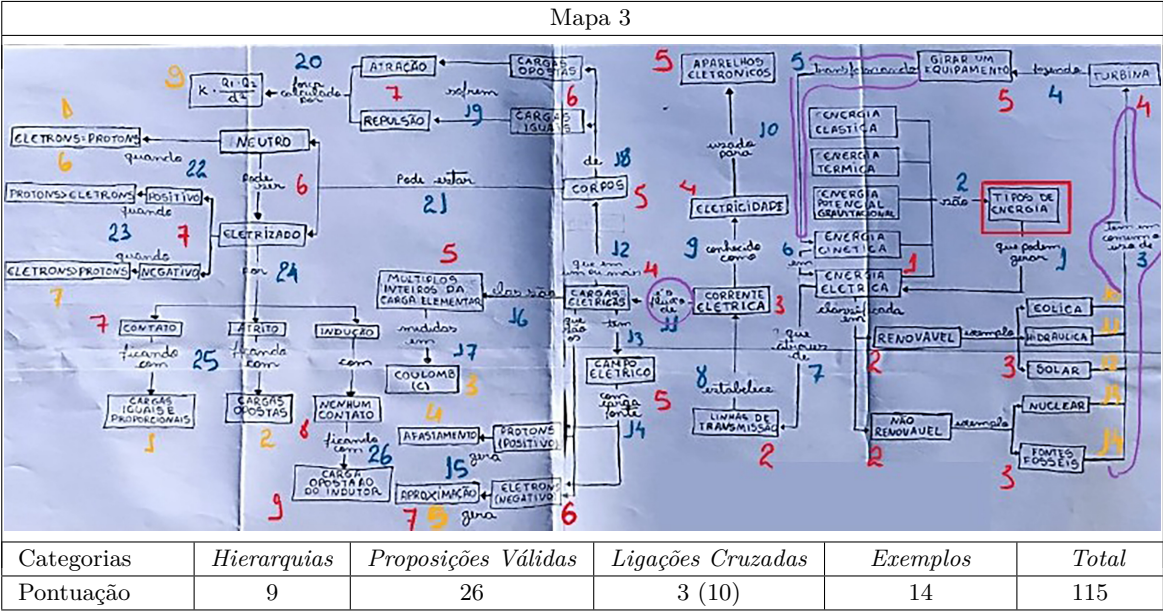
utiliza um total de 26 ligações válidas que conectam de maneira semântica os múltiplos conceitos utilizados na construção do mapa conceitual [46]. É válido mencionar que, além dos conteúdos mais recentes, o autor também resgatou todos os principais conteúdos conceituais trabalhados nos primeiros encontros formativos, o que revela uma utilização duradoura do conhecimento aprendido anteriormente e não esquecido com o tempo [37].

Houve também a utilização de três ligações cruzadas classificadas como significativas e externando a capacidade criativa na conciliação de conceitos estabelecidos em diferentes hierarquias e ramos do mapa conceitual [56]. Além disso, a produção também conta com um total de 14 exemplos utilizados ao longo do mapa, destacados na cor amarela, que buscam de maneira coerente caracterizar ou concretizar os conceitos aos quais se referem [46].

4.2.1.4. Condensação dos resultados obtidos nas produções dos mapas

Considerando a análise conceitual empregada nas produções do Mapa 1, Mapa 2 e Mapa 3, na seção anterior, e as

Quadro 4: Análise do mapa conceitual de Isaac Newton na etapa 3.



Fonte: Elaborado por Isaac Newton com grifos dos autores.

pontuações resultantes dessa análise, o que se encontra na Tabela 2, observamos uma relação entre a nota atribuída às produções e o grau de diferenciação dos conceitos empregados em suas construções, bem como a capacidade dos estudantes de estabelecerem relações semânticas por meio de hierarquias e proposições válidas, além da habilidade no uso de ligações cruzadas e exemplificação de conceitos. Essas características são inerentes ao processo de assimilação, que mobiliza dinamicamente os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora [24, 25]. A Tabela 2 sintetiza essas pontuações para cada um dos mapas produzidos pelos estudantes.

Apreciadas as pontuações dos mapas conceituais na Tabela 2 e a análise das relações semânticas anteriormente realizadas, podemos afirmar que os mapas conceituais configuram uma importante ferramenta para a avaliação da aprendizagem, pois permitiram a identificação dos indícios de aprendizagem significativa dos estudante, revelando tanto fragilidades quanto potencialidades em suas capacidades cognitivas de discriminar o conhecimento, estabelecendo relações semânticas entre conceitos e demonstrando criatividade por meio de ligações cruzadas elaboradas, visando aprimorar a compreensão do conteúdo [29, 49, 50].

Na Tabela 2, também observamos que alguns estudantes iniciaram com pontuações mais baixas nas primeiras produções, como o estudante Galileu Galilei com 15 pontos no Mapa 1 e que demonstraram evolução consistente no percurso de formação. Esses estudantes são um exemplo de que o processo de assimilação foi potencializado ao longo do tempo pela integração dos conhecimentos mais inclusivos e genéricos estabelecidos em suas estruturas cognitivas de maneira duradoura, com os novos conhecimentos aprendidos, mais específicos [57].

Tabela 2: Síntese das pontuações dos mapas compatíveis.

Estudante	Mapa 1	Mapa 2	Mapa 3
Marie Curie	44	74	64
Lise Meitner	–	–	48
Albert Einstein	42	39	49
Galileu Galilei	15	31	48
Stephen Hawking	–	–	49
Ada Lovelace	–	–	–
Katherine Johnson	–	26	51
Dorothy Vaughan	–	24	45
Charles Darwin	44	31	52
Barbara McClintock	–	–	–
Richard Feynman	24	30	51
Louis Pasteur	23	28	49
Dmitri Mendeleev	–	32	71
Alan Turing	n/p	n/p	n/p
Nikola Tesla	–	–	49
Chien-Shiung Wu	18	53	47
Vera Rubin	52	53	50
James Clerk Maxwell	32	44	83
Niels Bohr	–	49	52
Emmy Noether	–	–	51
Werner Heisenberg	–	45	56
Rosalind Franklin	34	67	78
Isaac Newton	43	48	115
Erwin Schrödinger	34	–	–
Mileva Marić	23	37	53

Legenda: (n/p) estudante não produziu o mapa;
(–) mapas classificados como incompatíveis.
Fonte: Elaboração própria.

Em outras palavras, os conteúdos apresentados nas primeiras aulas da UEPS-G davam suporte teórico à assimilação dos conceitos posteriores mais discriminados.

Além disso, observamos que as técnicas de engajamento, promovidas no percurso gamificado tornaram o instrumento avaliativo mais lúdico [22]. Apesar da literatura destacar que é comum os estudantes não se motivarem a reelaborar os seus mapas [48], o *feedback*, um dos elementos de gamificação MDE empregado na investigação [11, 58], surtiu efeito direto no aumento da produção dos mapas, incentivando a reelaboração das produções a partir de apontamentos do professor e da comparação com os trabalhos dos colegas. Também o fato de a atividade avaliativa ser elaborada como uma *missão*, demonstra outro aspecto gamificado da estratégia e indica ter motivado os estudantes a desenvolverem atitudes potencialmente significativas, que culminam em indícios de aprendizagem significativa [32, 58].

Em síntese, a Tabela 2 mostra que a intervenção gamificada, associada ao elemento de *feedback*, propiciou uma melhoria contínua na capacidade dos estudantes de construir mapas conceituais. Os crescentes níveis de pontuação e a maior complexidade dos mapas nas etapas finais sugerem que os alunos não apenas memorizaram conteúdos, mas passaram a integrar e relacionar conceitos de maneira mais profunda. Essa evolução reflete os princípios da TAS, em que o novo conhecimento é incorporado às estruturas cognitivas prévias de forma progressiva e integrada [24]. Os resultados reforçam a eficácia das metodologias ativas, como a gamificação, na promoção de um desenvolvimento conceitual mais profundo e significativo [23].

4.2.2. Análise da evolução conceitual das produções do estudante Isaac Newton

Partindo de um olhar mais amplo da investigação conceitual anterior, essa seção apresenta uma análise particular do desenvolvimento conceitual do estudante Isaac Newton no percurso da UEPS-G. O estudante apresentou um bom domínio conceitual desde a sua primeira produção, obtendo 43 pontos no Mapa 1, mantendo desempenho quase constante no Mapa 2 (48 pontos) e uma evolução considerável no Mapa 3 (115 pontos).

O educando em questão, juntamente ao aluno James Clerk Maxwell, representa, nessa investigação, os saltos conceituais mais significativos observados e, por isso, analisaremos mais de perto como se consolidou essa evolução. A atenção recairá na análise apenas dos Mapas 1 e 2 do autor, pois a terceira produção já foi analisada em seção anterior. Ao final, será apresentada uma análise das relações de integração, discriminação e reconciliação dos conceitos abordados nas três produções.

4.2.2.1. Análise do Mapa 1 do estudante Isaac Newton

A primeira produção de Isaac Newton parte do conceito geral 'Energia', apresentando uma estrutura hierárquica que busca diferenciar progressivamente os tipos de energia (renováveis e não renováveis) e seus exemplos (eólica,

hidráulica, solar, entre outras) [35], conforme Quadro 5. O estudante utiliza seis proposições válidas, que evidenciam a tentativa de estabelecer relações semânticas entre os diferentes níveis de abstração presentes no mapa [48]. Algumas inconsistências na relação conceitual externada no mapa podem ser observadas por meio da utilização equivocada de proposições que não configuram uma relação semântica. Essa dificuldade em encontrar palavras que permitam uma interrelação de conceitos pode evidenciar uma má compreensão sobre como ocorre esse vínculo [45].

A utilização de uma ligação cruzada, ainda que isolada, sugere uma iniciativa de integrar conceitos que, em condições ideais, poderiam promover uma reconciliação integradora mais profunda entre os elementos apresentados [37]. O estudante também incluiu sete exemplos concretos em sua produção, favorecendo a materialização dos conceitos e contribuindo para a validação prática das relações semânticas propostas [45]. Com uma pontuação total de 43 pontos, esse mapa revelou uma base conceitual sólida, mas com potencial para a ampliação das conexões entre hierarquias, especialmente no que diz respeito à exploração de relações causais ou integrativas que possam enriquecer a compreensão do conteúdo.

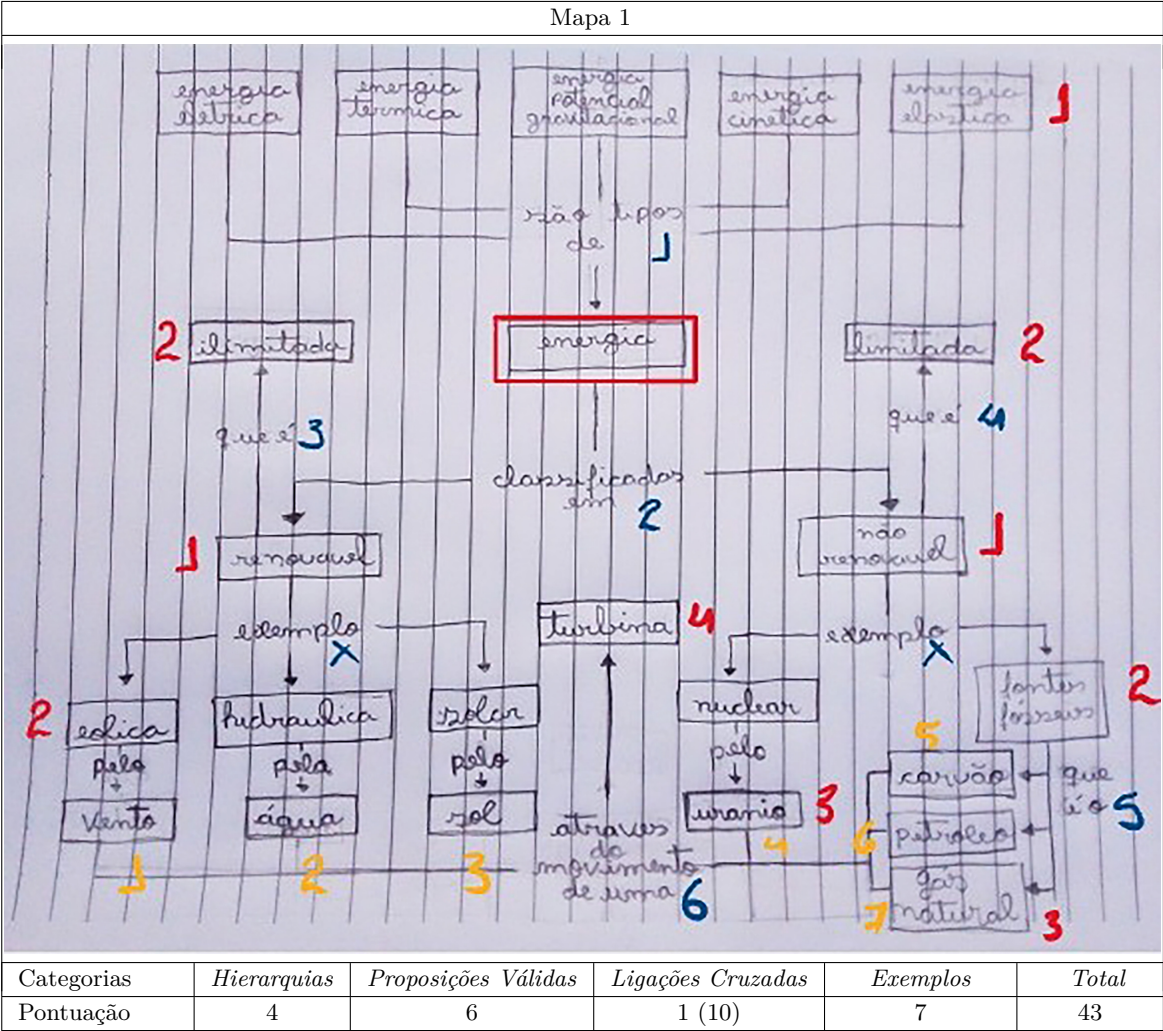
4.2.2.2. Análise do mapa 2 do estudante Isaac Newton

O segundo mapa de Isaac Newton parte do conceito de 'Cargas Elétricas', subordinando outros conceitos como: 'coulomb'; 'atração' e 'repulsão'; processos de eletrização e a relação entre 'prótons' e 'elétrons', conforme Quadro 6. A estrutura hierárquica evoluiu para cinco níveis em relação à produção anterior, permitindo uma distribuição mais refinada dos conceitos e a delimitação de categorias mais específicas a partir de um conceito central ampliado. O autor optou por utilizar uma disposição gráfica que permite a leitura do mapa da esquerda para a direita, preservando a organização visual das hierarquias.

Apesar da boa organização hierárquica apresentada, a produção permanece utilizando proposições que não caracterizam uma relação semântica e que podem evidenciar uma má compreensão de suas conexões [45]. Aliado a isso, o autor utiliza muitas palavras na caracterização de um conceito, como no caso de 'múltiplos inteiros da carga elementar', em vez de 'carga elementar', o que pode revelar uma falta de discriminação do conceito empregado.

Isaac Newton utilizou 13 proposições válidas em sua produção, o que indica uma capacidade aprimorada para articular e relacionar os elementos do conhecimento de forma mais robusta e coesa [56]. Embora não tenham sido registradas ligações cruzadas nessa etapa, que poderiam externar a integração criativa entre conceitos de diferentes hierarquias, o aumento no número de exemplos, passando para 10, revela uma preocupação em

Quadro 5: Análise do mapa conceitual de Isaac Newton na etapa 1.



Fonte: Elaborado por Isaac Newton com grifos dos autores.

exemplificar e contextualizar os conteúdos de forma mais abrangente. O mapa não reflete um avanço conceitual significativo, principalmente porque não houve uma conexão com os conceitos aprendidos anteriormente, optando por tratar o conteúdo estudado como um recorte estático, o que pode indicar uma aprendizagem mecânica dos conceitos [48].

4.2.2.3. Relações de integração, discriminação e reconciliação nos mapas conceituais e a influência dos elementos de gamificação

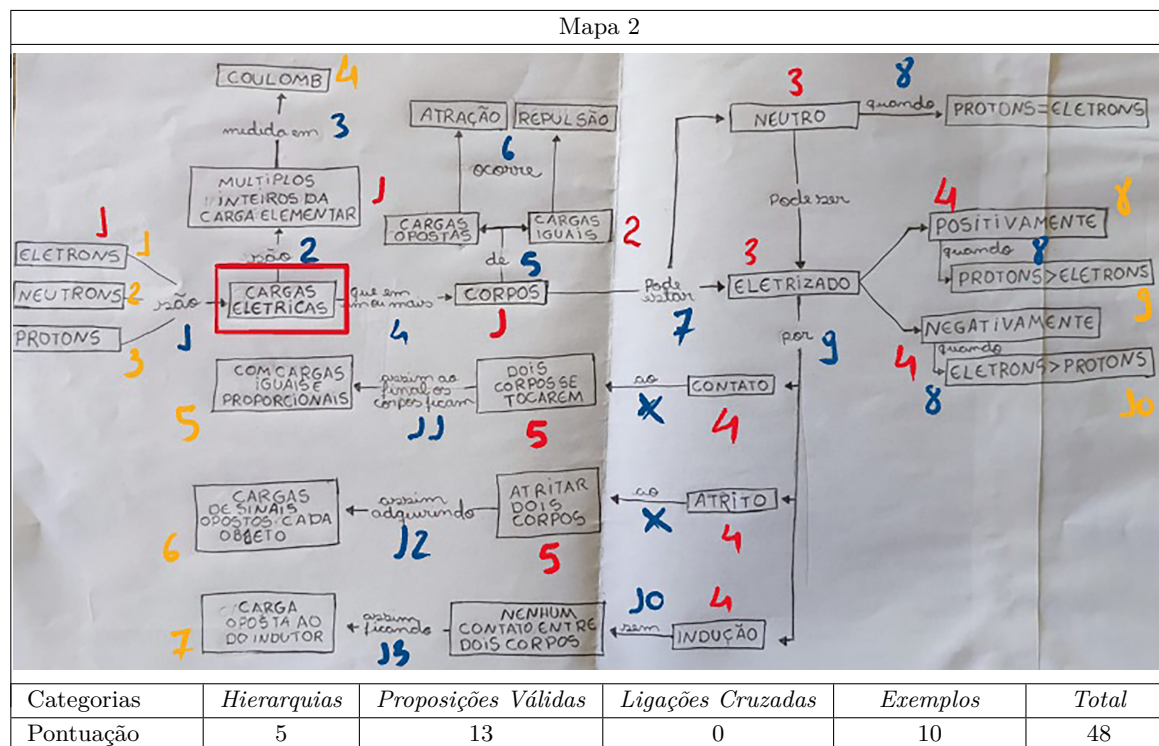
Em abordagens passivas, ou mesmo na implementação de metodologias ativas de ensino, a aprendizagem pode ocorrer de maneira puramente mecânica, por isso, modificar a abordagem, por si só, não garante a aquisição de conhecimentos duradouros. Sem uma compreensão básica do fenômeno que está sendo estudado, a atividade pode resultar em pouco ou nenhum avanço conceitual [45]. Assim, é importante nos processos de avaliação da aprendizagem a utilização de instrumentos que possam evidenciar indícios de que a aprendizagem ocorreu

significativamente [31]. Nessa análise, procuramos essas características, ou evidências, de que a aprendizagem tenha ocorrido significativamente para o estudante Isaac Newton.

Ausubel destaca o processo de diferenciação progressiva como um dos processos fundamentais da assimilação de conceitos, a sua ocorrência é uma evidência de que a aprendizagem ocorre significativamente [24, 25]. Nos mapas conceituais, esse processo é evidenciado na estrutura hierárquica e na subordinação dos conceitos, dos mais amplos aos mais discriminados [56]. O Mapa 3, analisado na seção 4.2.2, Quadro 4, apresenta uma estrutura visual hierarquizada dos conceitos e reforçada pela intencionalidade do estudante em garantir mais espaço físico, por meio da colagem de folhas de papel, para acomodar melhor a sua estrutura conceitual.

Além disso, o mapa retoma os conceitos mais amplos apresentados nas produções anteriores, Mapas 1 e 2, e o autor elege ‘Tipos de Energia’ como o seu conceito principal, um conceito pertencente ao Mapa 1. A produção estabelece como conceito mais discriminado, na hierarquia nove, o conceito de carga elétrica induzida,

Quadro 6: Análise do mapa conceitual de Isaac Newton na etapa 2.



Fonte: Elaborado por Isaac Newton com grifos dos autores.

ou seja, o estudante utilizou os conceitos mais gerais aprendidos em outrora, para externar uma conexão com conceitos mais específicos aprendidos recentemente. Essas escolhas revelam o processo de diferenciação progressiva e indícios de aprendizagem significativa [24, 34, 45].

A última produção também demonstra uma tentativa de reconciliação dos conceitos de ‘cargas elétricas’ (Mapa 2), Quadro 5, e ‘energia’ (Mapa 1), Quadro 6, buscando integrá-los em um contexto mais amplo. Podemos observar, que o conceito de carga elétrica é subordinado no mapa, presente na categoria quatro, no mesmo ramo que figura o conceito de ‘energia elétrica’ e, por conseguinte, o conceito central de ‘tipos de energia’. Esse processo conduz a conceitos superordenados, como expresso no mapa, e configura o processo de reconciliação integradora que ocorre dinamicamente ao de diferenciação progressiva [32].

Além da hierarquização, diferenciação e reconciliação, para [45], a criatividade pode ser considerada um dos principais indícios de que a aprendizagem ocorre de maneira significativa. Nos mapas conceituais, essa criatividade é representada com a utilização das ligações cruzadas, tanto aquelas que ocorrem verticalmente, ou seja, entre categorias de um mesmo ramo do mapa conceitual, quanto horizontalmente, entre categorias de ramos distintos e que abrange a relação de conceitos mais amplos; em ambos os casos, ocorre o processo de reconciliação integradora [29, 49, 52].

No Mapa 3, ocorrem duas ligações cruzadas horizontais, entre ramos do mapa, e uma ligação cruzada vertical, entre hierarquias do mesmo ramo. Em uma

das ligações horizontais, o autor retoma uma ligação utilizada anteriormente no Mapa 1, ligando os conceitos ‘eólica, hidráulica, solar, nuclear e fontes fósseis’, com o conceito de ‘turbina’. A ligação revela uma reconciliação integradora conceitual [45, 59], ao conectar as fontes de energias renováveis e não-renováveis a um mesmo conceito, ‘turbina’, que os reduz ao modo de geração de energia atrelado a essas fontes. Revela também uma inconsciência conceitual ao ligar os conceitos ‘turbina’ e ‘solar’, configurando, nesse caso, uma tentativa de generalização do autor. Esse movimento não indica, entretanto, uma aprendizagem mecânica, pois, mesmo na aprendizagem significativa pode haver “incorrekções passíveis de revisão” [36].

A outra ligação cruzada horizontal conecta indiretamente o conceito de ‘turbina’ com o conceito de ‘energia cinética’, ambos presentes no Mapa 1 do autor. Nessa conexão, Isaac Newton estabelece uma reconciliação de significados, em que o modo de geração de energia, ‘turbina’, advindo de diversas fontes de energia, ‘eólica, hidráulica, solar, nuclear e fontes fósseis’, está atrelado a um tipo específico de energia, ‘energia cinética’, revelando, nesse caso, uma forma criativa de interconexão de conceitos [45].

Já a ligação cruzada vertical utilizada no Mapa 3 estabelece um vínculo entre conceitos estudados na etapa 1, ‘corrente elétrica’, com conceitos novos apresentados no Mapa 2, ‘cargas elétricas’. Essa conexão externa a criatividade do autor em reconciliar o significado de corrente elétrica com a movimentação ordenada de cargas elétricas e a possibilidade de criar uma conexão

com os conceitos abordados após os acontecimentos retratados no Mapa 2. A ligação cruzada, neste sentido, tem também a função de ponte entre os conteúdos abordados antes, nos Mapas 1 e 2 e aqueles abordados posteriormente, próprios do Mapa 3.

Além do *feedback*, expresso ao longo das análises conceituais anteriores, outros elementos de gamificação destacaram-se como potencializadores da motivação e do engajamento dos estudantes para a produção e a reelaboração dos mapas conceituais, como, por exemplo: *missão*; *progressão*; *competição*; *pertencimento à equipe*. Essas estratégias gamificadas, partem dos pressupostos fundamentais do *design* de jogos: a voluntariedade, as regras, os objetivos e o *feedback*, que influenciam diretamente a motivação dos sujeitos, mobilizando-os a assumirem uma atitude potencialmente significativa no aprendizado [23, 60].

A apresentação das atividades, como os mapas conceituais, no formato de *missões*, conferiu um propósito lúdico ao processo avaliativo, o que o distancia dos modelos tradicionais classificatórios e estimula um sentimento de serenidade nos estudantes [58]. Na Teoria do Fluxo (*Flow*), que elenca motivos para que pessoas permaneçam engajadas em atividades que não têm retorno material ou financeiro, o sentimento de serenidade ou despreocupação do processo avaliativo, deriva do equilíbrio entre habilidades de realizar uma tarefa e os desafios impostos por ela. Essa harmonia proporciona o vislumbre de evolução do sujeito no processo gamificado, influenciando no engajamento da atividade, ou no estado de *flow* [61].

Por sua vez, a *progressão*, traduzida em *níveis* de dificuldade ou etapas de um percurso, permite que os alunos visualizem seu avanço no conteúdo e na própria *competição*, gerando a sensação de evolução e cumprimento dos objetivos traçados [60]. Esse aspecto alinha-se com a TAS, que preconiza a consolidação do conhecimento em uma sequência que parte de conceitos básicos para discriminações mais aprofundadas [25], e observadas na evolução da complexidade dos mapas conceituais dos estudantes, ao longo do percurso gamificado, representando um indicativo de que esse elemento pode ter contribuído para uma integração mais significativa dos conceitos.

O elemento de *competição* e *pertencimento à equipe* incentivaram a interação social e a colaboração entre os estudantes [11]. A divisão em *equipes* para a realização de desafios e a atribuição de *pontuações*, como recompensa, estimularam o engajamento e o comprometimento com as atividades, mas vale ressaltar que os estudantes não se engajam em uma tarefa simplesmente por receberem estímulos [62], pelo contrário, uma estratégia gamificada voltada para o ensino e aprendizagem deve ir além dessas compensações [63], que, na Teoria da Autodeterminação, ou do inglês *Self-Determination Theory* (SDT), remete a um tipo de motivação extrínseca [64].

A SDT busca compreender a motivação humana, distinguindo fundamentalmente entre motivação extrínseca e intrínseca. A motivação extrínseca refere-se a comportamentos impulsionados por fatores externos, como buscar recompensas ou evitar punições. Nesse caso, a ação é um meio para alcançar um fim separado da atividade em si, com o objetivo de obter prêmios ou a admiração de outros. Por outro lado, a motivação intrínseca consiste na realização de uma atividade por seu próprio fim, ou seja, a atividade é inerentemente satisfatória e prazerosa. As recompensas, nesse contexto, surgem ao longo da atividade, sendo parte integrante da experiência, e não apenas de seus resultados finais [64]. É importante ressaltar que a motivação intrínseca e extrínseca não devem ser vistas como opostas, sendo que uma gamificação bem-sucedida, por exemplo, deve incluir ambas, muito embora a motivação intrínseca seja considerada mais relevante no processo de ensino-aprendizagem [15].

Nessa perspectiva, a *competição* saudável e o senso de *pertencimento à equipe* proporcionaram a motivação ideal para que os estudantes pudessem revisar e aprimorar seus mapas conceituais, culminando em uma melhoria contínua da qualidade do trabalho. Em primeiro lugar, porque o elemento de *competição* está ligado aos fundamentos da gamificação, o cumprimento de objetivos [60]. Estes poderiam promover, no contexto da UEPS-G, o *estado de vitória* [11], e foram formulados de modo a serem simultaneamente alcançáveis e desafiadores, promovendo, assim, o estado de *flow* [61]. Segundo, que a sensação de pertença promovida pela colaboração em *equipes* delineia um dos pilares da motivação intrínseca, o pertencimento [64], que é o anseio intrínseco por conexão social e interdependência, em que se busca estabelecer laços significativos com outras pessoas [15].

A integração dos elementos de gamificação como *missão*, *progressão*, *competição* e *pertencimento à equipe* em um percurso pedagógico, em conjunto com o *feedback*, atuaram como um catalisador para a motivação e o engajamento discente. Isso se refletiu diretamente na maneira como os educandos relacionaram-se com as atividades propostas e com os instrumentos de avaliação, impactando, no caso dos mapas conceituais, na profundidade e na qualidade das relações conceituais externadas.

Com essa análise, pudemos observar uma progressão conceitual do estudante Isaac Newton ao longo do percurso formativo e as inconsistências decorrentes da má elaboração de significados. Por meio das observadas reconciliações de conceitos, conexões de novos conhecimentos com antigos e a reelaboração de significados anteriores, o autor integrou os temas trabalhados anteriormente construindo uma compreensão mais abrangente e complexa ao longo das produções dos mapas, indicando que a aprendizagem tenha ocorrido de maneira significativa.

5. Considerações Finais

Esta investigação demonstrou que a adoção de metodologias ativas de aprendizagem, como a gamificação, são importantes para fomentar o engajamento discente no processo educacional. Ressaltamos que os elementos gamificados MDE, quando articulados de forma coerente com os objetivos pedagógicos, demonstram potencial para alcançar resultados satisfatórios, desde que haja rigor na sua aplicação e monitoramento. A articulação da gamificação com a TAS proporcionou um processo que se mostrou engajador, estimulou atitudes potencialmente significativas e produziu indícios de que a aprendizagem ocorreu de maneira significativa.

A integração dos mapas conceituais ao elemento de gamificação *feedback* mostrou-se eficaz como instrumentos de avaliação formativa ao propiciar aos educandos oportunidades metacognitivas de reflexão sobre a sua própria aprendizagem, enquanto ofereceu ao professor um diagnóstico valioso sobre a progressão conceitual de cada estudante. Ademais, elementos como: *missão, progressão, competição e pertencimento à equipe*, ao introduzir ludicidade no processo avaliativo, deslocaram a ênfase de modelos tradicionais classificatórios para uma perspectiva mais formativa e colaborativa, influenciando no engajamento das atividades e na mobilização da motivação intrínseca dos estudantes.

As análises estratificadas dos resultados, iniciando horizontalmente, com um tratamento panorâmico dos mapas conceituais, para, em seguida, adensar a reflexão ao examinar casos específicos de produções discentes, permitiram não apenas identificar padrões gerais de evolução conceitual dos estudantes ao longo das três etapas sequenciais (Mapa 1, Mapa 2 e Mapa 3), mas também destacaram nuances individuais do desenvolvimento conceitual estudantil.

Por fim, é necessário ponderar que os resultados aqui expostos não devem ser generalizados sem ressalvas, uma vez que o estudo concentrou-se em um contexto específico. Sugerimos que futuros estudos ampliem o escopo de análise, incorporando outros instrumentos de avaliação ou elementos de gamificação, a fim de validar a replicabilidade dessas estratégias em diferentes realidades educacionais.

Disponibilidade de Dados

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo não está disponível publicamente.

Referências

- [1] C.E.P. Severo, Rev. Bras. Educ. Prof. E Tecnológica **2**, e6717 (2020).
- [2] M.A.B. Novaes, E.S. Silva, M.K.R. Costa, P.A. Amorim, F.L.M. Machado, A.M.M.R. Machado, J.S. Moura, C.R.B. Paiva, I.S. Martins e F.G.O. Paulino, Res. Soc. Dev. **10**, e37710414091 (2021).

- [3] I.S. Araujo e E. Mazur, Cad. Bras. Ensino Física **30**, 362 (2013).
- [4] M.A. Moreira, Rev. Bras. Ensino Física **43**, e20200451 (2021).
- [5] P. Freire, Pedagogia do Oprimido (Paz e Terra, São Paulo, 1987).
- [6] B.P. Silva, M.P. Vidmar e D.P. Pastorio, Cad. Bras. Ensino Física **41**, 487 (2024).
- [7] F.S. Oliveira, *GAMIFICAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO: Contribuições de uma UEPS-G e do jogo de aprendizagem Eletrowizard na promoção da aprendizagem e atitudes potencialmente significativas relativamente aos conceitos de energia e eletrostática no Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado, Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte (2023).
- [8] J.B. Silva e G.L. Sales, Rev. Tec. **2**, 105 (2017).
- [9] M.L.S.V. Santos, R.N.P.M. Souza e M.C.S. Araujo, REMEA – Revista Eletrônica Do Mestrado Em Educação Ambiental **35**, 279 (2018).
- [10] J.C. Silva, C. Rodriguez e R.V. da Rocha, em: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE* (Brasília, 2019).
- [11] K. Werbach e D. Hunter, *The Gamification Toolkit: Dynamics, Mechanics, and Components for the Win* (Wharton School Press – University of Pennsylvania, Philadelphia, 2015).
- [12] T.W. Malone, em: *Proc. 3rd ACM SIGSMALL Symp. First SIGPC Symp. Small Syst. – SIGSMALL 80* (ACM Press, Palo Alto, 1980).
- [13] T.W. Malone, *What Makes Things Fun to Learn? A Study of Intrinsically Motivating Computer Games* (Stanford University, Palo Alto, 1980).
- [14] D. Sharma e J. Sharma, em: *Int. Conf. Emerg. Trends Des. Arts* (Jaipur, 2023).
- [15] N. Studart, Rev. Bras. Ensino Física **44**, e20210362 (2021).
- [16] B.A.C. Rezende e V.S. Mesquita, em: *SBC – Proceedings of SBGames* (Curitiba, 2017).
- [17] D.C. Martínez e J.J.R. García, Informatics **6**, 9 (2019).
- [18] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled e L. Nacke, em: *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (Tampere, 2011).
- [19] K.M. Kapp, L. Blair e R. Mesch, *The gamification of learning and instruction fieldbook: ideas into practice* (John Wiley & Sons, San Francisco, 2014).
- [20] A.A.C. Barros, C.M. Furtado, G.F. Boos, S.L. Schwertl e P.R. Brandt, Rev. Dynamis **18**, 56 (2012).
- [21] F. Alves, *Gamification: Como Criar Experiências de Aprendizagem Engajadoras* (DVS Editora, São Paulo, 2015).
- [22] V.M. Fraga, M.C.A. Moreira e M.V. Pereira, Cad. Bras. Ensino Física **38**, 174 (2021).
- [23] J.B. Silva, G.L. Sales e J.B. Castro, Rev. Bras. Ensino Física **41**, e20180309 (2019).
- [24] D.P. Ausubel, *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva* (Plátano Edições Técnicas, Lisboa, 2003).
- [25] M.A. Moreira, *Aprendizagem Significativa: A Teoria e Textos Complementares* (LF Editorial, São Paulo, 2011).

- [26] F.E.S. Silva-Pires, V.S. Trajano e T.C. de Araujo-Jorge, *Revista Educação em Questão* **58**, e-21088 (2020).
- [27] R.L.S. Costa, *Rev. Bras. Educ.* **28**, e280010 (2023).
- [28] M. Ferreira, O.L. Silva Filho, M.A. Moreira, G.B. Franz, K.O. Portugal e D.X.P. Nogueira, *Rev. Bras. Ensino Física* **42**, e20200057 (2020).
- [29] M.A. Moreira, *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review* **1**, 1 (2011).
- [30] A.L.B. Rocha, *Desenvolvimento e avaliação de aplicativo móvel com gamificação como recurso educacional em otorrinolaringologia para médicos residentes*. Dissertação de Mestrado, Unichristus, Fortaleza (2022).
- [31] M.A. Moreira, *Rev. Bras. Ensino Física* **43**, e20200451 (2021).
- [32] J. Valadares, *Aprendiz. Significativa Em Rev.* **1**, 36 (2011).
- [33] E. Schlemmer e J.A. Moreira, *Rev. Educ. Pública* **31** (2022).
- [34] J.D. Novak e D.B. Gowin, *Aprender a Aprender* (Plátano Edições Técnicas, Lisboa, 1996).
- [35] L. Ruiz-Moreno, M.C. Sonzogno, S.H.S. Batista e N.A. Batista, *Ciênc. Educ.* **13**, 453 (2007).
- [36] P.R.M. Correia, A.C. Silva e J.G. Romano Junior, *Rev. Bras. Ensino Física* **32**, 4402 (2010).
- [37] V. Silva, *Proposta de um modelo para acompanhamento da aprendizagem significativa por mapas conceituais*. Tese de Doutorado, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo (2018).
- [38] M. Maximo-Pereira, P.V.S. Souza e A.B. Lourenço, *Ciênc. Educ. Bauru* **27**, e21017 (2021).
- [39] A.C. Gil, *Como Elaborar Projetos de Pesquisa* (Atlas, São Paulo, 2002).
- [40] M. André, *Revista da FAEBA Educação e Contemporaneidade* **22**, 95 (2013).
- [41] I.D. Almeida, *Metodologia do trabalho científico* (Editora Universitária UFPE, Recife, 2021).
- [42] A.C.B. Maia, *Questionário e entrevista na pesquisa qualitativa: elaboração, aplicação e análise de conteúdo – Manual Didático* (Pedro & João, São Paulo, 2020).
- [43] W.P.S. Ana e G.C. Lemos, *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar* **4**, 531 (2018).
- [44] A.J. Severino, *Metodologia Do Trabalho Científico* (Cortez, São Paulo, 2017).
- [45] J.D. Novak e A.J. Cañas, *Práxis Educ.* **5**, 9 (2010).
- [46] E.C. Silva, *Administração: Ensino e Pesquisa* **16**, 785 (2015).
- [47] E.C. Silva, em: *Sexta Conferência Internacional Sobre Mapeamento Conceitual* (Santos, 2014).
- [48] M.F. Parisoto, M.A. Moreira, J.T. Moro, A.S. Kilian e B. Dröse Neto, *Rev. Electrónica Enseñ. Las Cienc. Internet* **15**, 347 (2016).
- [49] V. Villas-Boas, B.C. Boff e L.Z. Sauer, *Acta Scientiae* **24**, 78 (2022).
- [50] G.C. Pantoja e M.A. Moreira, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **11**, 1302 (2017).
- [51] J.B. Silva, *Res. Soc. Dev.* **9**, e09932803 (2020).
- [52] G.C. Pantoja e M.A. Moreira, *Rev. Bras. Ensino Física* **42**, e20200288 (2020).
- [53] L.S. Fogaça, M.A. Moreira e M.C.C. Sahelices, *Ensino E Tecnol. Em Rev.* **5**, 14 (2021).
- [54] F.L. Lovato, A. Michelotti e E.L.S. Loreto, *Acta Scientiae* **20**, 154 (2018).
- [55] A.C.B. Lima, D.C.M. Santos e A.P.S. Pereira, *Integra-EaD* **2** (2020).
- [56] W.P. Brum, *Rev. Eletrônica Ciênc. Educ.* **14** (2015).
- [57] M.A. Moreira e E.A.F.S. Masini, *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos* (Vetor Editora PsicoPedagógica, São Paulo, 2009).
- [58] J. Silva, G.L. Sales e J.B. Castro, In *Workshop Congr. Bras. Informática Na Educ.* **7**, 74 (2018).
- [59] J.M.L. Brezolin e N.I. Grando, *Rev. Novas Tecnol. Na Educ.* **9** (2011).
- [60] J. McGonigal, *Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World* (Penguin, New York, 2011).
- [61] M. Csikszentmihalyi e M. Csikszentmihaly, *Flow: The Psychology of Optimal Experience* (Harper & Row, New York, 1990).
- [62] M.L. Fardo, *Renote* **11** (2013).
- [63] N. Studart, em: *Simpósio Nac. Ensino Física* **21** (Uberlândia, 2015).
- [64] R.M. Ryan e E.L. Deci, *Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness* (Guilford publications, New York, 2017).