

CONSTRUINDO O CONCEITO DE DENSIDADE: UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE PHET COMO FERRAMENTA TECNOLÓGICA

BUILDING THE CONCEPT OF DENSITY: USING PHET SOFTWARE AS A TECHNOLOGICAL TOOL

Charlles Tayomitsu Ono¹, Ana Livia da Silva²

Recebido: abril/2025 - Aprovado: maio/2026

RESUMO: Este artigo visa promover uma compreensão sobre como crianças do 5º ano do Ensino Fundamental entendem o conceito de densidade. Para isso, adotaram-se as seguintes referências teóricas: Valente (tecnologias educacionais), e Vygotsky, Piaget, Ausubel e Keil (processos de construção do conhecimento conceitual). A pesquisa realizada é de natureza qualitativa e se configura como uma intervenção pedagógica. O objetivo não se limita à construção do conceito de densidade com as crianças, mas busca, também, integrá-lo ao uso de ferramentas digitais, daí a importância de Valente como uma das bases. Para tal, optou-se pelo software PHET, que permite simulações interativas sobre o tema, além do Kahoot com quizzes interativos para coleta de dados. Inicialmente, foi identificada uma lacuna no conhecimento dos alunos, entretanto ao final da intervenção, observou-se uma superação parcial dessa defasagem, sugerindo avanços no entendimento do conceito.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Ciências, Construcionismo, Simulação.

ABSTRACT: This article aims to promote an understanding of how fifth-grade elementary school children understand the concept of density. To this end, the following theoretical references were adopted: Valente (educational technologies), and Vygotsky, Piaget, Ausubel, and Keil (processes of constructing conceptual knowledge). The research is qualitative in nature and is configured as a pedagogical intervention. The objective is not limited to constructing the concept of density with the children, but also seeks to integrate it with the use of digital tools, hence the importance of Valente as one of the bases. For this purpose, the PHET software was chosen, which allows interactive simulations on the topic, in addition to Kahoot with interactive quizzes for data collection. Initially, a gap in the students' knowledge was identified; however, at the end of the intervention, a partial overcoming of this gap was observed, suggesting advances in the understanding of the concept.

KEYWORDS: Science Teaching, Constructionism, Simulation.

- 1 <https://orcid.org/0009-0009-0755-1861>, Mestre em Educação (UNESP). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Rua Roberto Simonsen, 305 - Centro Educacional, Pres. Prudente - SP, CEP: 19060-900. E-mail: ct.ono@unesp.br
- 2 <https://orcid.org/0009-0007-6334-1223>, Graduada em Pedagogia (UNESP). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Rua Roberto Simonsen, 305 - Centro Educacional, Pres. Prudente - SP, CEP: 19060-900. E-mail: ana-livia.silva@unesp.br





Introdução

Este artigo tem como objetivo compreender como as tecnologias podem influenciar o aprendizado do conceito de densidade em alunos do 5º ano do ensino fundamental. Esse trabalho representa uma intervenção realizada em uma disciplina do mestrado acadêmico em Educação. Parte-se da premissa de que o ensino das ciências naturais, nos moldes tradicionais — em que o professor assume uma posição central no processo educativo — não atende mais às expectativas dos alunos, tampouco às demandas da sociedade contemporânea (Sasseron, 2018). Ademais, o avanço tecnológico característico da modernidade não proporciona espaço para métodos tradicionais de ensino (Silva; Silva; Sales, 2018) nos quais o quadro e o giz são as principais ferramentas do docente que rege as atividades em sala de aula.

A densidade é uma propriedade fundamental da matéria que permite compreender diversos fenômenos do cotidiano e aplicações práticas. Por exemplo, em um derrame de petróleo no mar, o óleo permanece na superfície por ser menos denso que a água, facilitando (ainda que parcialmente) sua contenção. Da mesma forma, nadar em água salgada é mais fácil do que em água doce, pois a maior densidade da água do mar aumenta o empuxo sobre o corpo. Em combustíveis, a diferença de densidade entre álcool e gasolina influencia sua mistura e desempenho no motor. Instrumentos como densímetros utilizam esse princípio para medir a densidade de líquidos, sendo essenciais em laboratórios e indústrias. Além disso, muitos métodos de separação de misturas, como a decantação, baseiam-se justamente na diferença de densidade entre os componentes.

A compreensão de conceitos científicos fundamentais, como o de densidade, é um desafio recorrente no ensino de ciências, especialmente nas séries iniciais do Ensino Fundamental (Andrade; *et al.*, 2023). O ensino desses conceitos exige uma abordagem pedagógica que considere as características cognitivas das crianças, bem como o contexto em que se desenvolvem. Nesse sentido, este artigo busca investigar como crianças do 5º ano de uma escola de Ensino Fundamental compreendem o conceito de densidade. A proposta central da pesquisa é analisar o processo de construção desse conceito, utilizando-se de uma intervenção pedagógica que incorpora o uso de tecnologias digitais, mais especificamente o *software* PHET, que oferece simulações interativas que facilitam a visualização de fenômenos científicos complexos e o Kahoot, como coleta de dados, que permite *quizzes* interativos.

O referencial teórico que orienta o estudo envolve contribuições de diversos autores. Valente (2005), ao discutir as potencialidades das tecnologias educacionais, fornece uma base para entender como as ferramentas digitais podem ser aliadas no processo de ensino-aprendizagem. Por outro lado, as teorias de Vygotsky (1989), Piaget (1971), Ausubel (Moreira; Masini, 2011) e Keil (Lomônaco, *et al.*, 2001), que abordam o desenvolvimento cognitivo e a construção de conceitos, orientam a análise dos processos mentais envolvidos na compreensão do conceito de densidade pelas crianças. A pesquisa, de caráter qualitativo, propõe-se a não apenas ensinar o conceito de densidade, mas a explorar de que forma o uso das tecnologias pode facilitar ou dificultar essa aprendizagem.



A partir de uma intervenção pedagógica planejada, observou-se que as crianças apresentavam uma lacuna significativa no entendimento do conceito de densidade antes da aplicação das simulações digitais. O diagnóstico não foi constatado pelos pesquisadores, mas sim pela própria professora da turma, a qual cedeu a sala e identificou uma defasagem no conhecimento dos alunos sobre o conceito de densidade através das provas internas (avaliação da professora) e externas (Saresp³) realizadas ao longo do período letivo. Neste contexto, este artigo propõe a discutir, de forma detalhada, os resultados dessa intervenção e suas implicações para a prática pedagógica, destacando o papel das tecnologias no ensino de ciências e na promoção de uma aprendizagem mais significativa e contextualizada para os estudantes.

Análise e definição do conceito

Quando falamos de ensino de ciências no ensino fundamental, há uma série de conceitos e temas importantes que devem ser trabalhados em sala de aula com as crianças. No entanto, escolhemos o tema densidade seguindo alguns critérios, que de acordo com Lima e Grillo (2008, p. 117):

[...] os conteúdos selecionados para o ensino de ciências precisam levar em conta pelo menos três condições: 1) a possibilidade de contribuir para a inserção do estudante no discurso contemporâneo, impregnado de informações científicas e tecnológicas; 2) a capacidade de favorecer o reconhecimento da realidade social e cultural do estudante, da escola e da comunidade para os quais o currículo é dirigido; 3) a competência de propiciar elementos para a qualificação da vida não só em sentido escrito mas, também, coletivo.

O tema “densidade” cumpre de maneira satisfatória essas três condições, uma vez que sua presença no cotidiano é tão significativa que se torna difícil identificar processos ou atividades humanas que não utilizem, direta ou indiretamente, alguma propriedade dela.

Agora, acerca de sua definição, vemos que densidade é uma propriedade física de um objeto ou de uma substância que expressa a relação entre sua massa e o volume que ocupa. Ela pode ser resumida através da equação:

$$\rho = M/V \quad (1)$$

A massa (M) e o volume (V) são propriedades fundamentais do objeto ou da substância. No caso de sólidos a densidade é uma propriedade do objeto pois seu volume pode conter partes ocas. Já a massa específica de um corpo depende somente do material pois no seu volume não se consideram as partes ocas. Para ficar mais claro considere o exemplo de um navio que flutua na água pois é menos denso que ela, contudo a massa específica do aço é maior do que a da água e por isso peças de aço afundam na água. Para líquidos e gases densidade e massa específica são sinônimos.

A densidade pode ser expressa em unidades de quilogramas por metro cúbico (kg/m³) ou gramas por centímetro cúbico (g/cm³). Em outras palavras, a massa é a quantidade de matéria em um objeto

3 Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo, uma das avaliações paulistas que compõe o Índice de Qualidade da Educação Municipal (IQEM).



ou substância, medida em unidades como gramas (g) ou quilogramas (kg). Já o volume é o espaço tridimensional ocupado por esse objeto ou substância, medido em unidades centímetro cúbico (cm^3) ou metros cúbicos (m^3).

A massa de um objeto pode ser facilmente encontrada com o auxílio de uma balança. Já para encontrarmos o volume, são necessárias algumas equações a depender do objeto. Como por exemplo, o volume de um cubo pode ser encontrar com a fórmula $V = a^3$, sendo (a) a aresta. Já para um paralelepípedo usamos $V = B \times L \times h$, sendo B o comprimento da base, L a largura e h a altura. Porém, quando se trata de objetos, como é o caso de nossa pesquisa por conta da ferramenta PHET, também podemos encontrar facilmente o volume ao observamos o quanto o objeto desloca de água ao entrar em contato com ela (valores do qual o *software* representa), tornando mais simples essa determinação.

A respeito do desenvolvimento dos conceitos, usamos como base textos de Lomônaco; *et al.* (1996), que por sua vez se baseia em Keil (1992). Em suma, Keil define a evolução de conceitos ao passar das propriedades características para definidoras (Lomônaco; *et al.* 1996). Até então, a psicologia exibia três concepções para a interpretação de conceitos – a clássica, prototípica e a dos exemplares. No entanto, todas elas se mostraram defasadas até certo ponto, abrindo espaço para outras teorias. Em suma, a visão clássica entende os conceitos como definidos por um conjunto fixo de propriedades necessárias e suficientes, comuns a todos os membros da categoria, embora seja criticada por sua rigidez. A do protótipo rejeita definições estritas e sustenta que os indivíduos formam conceitos a partir da abstração de características mais frequentes entre os exemplos, resultando em categorias com variação interna significativa. Já a abordagem dos exemplares propõe que os conceitos são estruturados com base em exemplos específicos armazenados na memória, privilegiando a similaridade com casos conhecidos; contudo, assim como a teoria do protótipo, enfrenta críticas por negligenciar o papel do contexto e por carecer de critérios mais restritivos na delimitação das categorias.

Essa nova concepção, que se refere as Características (propriedade ligada a maioria dos conceitos, mas não todos) e Definidores (conjunto de aspectos suficientes para definir um conceito), se baseia em conhecimentos prévios do mundo, como as coisas funcionam, etc., ou seja, ela não se baseia em explicação científica e sim no senso comum (Lomônaco; *et al.* 1996). Além disso, essa nova concepção explicativa mostra que a estrutura conceitual acontece de forma diferente para cada domínio do conhecimento.

Com isso, Keil (1992) propõe três distinções dos conceitos (naturais, nominais e artefatos) que ajudam a compreender como organiza-se cognitivamente o mundo. Os conceitos naturais referem-se a entidades que existem independentemente da ação humana, como animais, plantas ou fenômenos físicos. Eles são geralmente compreendidos com base em propriedades essenciais ou estruturais (por exemplo, a ideia de que um tigre continua sendo um tigre mesmo que mude sua aparência superficial). Já os conceitos nominais são construções convencionais, dependentes de acordos linguísticos e sociais, como categorias jurídicas, moedas ou títulos, cujo significado existe porque há consenso coletivo que os sustenta.

Por fim, os artefatos constituem um subconjunto particular, pois embora também sejam produtos humanos, diferem dos conceitos nominais por terem uma base material e funcional. Eles dizem respeito



a objetos criados com uma finalidade específica (como ferramentas ou máquinas), sendo definidos não apenas por convenção, mas também por sua função e intenção de uso. Assim, a contribuição de Keil (1992) mostra que os conceitos não são homogêneos: alguns se ancoram na estrutura do mundo natural, outros na linguagem e nas práticas sociais, e outros ainda na relação entre intenção humana e materialidade, oferecendo um quadro mais refinado para entender o desenvolvimento conceitual.

Outra premissa importante para Keil, é que a criança passa do característico para o definidor com o passar da idade, além de não se desenvolverem de forma isolada, mas sim através de domínios de conceitos.

O conceito, então, passa a ser visto não mais isoladamente, mas como parte de uma rede de relações da qual deriva seu significado. A esta rede de relações é atribuído o nome de “teoria”. A palavra teoria aparece entre aspas uma vez que, nesta visão de conceitos, o termo refere-se comumente a relações estabelecidas pelo senso comum. (Lomônaco; et al., 2001, p. 161)

Em suma, as principais conclusões a respeito do desenvolvimento conceitual são duas. A primeira é que o desenvolvimento das crianças se inicia em aspectos característico ou superficiais, que por sua vez é substituído por julgamentos unicamente definidores. Já a segunda base é que esse desenvolvimento não é simultâneo em todos os domínios de conceitos, mas ele difere em momentos diferentes do desenvolvimento cognitivo.

Referencial teórico tecnológico e análise do software

Como base discursiva para apoiarmos nossa conjuntura tecnológica, usamos os estudos de Valente (1993, 2005) do qual criou sua teoria chamada “Espiral da Aprendizagem”, a partir de estudos em parceria com o sul africano Papert que desenvolveu o Construcionismo (1994), este por sua vez baseado em Piaget.

O ciclo explicita as ações de descrição, execução, reflexão e depuração, de forma que tem sido identificado como ciclo descrição-execução-reflexão-depuração. Ele foi bastante útil para entender as características que os softwares oferecem para auxiliar o processo de construção do conhecimento. (Valente, 2005, p. 50)

É importante ressaltar que tais ações partiram do *software* Logo, do qual se mostrou uma ferramenta importante para crianças aprenderem programação, representação de conhecimento e compreensão de conceitos complexos como da matemática. De forma muito resumida - a descrição foca na etapa da observação da criança de uma situação, conceito ou problema; partindo para a execução que é a ação do procedimento; após isso vemos a reflexão através da tela que também provoca alterações nas estruturas mentais como as abstrações; e por fim, temos a depuração, com a constatação do aluno em seus próprios erros (Valente, 2005).

É importante destacar que a construção do conhecimento não acontece na reflexão ou depuração. O fato é que é a reflexão que surge nos confrontos dos resultados obtidos perante a ideia original do sujeito. Por sua vez, isso leva a rever seus conceitos, depurar e construir novos conhecimentos – gerando



assim novas descrições, execuções e reflexões. No entanto, nenhum desses processos ocorrem apenas com o aluno em frente ao computador. Cabe aqui o papel do professor como mediador que domina o conteúdo e a tecnologia. Essa premissa é fundamental na teoria para que ele realmente de fato aconteça. Além disso, não podemos ignorar o contexto em que os estudantes estão inseridos, o local, seus colegas, os pais e comunidade. Ambas ideias mostram uma base teórica tanto de Piaget como do Vygotsky (Piaget a partir de um problema e Vygotsky com o trabalho em grupo).

Por sua vez, Papert (1994) criou seu construcionismo contextualizado baseado em dois grandes nomes: Piaget e Freire. O primeiro termo se refere a Piaget com um sujeito ativo na construção do conhecimento, já contextualizado se refere a Freire com a relação da realidade do aprendiz. Essas duas premissas contribuem para um produto feito com a “mão na massa”, sendo algo extremamente significativo para a realidade do mesmo. No entanto, temos 3 circunstâncias do quais se diferenciam de Piaget e criam uma abordagem totalmente nova: a primeira é sobre o aluno construir um produto, a segunda é ele criar algo significativo do seu próprio interesse e por fim, o ciclo, do qual envolve necessariamente um computador (Valente, 2005). Isso evidencia que o construtivismo de Papert busca ser algo mais palpável pelo uso do computador, enquanto o de Piaget é algo mais teórico, centrado nos processos mentais e no desenvolvimento cognitivo do indivíduo. Além é claro da mistura com outros autores como é o caso do Vygotsky que discute a importância do mediador do qual já foi percorrido acima. Por sua vez, com o ciclo se espera:

A cada ciclo completado, as ideias do aprendiz deveriam estar em um patamar superior do ponto de vista conceitual. Mesmo errando e não atingindo um resultado de sucesso, o aprendiz deveria estar obtendo informações que são úteis na construção de conhecimento. Na verdade, terminado um ciclo, o pensamento não deveria ser exatamente igual ao que se encontrava no início da realização desse ciclo. (Valente, 2005, p. 50).

Nesta perspectiva fica mais claro que a depuração não está somente em estratégias para que se supere o erro, mas também ela oferece a oportunidade de o professor trabalhar ideias sobre o aprender-aprender (Valente, 2005). Esse processo ocorre ao usar a própria depuração para o aluno entender como aconteceu o processo de conhecimento. Assim, esse caso não se foca no conteúdo, foca-se em como o aprendizado ocorreu e suas estratégias. Outra possibilidade é o pensar-sobre-o-pensar, já que usamos o computador para representar nosso raciocínio, e a partir disso, o estudante deve refletir sobre suas ideias, resoluções e ações tomadas. Dito isso, é essencial a capacidade do *software* de registrar, para que se possa comparar e desenvolver novas estratégias com os erros cometidos.

Já está claro com a Espiral da Aprendizagem de que o computador ajuda no desenvolvimento da aprendizagem e o foco está na interação entre o aluno e o *software*. Além disso, apesar da teoria ser baseada no programa Logo, a Espiral não se limita a ela. Em suma:

[...] o Logo foi criado como parte das atividades do Laboratório de Inteligência Artificial do MIT, e isso implicou no desenvolvimento de características sofisticadas que permitem a realização de atividades em diversas áreas como gráfica, música,



processamento simbólico, robótica, animação e combinações dessas áreas (Valente, 2005, p. 44).

Fato é que a programação é um dos melhores tipos para esse tipo de abordagem por conta da sua complexidade e ferramentas, porém, em outros casos, o professor precisa estar mais presente para mediar e favorecer a compreensão da aprendizagem. Ou seja, temos outras possibilidades e não estamos limitados à programação.

Nessa mesma perspectiva, Valente (1993) criou uma classificação que vai desde o tutorial (mais simples) até a programação (mais completo). Entre eles, existem diversos outros níveis para se trabalhar com o computador, como processador de textos, multimídias, modelagem, etc. Neste artigo, focaremos em classificar os dois *softwares* que adotamos na intervenção – o PHET e o Kahoot.

Logo, na figura 1 se encontra a interface do painel do PHET, especificamente acerca da sua simulação de densidade. Nela é possível observar uma premissa da simulação, assim como os principais tópicos que a ferramenta busca trabalhar:

Figura 1 –Painel Inicial do software PHET “Densidade”



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/density

Primeiro, a ferramenta PhET (Physics Education Technology) é uma plataforma interativa e educacional desenvolvida pela Universidade do Colorado Boulder, com o objetivo de apoiar o ensino e a aprendizagem de conceitos científicos, especialmente nas áreas de Física, Química, Biologia, Matemática e Terra/espço. Ela oferece simulações digitais gratuitas e acessíveis, que permitem aos alunos explorar fenômenos naturais e processos científicos de forma visual e interativa, dos quais não poderiam ser reproduzíveis em uma sala de aula, seja por falta de material, dinheiro, riscos, etc.

As simulações do PhET são projetadas para facilitar a compreensão de conceitos complexos, por meio de uma abordagem lúdica e prática. Elas oferecem um ambiente seguro e controlado onde os estudantes podem realizar experimentos virtuais, testar hipóteses e observar resultados em tempo real, promovendo uma aprendizagem ativa e construtivista. A ferramenta pode ser amplamente utilizada tanto em contextos de ensino básico e médio, quanto no ensino superior, proporcionando uma maneira mais envolvente e dinâmica de explorar os conteúdos científicos.



Além disso, as simulações do PhET são compatíveis com diversas plataformas e dispositivos, o que amplia seu alcance e acessibilidade. Ou seja, seu acesso não se limita a um computador, mas também pode ser facilmente usado em celulares, tablets ou qualquer aparelho semelhante, sem necessidade de um aparelho com grande desempenho operacional.

Dito isso, o PHET se enquadra como simulação na classificação de Valente (1993). Em suma, as simulações tentam reproduzir fenômenos na tela do computador, dando a possibilidade de alterar parâmetros e, conseqüentemente, mudar os fenômenos. Em especial, o PHET também se enquadra como simulação fechada, por conta de permitir apenas algumas mudanças de parâmetros. Em contrapartida, o que diferencia as simulações das programações é a diferença do nível de abstração, visto que no nosso caso estamos mais restritos. No entanto, aqui entra nossa oportunidade, como mediador para relacionar o que está sendo trabalhado para com a vida real.

A simulação de “Densidade” do PHET é dividida em três seções principais: a Introdução, do qual apresenta o conceito básico de densidade, permitindo que os alunos ajustem a massa e o volume de objetos para observar como isso influencia a densidade e o comportamento de objetos em líquidos, como a flutuação ou afundamento. Após isso, temos a Comparação, que permite comparar materiais com diferentes densidades, mostrando como objetos com o mesmo volume podem ter massas e comportamentos distintos, como afundar ou flutuar em líquidos. Por fim, o Mistério, do qual desafia os alunos a descobrir a identidade de um material desconhecido, usando suas propriedades, como massa, volume e comportamento em líquidos, para determinar sua densidade.

Desse modo, vale ressaltar que apesar de todos os benefícios do PHET, ele se mostra limitado em relação ao ciclo do Valente. O desafio em si está na reflexão do *software*, do qual pode ter algumas restrições por se tratar de uma simulação. A título de exemplo, as simulações não registram nenhuma interação que o aluno realizar, o que é importante para a Espiral (depuração) visto que é o momento em que o aluno toma consciência dos seus atos no computador. Porém essa dificuldade deve ser superada pelos professores através de diálogos, pedindo para anotar em um papel separado, contra exemplos e afins.

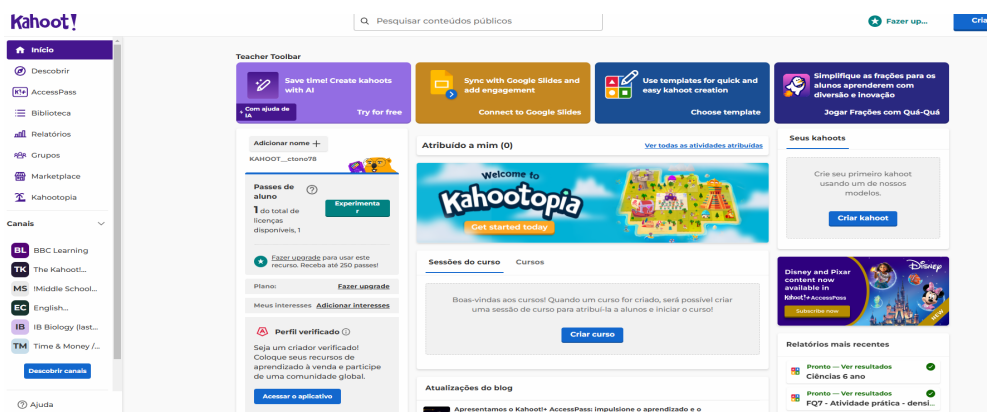
Por outro lado, o Kahoot é uma plataforma digital de aprendizagem baseada em jogos, amplamente utilizada em ambientes educacionais para engajar estudantes de todas as idades por meio de *quizzes* interativos. A ferramenta permite que professores criem questionários, enquetes e desafios em formato de jogo, que podem ser acessados por dispositivos como computadores, smartphones ou tablets. Durante as atividades, os alunos respondem a perguntas em tempo real, competindo entre si de forma divertida e dinâmica.

Uma das principais características do Kahoot é a sua capacidade de estimular a participação ativa dos alunos, promovendo um aprendizado colaborativo e motivador. A plataforma oferece feedback imediato, o que facilita a correção de conceitos e a revisão de conteúdos de maneira mais eficiente. Além disso, o Kahoot é altamente personalizável, permitindo aos educadores adaptar os jogos para diferentes níveis de dificuldade e conteúdo, seja no ensino básico, médio ou superior.



Abaixo, na figura 2, encontra-se o painel inicial da plataforma Kahoot. Desse modo, é possível observar uma gama de opções e possibilidades, com uma interface simples e dinâmica de ser usada:

Figura 2 – Painel inicial do Kahoot



Fonte: <https://create.kahoot.it/>

Está claro, que ele também se enquadra na categoria de jogos do Valente (1993). Essa categoria pode ter característica da própria simulação ou dos tutoriais, sendo seu principal atributo a competitividade. Nesta intervenção em específico, o Kahoot foi utilizado como ferramenta de coleta de dados, ao ser elaborado um questionário fechado com 15 perguntas de alternativas. Dessa forma, tanto o PHET como o Kahoot juntos, pode trazer uma dinâmica interessante para a sala de aula.

Referencial teórico conceitual

Começando por Piaget, temos que entender que o desenvolvimento explica a aprendizagem (Piaget, 1971). Portanto, a ideia de operação representa, para Piaget, um conjunto de ações que a pessoa primeiro realiza no mundo concreto e, depois, passa a realizar mentalmente, de forma internalizada. Ou seja, isso mostra que o conhecimento não é uma simples cópia da realidade, mas sim o resultado de uma adaptação ativa do indivíduo ao meio, construída por meio de suas interações e experiências. Daí a importância da operação como a essência dessas ações interiorizadas: elas não existem de forma isolada, mas estão sempre articuladas entre si, formando sistemas organizados de pensamento. Assim, uma operação depende de outras para fazer sentido, compondo estruturas cognitivas cada vez mais complexas. Além disso, isso ressalta a relevância dos quatro estágios de Piaget (sensório-motor, pré-operacional, operatório-concreto e operatório formal), que representam diferentes níveis de desenvolvimento dessas estruturas cognitivas ao longo da vida.

Logo, há quatro fatores dos quais explicam o desenvolvimento de um conjunto de estruturas para outros (Piaget, 1971). O primeiro é a maturação, da embriogênese, ou seja, a questão genética em si. A segunda se remete a experiência com objetos, do qual deriva a experiência física (agir sobre o objeto) e a lógica-matemática (abstrações). O terceiro fator é a transmissão social, do qual apenas é possível se o indivíduo tiver uma estrutura pronta para assimilar. E por fim, a equilíbrio, do qual junto com os



outros processos ativos de auto regulação, sequencia níveis que apenas pode ser alcançado caso o anterior tenha sido equilibrado. Desse modo, a criança desenvolve relações, transformações, conservações, etc., por um processo de abstração reflexiva.

Assim, nota-se que o processo de cognição se dá pela capacidade de operar. Porém, isso implica em relações espaciais e causais, já que estão ligadas com experiências do próprio sujeito. O foco em especial está nas experiências com objetos, ou seja, a física e lógica-matemática, o que mostra que primeiro o objeto é apenas um objeto, e depois se torna representativo (Ramozzi-Chiarotiino, 1988). O que se dá pela construção progressiva de assimilação e acomodação. Ora, a hipótese de Piaget é que a abstração tem origem na coordenação das ações, elevando até as relações hipotéticas dedutivas. Já que enquanto o causal engloba o espaço tempo, a lógica-matemática abstrai essas condições, mostrando que o critério para o pensamento formal é encontrando na diferença entre o possível e o real, ou seja, a característica essencial da tomada de consciência passa em diferenciar o contingente do necessário.

Já Vygotsky em seus estudos conclui que a percepção e linguagem são essenciais para formar conceitos, sendo que esse processo começa desde a infância, mas a função e processo amadurecem somente na adolescência, do qual usam todas as funções intelectuais básicas e que conceitos elevados transformam os significados dos inferiores (Nébias, 1999). Com essas premissas, Vygotsky cria três fases para a formação de conceitos. A primeira é a agregação desorganizada, da qual se predomina o sincretismo e evidencia que as operações psicológicas do adulto e de uma criança são diferentes. A segunda chamada de pensamentos por complexos, ressalta que as crianças associam o objeto pelas relações concretas. Antes do último estágio, vale ressaltar os pseudoconceitos, que representam uma fase de transição entre formas mais simples de pensamento e os conceitos propriamente ditos. Os pseudoconceitos surgem quando o indivíduo já consegue agrupar e nomear objetos ou ideias de maneira aparentemente lógica, mas ainda não domina completamente o significado abstrato envolvido. Ou seja, ele usa as palavras ou categorias de forma semelhante a um adulto, porém com base em experiências concretas e não em uma compreensão plenamente conceitual. Essa transição é importante porque mostra o caminho até a formação dos conceitos verdadeiros, que correspondem ao maior grau de abstração. Nesse nível, o indivíduo passa a ser capaz de generalizar, analisar e organizar ideias de forma consciente, conseguindo tanto unir quanto separar elementos de acordo com critérios abstratos. Assim, ele supera o pensamento sincrético (mais confuso e baseado em impressões imediatas) e passa a operar no abstrato (pensamento lógico e estruturado).

Vygotsky conclui que o adolescente forma conceitos antes de definir. Outro aspecto importante é acerca das experiências e a escola. O bielorrusso acredita que conceitos científicos e do cotidiano se desenvolvem juntos, mas de maneira diferente. O primeiro advém mediado por outros conceitos, enquanto os espontâneos advém dos fenótipos. Ou seja, o conceito cotidiano é indutivo, enquanto o científico é dedutivo (Vygotsky, 1989). A questão está no meio, já que todo processo psíquico superior é mediado pelas funções psíquicas básicas, como a percepção, a atenção e a memória natural. Ou seja, as funções mais complexas do pensamento não surgem do nada: elas se desenvolvem a partir dessas funções elementares, que são reorganizadas por meio da mediação cultural.



No caso dos conceitos, o signo mediador é a palavra. Outros aspectos relevantes são a presença de um problema, cultura, sociedade, etc., do qual estimula o intelecto. É nessa transformação da palavra que passa pelo processo intelectual, que evidencia a importância do pseudoconceito, que generaliza a formação de conceitos e se assemelha dos adultos. O pseudoconceito ocorre quando a criança já utiliza palavras de forma semelhante à de um adulto, aparentemente formando conceitos, mas ainda se baseia em experiências concretas e situações específicas. Assim, ela generaliza de maneira prática, mas ainda não domina completamente o nível abstrato do conceito. Esse estágio é importante porque funciona como uma ponte entre o pensamento sincrético (mais difuso e baseado em impressões imediatas) e o pensamento conceitual propriamente dito. O último passo desse processo é a formação do conceito verdadeiro, quando o indivíduo passa a compreender os significados de forma abstrata, consciente e sistemática, sendo capaz de analisar, generalizar e aplicar ideias em diferentes contextos.

Por último, temos Ausubel, que acredita que novas ideias podem ser aprendidas se forem conceitos relevantes e estejam disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo, servindo de âncora para novas ideias (Moreira; Masini, 2011). Somente quando essas informações ganham significado com a interação entre esses próprios conceitos, é que temos a chamada aprendizagem significativa. Ou seja, processo de aprendizagem significativa se dá na relação entre uma nova informação e um aspecto relevante, do qual chamamos essa interação de subsunções. Esse processo que transforma as estruturas cognitivas também inclui uma hierarquia entre eles, além de modificar o próprio subsunção.

Outro aspecto relevante é a chamada aprendizagem mecânica o qual se dá por um armazenamento arbitrário da informação e sem qualquer interação. Por sua vez, o processo de subsunção ocorre com o princípio de assimilação, na qual a nova informação potencialmente significativa se relaciona com conceitos já existentes na estrutura (mecânica). O produtor final é o subsunção modificado, mostrando que a assimilação e ancoragem aqui tem efeitos de facilitadores.

Outros dois aspectos relevantes são a diferenciação progressiva que parte de ideias gerais até as mais específicas. Já o outro, chamado de reconciliação integrativa, relaciona as diferenças e similaridades, esclarecendo as inconsistências. É a partir disso que temos a diferença entre o substantivo e arbitrário para que o sujeito compreenda e domine o conceito.

Por fim, fica nítido entre os autores quando Piaget fala de contingente e necessário, Vygotsky de sincrético e abstrato, Ausubel comenta de substantivo e arbitrário e Keil se junta a eles com os termos característico e definidor. Em todos esses casos, há uma preocupação comum: explicar como o pensamento humano evolui de formas mais simples, concretas e dependentes do contexto para formas mais elaboradas, abstratas e organizadas.

A semelhança entre todos esses autores está justamente nessa passagem de um conhecimento mais superficial, imediato ou baseado na aparência, para um conhecimento mais profundo, estruturado e conceitual. Mesmo partindo de teorias diferentes, todos descrevem, com termos próprios, o mesmo movimento fundamental do desenvolvimento cognitivo: sair de um entendimento fragmentado e concreto para alcançar um pensamento abstrato, organizado e capaz de generalização.



Metodologia

Antes de mais nada, é importante ressaltar que nossa pesquisa adota uma abordagem qualitativa.

A pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares. Ela se preocupa, nas ciências sociais, com um nível de realidade que não pode ser quantificado. Ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. (MINAYO; et al., 1994, p. 21-22).

Com isso, torna-se evidente que a vida, tanto em sua dimensão coletiva quanto individual, é constituída por significados profundos e imensuráveis, processos singulares e sujeitos com características, culturas e trajetórias diversas. Cada indivíduo carrega consigo representações e estruturas que somente as Ciências Humanas e Sociais são capazes de investigar, ainda que de forma limitada. É na pesquisa qualitativa que se articulam conteúdos, pensamentos e emoções, permitindo-nos compreender as complexidades de nossa existência.

A respeito do procedimento metodológico, adotamos a intervenção que pode ser definida da seguinte forma:

Segundo nossa concepção, são investigações que envolvem o planejamento e a implementação de interferências (mudanças, inovações) – destinadas a produzir avanços, melhorias, nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam – e a posterior avaliação dos efeitos dessas interferências. (Damiani, et al., 2013, p. 58).

Assim, vemos que a pesquisa de intervenção tem uma característica necessariamente prática. Além disso, o objetivo dela é contribuir para a solução de algum problema, refletindo o contexto pessoal, escolar e social em que foi realizada a abordagem. Em suma, por esta intervenção estar relacionada com a pesquisa qualitativa, ambas não se preocupam em causas, generalizações ou conclusões universais. O foco é uma explicação entre a teoria abordada e os resultados em sala de aula, cruzando os dados para a efetivação da pesquisa.

Também chamamos atenção em nossa pesquisa ao método de avaliação da intervenção – que foca em descrever os instrumentos e análise de dados, além da avaliação da intervenção – que busca os efeitos da intervenção sobre os participantes e a intervenção em si (Damiani, *et al.*, 2013).

A intervenção foi conduzida em uma escola pública municipal situada em Presidente Prudente/SP, com a participação de alunos do 5º ano do ensino fundamental. A turma era composta por 24 estudantes, dos quais 19 estavam presentes no primeiro dia e 21 no segundo. A intervenção ocorreu ao longo de dois dias, com cada sessão tendo a duração aproximada de 2 aulas (cerca de 1 hora e 40 minutos). No primeiro dia, os alunos foram organizados, com o auxílio da professora da sala, em 5 trios e 2 duplas. Já no segundo dia, optou-se por formar 3 trios e 6 duplas para as atividades propostas.



Acerca dos materiais levados, foram um total de 8 aparelhos (3 notebooks, 4 celulares e 1 tablet) e dois gravadores. A escola em si já continha ferramentas que nos auxiliaram durante o processo (internet e televisão). Para a coleta das concepções, destaca-se os gravadores dos quais capturaram oralmente todas as interações dos alunos entre si e com o professor. Tais interações foram transcritas após para uma análise. Juntamente a ele, adotamos o Kahoot para registro de atividades.

Descrição e análise de dados

No primeiro dia, começamos apresentando a história de Arquimedes e como ele conseguiu resolver a questão da coroa de ouro ao entrar na banheira e perceber que a água deslocada está relacionada com o volume do objeto. Após o conto, tentamos relacionar com alguns objetos do cotidiano e entender a reação das crianças, assim como Vygotsky propõe. Como por exemplo, ao perguntarmos da bola, estava claro para todos que ela não afunda na água, mesmo não sabendo explicar. Além de vários outros objetos que trouxemos para a discussão, dado momento eles começaram a fazer as próprias perguntas.

Aluno 1: E o navio professora?

P1: Ele é grandão né? Por que será que ele não afunda?

Aluno 1: Porque ele tem muito espaço né... o ar!

Assim, o próprio alunou conseguiu elaborar uma questão e após ser questionado, acabou por elaborar uma resposta plausível apenas com a história contada do Arquimedes. No entanto, como nosso foco não se tratava de navios, e, ao notar que as perguntas começaram a ficar cada vez mais dispersas, introduzimos o *software* PHET. A princípio, começamos com o modo “Introdução” do *software*, já apresentado acima. Neste momento, a ideia era fazer com que as crianças interagissem com a ferramenta, entendendo como ela funcionava e explorando todas as possibilidades. Portanto, no começo nossa orientação foi apenas para que eles anotassem o que acharem interessante e dúvidas que surgissem.

Como foram divididos em pequenos grupos, que também interagiam entre si, optamos por passar por cada um deles, trazendo interações como:

P2: E vocês, o que descobriram até agora?

Alunos 2: Esse aqui é de alumínio, então quando a gente coloca ele na água, ele abaixa. E se a gente colocar o gelo junto, o gelo sobe mais, ele flutua.

P2: Por quê?

Aluno 2: Porque o alumínio é mais pesado que o gelo.

Já em outra interação, vemos as seguintes respostas:

P2: E vocês, o que descobriram até agora?

Aluno 3: Descobri que não importa a massa, o isopor sempre vai boiar.

P2: Não importa o tamanho? E se ele pesar uma tonelada?



Aluno 3: Também vai boiar.

No primeiro caso, fica claro que as crianças chegaram a conclusão de que o gelo é mais pesado que o alumínio, apenas pela interação com o *software*, assim como diz Piaget, mas sem o domínio do conceito. Já no segundo caso, ele demonstra um conhecimento mais avançado do que seja densidade, porém concluímos que ele apenas fez uma constatação ao seguirmos perguntando:

Aluno 3: Olha aqui dá para mudar a massa, o volume e a densidade.

P2: Você sabe o que é massa?

Aluno 3: Meio que, como posso dizer, o tamanho não é.

P2: E o volume?

Aluno 3: Não, o volume é o tamanho.

P2: Então a massa é o que?

Aluno 3: Massa é o peso né?

Na interação acima, fica claro que o aluno tem uma certa noção dos 2 conceitos, porém ainda os confunde. Somente toma ciência do seu erro quando é questionado com o outro conceito. Logo, apesar da massa ser o conceito em que se mostrou um maior domínio, a questão do volume se mostra falha, relacionando diretamente com o tamanho do objeto. O mesmo se repete de maneira similar com todos os grupos.

Após isso, ainda passando pelos grupos, decidimos apresentar o modo “Comparação”, visto que as crianças mostraram um grande domínio em como usar a ferramenta e alguns já começaram a explorar essa parte por conta própria. Com o novo modo da ferramenta, as crianças podiam alterar os blocos em massas, volumes e densidades iguais. Assim, este se mostrou interessante por causar diversas dúvidas nos garotos como - Aluno 4: “A gente consegue ver que o menor, ele afunda, já o mais parecido com o tamanho dele, fica mais ou menos... Aí o maior, ele vai mais para cima.” Se seguirmos os estudos de Keil, percebe-se que os estudantes acabam se relacionando mais com o característico do que com o definidor propriamente dito, o que mostra a falta de domínio. Porém, também temos alguns alunos que se destacam ao tentarem explicar essa segunda etapa:

P1: O que é volume?

Aluno 5: O volume, eu estava vendo lá, é tipo assim... uma água. E se nos bota uma coisa muito pesada nela, levanta. Se nos bota algo menos leve, afunda. Porque tipo assim é a densidade da água. Mas se bota algo leve, isso afunda, porque não tem a mesma densidade da água. Mas se nos pega alguma coisa pesada e bota na água, isso flutua. Porque tem mais ou menos a igualdade da densidade igual.

A partir da observação do comportamento dos cubos, assim como ler os conceitos na tela, nota-se que a criança criou parâmetros e usou o termo densidade de forma ligeiramente correta. Essa habilidade através da interação, é reforçada pelos estudos do Piaget (1971). Outro exemplo interessante é:

P2: E aí, descobriu mais alguma coisa interessante?



Aluno 6: Aqui na densidade iguais, se a gente coloca na metade, todos flutuam. Então, eu acho que todos são, tem o mesmo sentido, todos vão reagir da mesma forma, conforme a gente mexa.

P2: E o volume?

Aluno 6: Volume é o tamanho.

P2: E massa?

Aluno 6: Massa é o peso.

Ainda se nota uma limitação nas características a respeito do volume, porém o conceito de massa se mostra plenamente adquirido pelos estudantes, mostrando ser algo significativo como Ausubel propõe. É importante esclarecer que, nesta atividade, não foi trabalhada explicitamente a distinção entre massa e peso, sendo a massa uma medida da quantidade de matéria e o peso uma força relacionada à gravidade. Assim, embora os alunos demonstrem compreensão de massa, não é possível afirmar que dominem essa diferenciação conceitual específica. Já no segundo dia, apresentamos o último modo “Mistério” para eles. Neste momento, com a balança que o *software* fornece, pudemos ter interações mais precisas a respeito do conceito:

Aluno 7: Então, eu coloquei dezenove e trezentos.

P2: E na água, você peso de quanto?

Aluno 7: Um litro.

P2: Então, como é que a gente vai fazer agora?

Aluno 7: Eu teria que dividir dezenove e trezentos por um litro.

P2: Isso dá quanto?

Aluno 7: Dezenove e trezentos dividido por um... dá um né?

P2: E se a gente for ver aqui, na tabela, qual que é? Qual que é dezenove e trezentos? Ou o mais perto?

Aluno 7: O último. O mais perto é o último, né?

P2: Que é o quê?

Aluno 7: É ouro.

Uma outra interação nos mostra:

P2: Como é que a gente vai descobrir a massa desse aqui? Como é que descobre?

Aluno 8: A gente pesa na massa aqui (colocando o objeto na balança).

P2: Então, a massa dele, qual é?

Aluno 8: Cinco quilos.

P2: E o volume dele, qual é?



Aluno 8: O volume dele? Não sei.... É o quanto ele aumenta na água?

P2: Sim!

Aluno 8: É cinco também,

P2: Então, como é que você vai dividir?

Aluno 8: Cinco dividido por cinco.

P2: E dá quanto isso?

Aluno 8: Dá um.

P2: E qual que é o um na tabela?

Aluno 8: O um na tabela... É a água. Então, isso aqui é a água.

P2: Isso. Agora faz com o resto, para saber.

Os diálogos mostram que os alunos ainda estão em processo de construção do conceito de densidade. O Aluno 7 realiza o procedimento de forma mecânica e com erro, indicando, em termos de Piaget, um pensamento ainda mais concreto e pouco estruturado. Para Ausubel, isso sugere aprendizagem mais arbitrária do que significativa. Já em Vygotsky, fica evidente a tentativa de mediação da professora, embora o aluno ainda não se aproprie do conceito. Em Keil, ele se apoia em aspectos superficiais, e, para Valente, utiliza a atividade prática sem transformá-la plenamente em conhecimento.

O Aluno 8 apresenta avanço: identifica massa e, com ajuda, compreende o volume, mas ainda faz generalizações incorretas. Isso indica transição para um pensamento mais organizado (Piaget), aprendizagem parcialmente significativa (Ausubel) e avanço mediado (Vygotsky). Em Keil, começa a acessar aspectos definidores, e, em Valente, a atividade prática contribui mais efetivamente para a construção do conhecimento. Assim, ambos evidenciam uma passagem do pensamento concreto para o abstrato, ainda em consolidação.

Após isso, apresentamos a ferramenta Kahoot e montamos 15 perguntas acerca do tema. A tabela abaixo nos mostra uma análise de frequência, através do quadro 1 a partir de algumas perguntas que se elaborou através do Kahoot.



Quadro 1 – Dados das questões aplicadas pelo Kahoot

Contexto	Alternativas	Frequência
Definição de Densidade	A quantidade de matéria em um objeto e o quanto ele ocupa de espaço	4 (44,4%)
	O quanto de espaço que um objeto ocupa	1 (1,11%)
	O quanto que um objeto pesa	1 (1,11%)
	Indefinido	3 (33,3%)
Como calcular a densidade	Divisão da massa do objeto pelo volume	3 (33,3%)
	Multiplicação da massa do objeto pelo volume	2 (22,2%)
	Divisão do volume pela massa do objeto	1 (1,11%)
	Indefinido	3 (33,3%)
Influência da densidade de um objeto	O tamanho do objeto	1 (1,11%)
	A quantidade de matéria e o volume do objeto	4 (44,4%)
	A temperatura do ambiente	1 (1,11%)
	Indefinido	3 (33,3%)

Fonte: Elaborado pelos autores

O contexto do quadro está as perguntas feitas pelo Kahoot, enquanto as alternativas representam as opções que os alunos tinham. Em relação a frequência, ele simboliza as escolhas dos grupos, os quais dos 21 estudantes presentes no segundo dia, formaram-se duplas e trios, totalizando 9 grupos, devido aos poucos aparelhos disponíveis no momento. Com isso, ao analisarmos o quadro e a fala dos estudantes, nota-se uma contribuição das tecnologias para o aprendizado do conceito exposto.

Por fim, ao longo da análise, pudemos relacionar o referencial teórico com o que foi observado nas interações dos alunos. No entanto, destaca-se especialmente a contribuição de Valente, sobretudo por meio do conceito de espiral de aprendizagem, que se mostra central para compreender o processo vivenciado.

A espiral de aprendizagem proposta por Valente envolve um movimento contínuo de descrição, execução, reflexão e depuração. Nos episódios analisados, isso pode ser observado com o PHET (descrição), quando os alunos manipulam o *software* ou os materiais (execução), tentam interpretar os resultados obtidos, ainda que com erros (reflexão), recebem intervenções da professora que os levam a rever seus raciocínios (depuração) e, então, tentam novamente resolver o problema (execução).

Esse ciclo fica evidente, por exemplo, quando os alunos realizam medições, fazem cálculos, chegam a conclusões equivocadas e, a partir da mediação docente, revisam suas respostas. Aliás, o destaque da mediação do professor, indagando questionamentos, dialogando até o aluno tomar consciência do próprio erro e a dinâmica de grupos se mostrou fundamental para as atividades. Mesmo quando não alcançam imediatamente o conceito correto, eles avançam no processo, o que caracteriza justamente o movimento espiralado da aprendizagem.

Dessa forma, mais do que apenas o uso do computador ou da atividade prática, o que se evidencia é um processo dinâmico de construção do conhecimento, no qual o erro, a tentativa e a reformulação



têm papel fundamental. Assim, a espiral de aprendizagem de Valente se mostra um elemento chave para interpretar os dados, pois permite compreender como os alunos vão, progressivamente, refinando seus entendimentos até se aproximarem de conceitos mais estruturados.

Considerações finais

A intervenção pedagógica utilizando as ferramentas PhET e Kahoot, aliada à espiral da aprendizagem de Valente, e se baseando nos três autores clássicos do cognitivismo (Piaget, Vygotsky e Ausubel) se mostraram uma proposta que pode ser eficaz para o processo de ensino e aprendizagem. Ao integrar essas tecnologias, é possível promover uma aprendizagem mais ativa, colaborativa e engajante, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio crítico e a construção do conhecimento de forma dinâmica.

Entretanto, alguns pontos podem ser aprimorados para maximizar os benefícios dessa intervenção. A utilização do PhET, por exemplo, pode ser ainda mais eficaz se houver uma maior personalização dos simuladores para diferentes níveis de complexidade, permitindo que os alunos explorem conceitos de forma gradual, introduzindo a massa e volume como conceitos distintos, para então depois relacionar com a densidade. Além disso, o Kahoot pode ser potencializado se forem criadas estratégias mais diversificadas que estimulem a reflexão além da competição e da diversão, como por exemplo, o registro das respostas dos alunos de forma individual, para que o mesmo possa entender seu erro. Assim, com esse tipo de mudança, há a hipótese de se juntar a espiral da aprendizagem de Valente, assegurando que os alunos tenham mais oportunidades de revisar e melhorar seus conhecimentos ao longo do processo. Além disso, nossa intervenção poderia ser mais longa e com um maior preparo, porém devido a vários fatores como da disciplina, o final de ano sempre conturbado com deveres, acabaram por influenciar na dinâmica, porém é algo a se tomar mais cuidado na próxima vez.

Apesar dessas áreas de melhoria, a utilização dessas ferramentas, juntamente com a espiral da aprendizagem, apresenta pontos fortes significativos. A combinação de ambientes interativos com metodologias ativas facilita o envolvimento dos alunos e a construção de aprendizagens significativas. Além disso, a promoção de um ciclo constante de revisão e aplicação de conceitos, como proposto por Valente, permite um aprofundamento contínuo e estruturado dos conteúdos.

Por fim, este estudo se integra a outros trabalhos que exploram o uso de tecnologias educacionais e metodologias ativas, contribuindo para um campo crescente de pesquisa e práticas pedagógicas, ampliando o entendimento de como ferramentas digitais podem transformar a educação e proporcionar uma aprendizagem mais rica e envolvente. Ao unir esses diferentes elementos, o trabalho reforça a importância da inovação tecnológica e pedagógica no cenário educacional contemporâneo, oferecendo subsídios para futuras investigações e aplicações no campo da educação.



Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado graças ao apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (CNPq), Processo: 131995/2024-3.

Referências

- DAMIANI, M. F.; *et al.* Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**, Pelotas, n. 45, p. 57–67, 2013.
- KAHOOT. 2024. Disponível em: <https://create.kahoot.it>. Acesso em: 12 nov. 2024.
- LOMÔNACO, J. F. B. *et al.* Do característico ao definidor: um estudo exploratório sobre o desenvolvimento de conceitos. *Estudos de Psicologia*, v. 12, n. 1, p. 51–60, 1996.
- LOMÔNACO, J. F. B., *et al.* Desenvolvimento de conceitos: o paradigma das transformações. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 17, n. 2, p. 161–168, 2001.
- MINAYO, M. C. S. *et al.* Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In: **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 1994. p. 9–29.
- NÉBIAS, C. Formação de conceitos científicos e práticas pedagógicas. **Interface – Comunicação, Saúde, Educação**, p. 133–140, fev. 1999.
- PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Tradução de Sandra Costa. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- ANDRADE, T. J. P.; BARROS, K. L. O.; PAULETTI, F.; MALHEIRO, J. M. S.; CANTORANI, J. R. H. O barquinho de papel que viaja sozinho: evidenciando a alfabetização científica no ensino de ciências por investigação: evidenciando a alfabetização científica no ensino de ciências por investigação. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 13, n. 1, p. 216-233, 2023.
- PIAGET, J. Desenvolvimento e aprendizagem. In: PANCELLA, J. R.; VAN NESS, J. S. (ed.). **Studying Teaching**. 2. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1971.
- PHET. 2024. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/density. Acesso em: 12 nov. 2024.
- RAMOZZI-CHIAROTTINO, Z. Uma estrutura como condição para todo conhecimento possível: conhecimento científico e saber popular. **Psicologia e epistemologia genética de Jean Piaget**. São Paulo: EPU, 1988. p. 21–36.
- VALENTE, J. A. **A espiral de aprendizagem: o processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação na educação**. 232 f. Tese (Livre-docência) – Instituto de Artes, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- VALENTE, J. A. Análise de diferentes tipos de software usados na educação. In: VALENTE, J. A.



(org.). **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: Gráfica Central da UNICAMP, p. 88–110, 1993.

LIMA, V. M. R.; GRILLO, M. C. Aprender em rede na educação em ciências. In: GALIAZZI, M. C. et al. (org.). **Aprender em rede na educação em ciências**. Ijuí: Unijuí, 2008.

VYGOTSKY, L. S. **Um estudo experimental da formação de conceitos**. Pensamento e linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

SASSERON, L. H. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a base nacional comum curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, p. 1061–1085, 2018.

SILVA, J. B.; SILVA, D. O.; SALES, G. L. Modelo de ensino híbrido: a percepção dos alunos em relação à metodologia progressista x metodologia tradicional. **Revista Conhecimento Online**, v. 2, p. 102–118, 2018.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2011.

KEIL, F. C. **Concepts, kinds, and cognitive development**. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.