



New Trends in
Qualitative
Research



VOLUME 17

Qualitative Research in Education

Investigação Qualitativa em
Educação
*Investigación Cualitativa en
Educación*

DOI:

<https://doi.org/10.36367/ntqr.17.2023.e846>

Marcelo do Nascimento

Fabiana da Silva Kauark

Fernanda Zanetti Becalli

Elias Silva de Oliveira

Paulo Rogerio Garcez de Moura

André Luís Silva da Silva

Data de submissão: 03/2023

Data de avaliação: 04/2023

Data de publicação: 09/2023

AVALIAÇÃO QUALITATIVA DOS NÍVEIS COGNITIVOS ALCANÇADOS POR MEIO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA (AEP) E ANALISADOS PELO SOFTWARE PNOTA

RESUMO

O presente trabalho tratou de determinados princípios da Termoquímica a partir da Aprendizagem Significativa, com abordagem teórica-metodológica da Atividade Experimental Problematizada (AEP) no desenvolvimento de habilidades cognitivas, na perspectiva da Taxonomia de Bloom Revisada (TBR). A pesquisa foi do tipo pesquisa-intervenção, com abordagem qualitativa, utilizando o instrumento de avaliação dos conhecimentos analisados pelo Software Pnota de determinados princípios de Termoquímica sobre Aprendizagem Significativa nos estudantes de uma turma de 2ª série da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Hunney Everest Piovesan, no município de Cariacica-ES. O tratamento qualitativo dos dados da pesquisa foi realizado por meio do Software pNota e os resultados apresentados demonstraram que os estudantes em questão desenvolveram habilidades cognitivas na aquisição de conhecimento de certos princípios da Termoquímica em termos de lembrar, entender, aplicar, analisar e avaliar, dentre outros, evidenciando com maior alcance uma aprendizagem significativa crítica, chegando até o nível da dimensão do processo cognitivo *Criar* da TBR. Esse software foi gerado por meio do uso da Inteligência Artificial para fins de avaliação qualitativa complementar.

Palavras-Chave

Princípios de Termoquímica; Aprendizagem Significativa; Atividade Experimental Problematizada; Inteligência Artificial; Software pNota.

QUALITATIVE EVALUATION OF THE COGNITIVE LEVELS ACHIEVED THROUGH PROBLEMATIZED EXPERIMENTAL ACTIVITY (AEP) AND ANALYZED BY THE PNOTA SOFTWARE

Abstract

The present work dealt with certain principles of Thermochemistry based on Meaningful Learning, with a theoretical-methodological approach of the Problematized Experimental Activity (PEA) in the development of cognitive abilities, from the perspective of Revised Bloom's Taxonomy (RBT). The research was of the intervention-research type, with a qualitative approach, using the knowledge assessment instrument analyzed by the Pnota Software of certain principles of Thermochemistry on Meaningful Learning in students of a 2nd grade class at the state public high school 'Hunney Everest Piovesan' in Cariacica city, state of Espírito Santo. The qualitative treatment of the research data was carried out using the Pnota Software and the results presented demonstrated that the students in question developed cognitive skills in the acquisition of knowledge of certain principles of Thermochemistry in terms of remembering, understanding, applying, analyzing and evaluating, among others, demonstrating a more significant critical learning, reaching the level of the dimension of the *Create* cognitive process in RBT. This software was generated through the use of artificial intelligence for the purpose of complementary qualitative evaluation.

Keywords

Principles of Thermochemistry; Meaningful Learning; Problematized Experimental Activity; Artificial Intelligence; pNote Software.

1. Introdução

As recentes transformações na sociedade capitalista do século XX exigem que o indivíduo tenha um conjunto de competências e habilidades com o propósito de que ele possa intervir no mundo de forma consciente e conseguir fomentar mudanças no contexto em que se encontra inserido. Com isso, a Química, como ciência, pode trazer condições para que o estudante, como indivíduo do século XXI, consiga interagir neste mundo de forma significativa, fazendo uma nova leitura deste, para conseguir explicar fenômenos químicos e ambientais pelos quais é cercado.

No contexto educacional brasileiro, com a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a Química assume uma posição na área de conhecimento das Ciências da Natureza enquanto disciplina capaz de possibilitar uma leitura de mundo com uma linguagem própria composta de símbolos, conceitos, equações e fórmulas, e que precisará de estratégias de ensino capazes de produzir compreensão de significados científicos para o educando (BRASIL, 2018).

Para tanto, a experimentação pode favorecer uma possibilidade de aprendizagem de conteúdos conceituais, quando conduzida de forma adequada nos espaços de ensino e aprendizagem, ou seja, podendo ser implementada articulando-se à aula expositiva ou mesmo na própria aula experimental com a introdução de conceitos científicos em repostas a perguntas ou problemas propostos (ARAÚJO; ABIB, 2003).

A fim de implementar uma metodologia de aprendizagem atraente e significativa para inovar o ensino de Química na sala de aula, ressalta-se que uma prática docente baseada na experimentação com enfoque numa problematização do conteúdo seja viável para uma aprendizagem de caráter significativa e crítica.

Nessa perspectiva de ensino atrelada à abordagem investigativa que a BNCC traz para a educação contemporânea, Silva, Moura e Del Pino (2017) propuseram uma metodologia experimental para um Ensino de Ciências que propicia a investigação e a capacidade crítica do aluno em solucionar problemas e gerar condições cognitivas próprias ao sujeito investigado. Isso decorreria de uma questão concreta de investigação e de um problema a ser resolvido de maneira subsidiada por uma rota experimental estabelecida.

Os autores Silva, Moura e Del Pino (2017) definiram que a Atividade Experimental Problematizada (AEP) é um processo que se configura como estratégia de Ensino de Ciências que se desenvolve a partir da demarcação de um problema de natureza teórica, ou seja, uma experimentação que tem como objetivo a busca de solução de uma questão.

De acordo com Silva e Moura (2018), nesse formato de ensino, que ocorre por meio da aplicação de uma Atividade Experimental Problematizada fundamentada na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, o aprendizado ocorre pela construção do saber a partir de conhecimentos prévios que poderão ter seus significados ampliados. Ao se tratar do conhecimento que o estudante carrega consigo oriundo de uma experiência passada que o possibilita compreender uma nova informação recebida, falamos de certo modo da Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel.

Segundo o pesquisador Ausubel (2003), para que uma Aprendizagem Significativa ocorra, é necessário que o sujeito que será alvo de aprendizado manifeste uma disposição de fazer relações de natureza substantiva e não-arbitrária a seu conjunto de conhecimentos prévios conhecidos como *subsunçores*, os quais compõem sua estrutura cognitiva. Além disso, é preciso também que os materiais a serem aprendidos sejam potencialmente significativos, ou seja, capazes de ser incorporados à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não literal.

Considerando que a avaliação é um elemento importante no processo ensino e aprendizagem, o presente trabalho oriundo de pesquisa de mestrado objetivou-se verificar a evolução dos níveis cognitivos de Aprendizagem Significativa dos Princípios Termoquímicos evidenciados pela aplicação da Atividade Experimental Problematizada (AEP) em uma turma da 2ª série do Ensino Médio de uma escola estadual, no município de Cariacica, no Espírito Santo. Brasil. Para isso surgiu as seguintes perguntas orientadoras da pesquisa: No âmbito da sala de aula, a aplicação da AEP resultou em novas aprendizagens significativas sobre os princípios termoquímicos? De que modo, em termos cognitivos, foram essas aprendizagens avaliadas qualitativamente? Como uma ferramenta computacional pode ampliar a capacidade de interpretação de dados avaliativos e como ela pode reduzir o esforço dos professores na correção tradicional manual de diferentes avaliações? Essas perguntas balizaram a investigação sobre a avaliação qualitativa, por meio do uso do *Software* pNota, dos níveis cognitivos alcançados em termos de aprendizagens significativas pela aplicação da AEP.

2. Metodologia

Essa pesquisa caracterizou-se do ponto de vista dos objetivos a partir de uma abordagem qualitativa, sendo ainda delineada pela pesquisa-intervenção com o intuito de analisar a contribuição da Atividade Experimental Problematizada contemplando princípios termoquímicos para a aprendizagem significativa.

De acordo com Creswell *et al* (2021), a pesquisa qualitativa é realizada em cenários naturais, como a sala de aula, nos quais o comportamento humano e os fatos podem ser observáveis. Desta forma, o foco deste tipo de abordagem de pesquisa concentra-se em reconhecer as habilidades cognitivas desenvolvidas pelos sujeitos participantes e compreender como os fenômenos e fatos se evidenciam, observando a riqueza dos detalhes para uma proveitosa interpretação.

Para tanto, foi utilizado um dos métodos de pesquisa social, a pesquisa-intervenção, a qual, segundo Fávero (2011), gera transformação simultaneamente com a obtenção de dados do processo que se encontram incutidos na própria pesquisa. Nesse tipo de método, os sujeitos da pesquisa, que no caso em questão foram o professor pesquisador e os alunos, se desenvolvem por meio de uma construção dialética a partir da interação e da adaptação do meio sociocultural.

Nessa perspectiva, o professor pesquisador age como mediador, apoiando-se em uma situação problema como um instrumento de mediação do conhecimento, enquanto o aluno sai da passividade de ser investigado para produção do conhecimento e ganha com isso o protagonismo da construção do saber, bem como a capacidade de resolução do problema.

A presente pesquisa foi realizada na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Hunney Everest Piovesan (Figura 1), que compõe a Rede Pública Estadual de Ensino do Espírito Santo e se situa na Rua Carlos Rogério Jesus Gomes, s/n, em Morada de Santa Fé, no município de Cariacica (ES).



Figura 1. Localização da escola em Cariacica (ES)

A unidade de ensino citada oferta de forma exclusiva o Ensino Médio, que é a última etapa da Educação Básica, nos seus três turnos de funcionamento: matutino, vespertino e noturno, sendo que os turnos matutino e vespertino ofertam exclusivamente o Ensino Médio Regular, enquanto o turno noturno geralmente atende 4 turmas de Ensino Médio Regular e 12 outras turmas de Educação de Jovens e Adultos (EJA) na modalidade Ensino Médio. Para tanto, a escola conta com 16 salas de aulas, com capacidade máxima de 40 alunos.

Os sujeitos participantes da pesquisa foram os estudantes de uma turma de 2ª série do Ensino Médio do turno matutino dentre as cinco turmas de 2ª séries existentes no turno. A turma escolhida era designada pela nomenclatura 2ªM04 e fora selecionada por conter uma regularidade de frequência, tendo em vista que, no momento da aplicação da pesquisa, na segunda quinzena de Outubro de 2021, ainda estava instaurado o período pandêmico do novo coronavírus (Sars-CoV-2). Esta turma contava com a matrícula de 35 estudantes, contudo, se propuseram a participar após a apresentação da proposta e assinatura dos termos de assentimento apenas 27 estudantes.

É importante considerar que a aplicação dessa pesquisa na escola levou em conta as medidas sanitárias que foram adotadas pela Secretaria de Estado da Educação do Espírito Santo (SEDU) em conjunto com a Secretaria de Estado da Saúde do Espírito Santo (SESA) para enfrentamento da pandemia causada pelo novo coronavírus no ano de 2020. Além disso, vale destacar também que, no momento da aplicação do projeto de pesquisa, a escola estava retornando ao ensino presencial obrigatório, conforme decreto do Governo do Estado do Espírito Santo, portanto, a aplicação foi realizada em sala de aula, com todos os alunos que atenderam ao decreto do Governo do Estado do Espírito Santo em natureza conjunta com a SEDU/SESA.

Neste trabalho de pesquisa adotou-se como instrumento de coleta de dados o diário de bordo do professor-pesquisador para registro de situações ocorridas, como acontecimentos e questionamentos, durante a aplicação da Sequência Didática (SD) da AEP. Ainda na coleta de dados foi utilizado um instrumento avaliativo construído pelo Google Forms, como avaliação final do processo educacional evidenciado na aplicação da Sequência Didática (SD) da AEP. Essa avaliação foi elaborada pedagogicamente com base na Taxonomia de Bloom Revisada (TBR) para envio ao *Software Computacional pNota*.

De acordo com Spalenza (2017), para otimizar o tempo docente destinado à análise de aprendizados, é importante empregar novas tecnologias de apoio ao tutor para correções de atividades e modelagem de dados educacionais. Segundo o autor, essas tecnologias permitem coletar informações das atividades para compreender as formas de avaliação do especialista, interpretar os padrões da questão e gerar sua própria avaliação, tornando o professor o supervisor do processo avaliativo. Para isso, vários sistemas buscam redução do esforço do tutor.

Isso posto, o uso de sistemas de apoio ao professor para mineração de dados dentro da sala de aula é uma ferramenta relevante para ampliação da capacidade de interpretação de dados avaliativos e para redução do esforço de correção de várias avaliações (SPALENZA *et al.*, 2016). Dentre estas ferramentas, vale destacar o *Software Computacional pNota*, que surgiu num contexto bem promissor para a prática docente no que se refere a apoiá-la quanto à correção de avaliações para tomada de decisões no processo educacional.

Os níveis cognitivos alcançados pela aplicação da AEP foram avaliados e discutidos por meio do *Software pNota*. Esse software foi gerado por meio do uso da Inteligência artificial para fins de avaliação qualitativa complementar e utilizado nessa pesquisa para verificar as aprendizagens em Química decorrentes da aplicação da AEP (HOLMES *et al.*, 2019; CALATAYUD, *et al.*, 2021; KARTHIKEYAN, 2022).

Para analisar os resultados produzidos pelo *Software pNota*, é necessário que se faça uma interpretação detalhada das seguintes métricas qualitativas apresentadas nos gráficos oriundas do relatório produzido: ACC e F1 (w), que serão explicadas à frente¹.

¹A autora Nascimento (2020), em sua dissertação de mestrado, traz a aplicação do *Software pNota* para analisar níveis cognitivos de aprendizagem e conceitua de forma objetiva e compreensível cada um dos parâmetros qualitativos de métricas que serão detalhados na discussão dos resultados desta pesquisa.

Para a sistematização do conhecimento do momento metodológico da AEP com os estudantes da turma avaliada, foi aplicado um instrumento avaliativo do Google Forms atrelado à Taxonomia de Bloom Revisada que tem como premissa alcance de objetivos educacionais em nível crescente de complexidade, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1- Instrumento avaliativo do Google Forms para envio ao *Software pNota*

Instrumento avaliativo do Google Forms para envio ao <i>Software pNota</i>			
Nível Cognitivo	Dimensão do Processo Cognitivo	Nº	Questões
1	Lembrar	1	Como se denomina o termo relacionado ao grau de agitação térmica das moléculas ou partículas de um sistema?
	Entender	2	As reações químicas podem ocorrer com absorção ou liberação de energia. Como são classificados esses dois tipos de reação?
		3	Explique a diferença entre calor e temperatura.
2	Aplicar	4	Se uma bebida está muito gelada e você deseja tomá-la o mais fria possível, qual seria o material do copo que você utilizaria para bebê-la: de vidro ou de alumínio? Comente.
		5	Explique o que acontece quando dois sistemas ou corpos de temperaturas diferentes são colocadas em contato.
	Analisar	6	Qual a evidência experimental de que uma reação exotérmica ocorreu? Considere a queima de uma oleaginosa do experimento realizado em aula.
		7	Por que sentimos mais fome em dias com temperatura mais baixa do que em dias com temperatura mais alta? Considere um dia de inverno rigoroso em relação a um de verão.
3	Avaliar	8	Considerando que as oleaginosas Castanha-do-Pará e Amendoim apresentam quantidade de lipídios (gorduras) em sua composição, uma pessoa que quer ganhar peso escolheu a castanha. Avalie se essa é a melhor opção indicada e justifique sua resposta partindo de uma mesma massa.
	Criar	9	Quais tipos de alimentos você propõe à personagem Ellen do filme assistido em sala de aula para ganho de massa corporal de forma saudável?

3. Análise dos Resultados

O *software pNota* é um sistema que avalia questões discursivas e é integrado a Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) para auxiliar no processo avaliativo. O sistema utiliza técnicas de *Machine Learning* para, em conjunto com o professor, coletar amostras do critério avaliativo para diferentes padrões de resposta, a fim de replicá-los. Com isso, as amostras são analisadas para identificar a relação entre as características de linguagem e a nota atribuída para cada resposta, formando assim um modelo de avaliação. Com as aplicações da atividade, ainda ocorrem refinamentos no modelo avaliativo, aproximando-o ainda mais do critério do professor.

Integrado ao cotidiano do professor, o pNota pode contribuir para reduzir o esforço avaliativo, apontar possíveis melhorias e fornecer *feedbacks* descritivos (SPALENZA, 2017).

A seguir serão discutidos de forma sequencial os parâmetros qualitativos do *Software pNota* em relação às respostas dos estudantes sobre os princípios termoquímicos presentes no instrumento de sistematização do conhecimento da SD da AEP da Tabela 1.

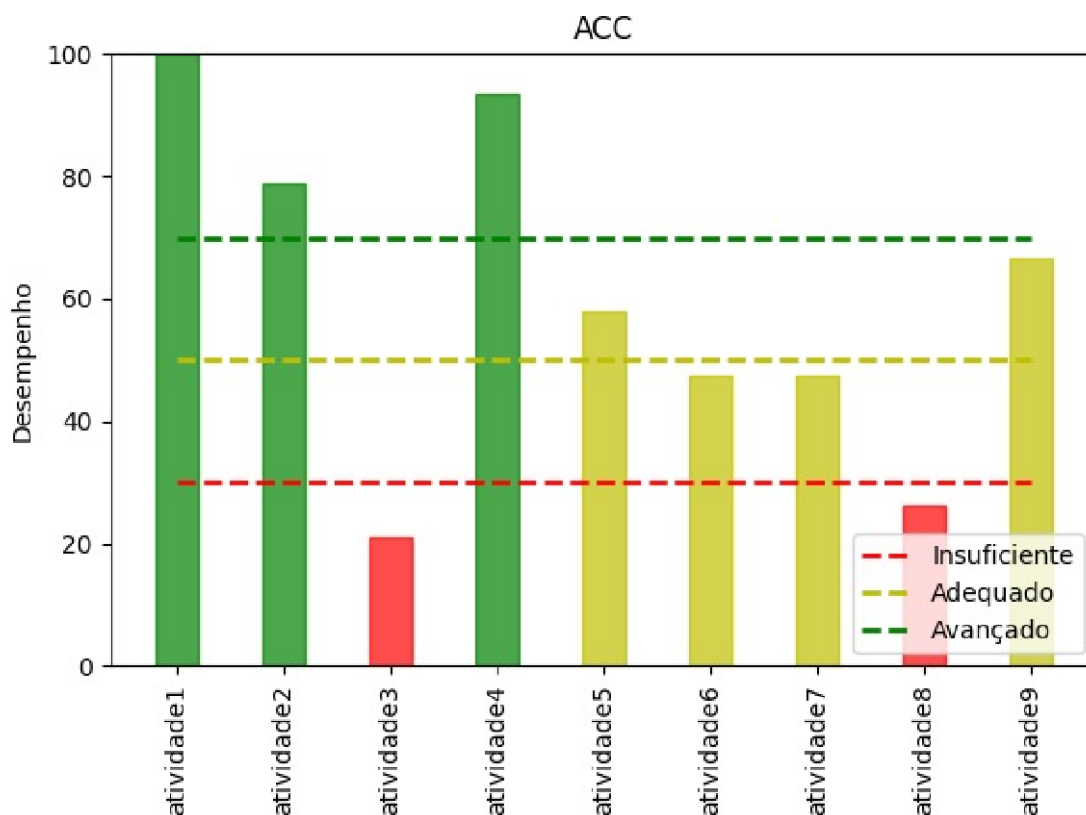


Figura 2. Percentual de êxito da Avaliação da SD da AEP (Parâmetro ACC)

De acordo com a Figura 2, que retrata a quantidade de respostas semelhantes entre o *Software pNota* e o professor, que é o parâmetro Acurácia (ACC), foi verificado o êxito das questões quanto à aprendizagem em três faixas distintas entre si, quais sejam: Nível Insuficiente (de 0 a 35%), Nível Adequado (entre 36% a 75%) e Nível Avançado (Acima de 75%).

Conforme observado na Figura 2, em relação à proposição da Questão 1 (“Como se denomina o termo relacionado ao grau de agitação térmica das moléculas ou partículas de um sistema?”), os estudantes alcançaram o “Nível Cognitivo Avançado”, uma vez que o êxito de sucesso analisado pelo *Software pNota* apresentou um resultado acima de 75% de êxito de Acurácia (ACC). Tal questão considerou em sua elaboração o que Anderson *et al* (2014) configuraram como dimensão do processo cognitivo do verbo de ação “Lembrar”, que tem como propósito recuperar um conhecimento relevante da memória a partir da recordação de uma informação.

Com um decréscimo de 20 pontos percentuais de êxito, passando de 100% para 80% de Acurácia, a questão 2 (“As reações químicas podem ocorrer com absorção ou liberação de energia. Como são classificados esses dois tipos de reação?”) abordou a verificação de um nível cognitivo mais complexo do que o item anterior, representado pelo verbo de ação “Lembrar”. De acordo com Anderson *et al* (2014), o que foi levado em consideração nesta questão foi a habilidade cognitiva “Entender”, que tinha como foco a exigência dos estudantes em classificar ou categorizar uma situação, no caso reconhecer as reações químicas segundo a absorção ou liberação de calor. Contudo, apesar de tratar-se de um nível cognitivo mais complexo, os estudantes foram mapeados cognitivamente quanto à aprendizagem no nível cognitivo esperado, o “Avançado”.

Em relação à questão 3, que abordou a dimensão do processo cognitivo “Entender”, percebeu-se dos estudantes um decréscimo significativo no êxito de Acurácia de 80% para 22%. A questão exigia dos estudantes que explicassem as diferenças entre princípios termoquímicos, submetendo-os a um desafio cognitivo. Em conformidade com Ausubel (2003), uma aprendizagem significativa se evidencia quando um sujeito demonstra em sua estrutura cognitiva subsunçores ou conceitos âncoras que propiciam a aquisição ou retenção de uma nova informação. Para a questão analisada, observou-se que os estudantes apresentaram nível cognitivo insuficiente, sendo necessário, de acordo com Ausubel (2003), organizadores prévios para introduzir conceitos relevantes e instrucionais na estrutura cognitiva do estudante para superar o desafio cognitivo ao qual ficou submetido.

Quando observado o resultado de êxito de aprendizagem da questão 4, que se fundamentou em avaliar do estudante a capacidade da dimensão do processo cognitivo de aplicar um procedimento de execução a uma situação-problema de um fenômeno próximo de sua realidade, notou-se uma superação de aprendizagem. Foi possível perceber ainda que, a partir da estratégia de ensino experimental proposta por Silva e Moura (2018), a AEP, ao introduzir um problema de natureza teórica e contextualizada, os estudantes superaram o desafio cognitivo evidenciado na questão.

Desta forma, ocorreu uma superação de aprendizagem significativa da questão 3 para a questão 4, quando foi demonstrado um aumento na faixa de êxito de 22% para 95%, alcançando-se o nível cognitivo Avançado do *Software pNota*. Esta progressão, de acordo com Ausubel (2003), tem relação com o fato de a informação nova interagir com o conjunto de conhecimentos prévios adquiridos e relevantes presentes na estrutura cognitiva do sujeito.

A questão 5, conforme Anderson *et al* (2014), abordou a dimensão do processo cognitivo da Taxonomia de Bloom Revisada Aplicar, associada ao nível cognitivo 2. Quanto a essa questão, foi observada uma faixa de êxito de aprendizagem depreendida entre 36% e 75%, em termos de Acurácia (ACC), alcançando-se o Nível Cognitivo Adequado, segundo a avaliação do *Software pNota*. Houve, portanto, um decréscimo de aprendizagem em relação à questão anterior, uma vez que se exigiu ao estudante, conforme o enunciado “Explique o que acontece quando dois sistemas ou corpos de temperaturas diferentes são colocados em contato”, que este relacionasse princípios termoquímicos para responder de forma mais expressiva e razoável. Essa dificuldade apresentada pode estar relacionada ao tipo de questão construída, bem próxima de um perfil muito técnico.

Conforme Freire (2019), quando o sujeito é posto diante de uma situação existencial, mas concreta, como em um problema que esteja próximo de sua realidade, ele se posiciona diante do desafio de forma a se deslocar para uma ação que lhe promova solução. Isso foi observável na questão 3, que se evidenciou puramente “química”, do ponto de vista técnico.

Já as questões 6 e 7, que contemplaram a proposta de verificar as aprendizagens dos estudantes nos termos da dimensão do processo cognitivo “Avaliar” da Taxonomia de Bloom Revisada, alcançaram o Nível Cognitivo Adequado, ao apresentarem como resultado da faixa de êxito de aprendizagens valores entre 36% a 75%. Desta forma, percebe-se que ocorreu uma redução no desempenho dos estudantes, valendo destacar que houve também um aumento da complexidade do nível de cognição considerado pela taxonomia dos objetivos educacionais.

Segundo Ausubel (2003), para uma aprendizagem significativa ocorrer, é necessário que materiais potencialmente significativos sejam introduzidos no processo educacional, para que possam se ligar logicamente à estrutura cognitiva do estudante, bem como que o estudante manifeste a disposição para aprender, isto é, tenha a presença de conceitos âncoras em sua mente, os quais se relacionarão de forma substantiva e não-arbitrária aos novos conceitos propostos. Diante do exposto, as questões 6 e 7 não indicam que ocorreu retrocesso na aprendizagem, mas que há a exigência de o professor propiciar organizadores prévios para fazer ponte entre o que o estudante já sabe e o que ele deveria saber a fim de potencializar a aprendizagem significativa.

Analisando a questão 8 (“Considerando que as oleaginosas Castanha-do-pará e amendoim apresentam quantidade de lipídios (gorduras) em sua composição, uma pessoa que quer ganhar peso escolheu a castanha. Avalie se essa é a melhor opção indicada. Justifique sua resposta partindo de uma mesma massa”), pode ser observado que os estudantes obtiveram desempenho insatisfatório em relação à dimensão do processo cognitivo requerido na questão, qual seja, o verbo “Avaliar”, sendo que a faixa de êxito de aprendizagem verificada se deu entre 0 a 35%.

De acordo com Anderson *et al* (2014), a categoria “Avaliar” inclui os processos cognitivos de checagem de julgamentos e crítica de julgamentos com base em critérios estabelecidos em relação a situações adversas, como foi o caso da questão 8, a qual buscou julgar dados quantitativos para saber qual das amêndoas poderiam ser utilizadas para uma dieta ponderada para ganho de massa corporal.

Sendo assim, esta questão colocou os estudantes em uma situação de desafio cognitivo para o qual não havia conceitos pré-existentes consolidados em suas estruturas cognitivas. O teor da questão era propiciar aos estudantes a articulação de elementos para checar qual era a amêndoa com maior quantidade de energia entálpica do alimento. De acordo com Moreira (2017), para essa questão específica ocorreu a introdução de uma situação nova, a qual o estudante não estava acostumado a vivenciar na sua cultura prevalente. Desta forma, para sanar essa baixa assertividade, o mesmo autor propõe que se permita ao estudante refazer a atividade aproveitando o erro para progressão da aprendizagem.

Quanto à questão 9 (“Quais tipos de alimentos você propõe à personagem Ellen do filme assistido em sala de aula para ganho de massa corporal de forma saudável?”), observou-se pelo resultado da Figura 6 que a faixa de êxito alcançada se deu em termos do Nível Cognitivo Adequado (36% a 75%).

Considerou-se que o nível cognitivo da questão abordada era da dimensão do processo cognitivo do verbo “Criar”, o qual, segundo Anderson *et al* (2014), tem como proposta a generalização do conhecimento ou produção de texto capaz de resumir determinado fato de um conteúdo abordado na unidade de ensino de um currículo prescrito.

Para essa questão, que finaliza a avaliação estabelecida na SD da AEP, pode-se perceber que o professor pesquisador foi um mediador do conhecimento em dialogicidade com o estudante para a construção deste saber evidenciado. O percentual de êxito alto para um nível elevado da dimensão do processo cognitivo nos aponta para uma aprendizagem significativa segundo Ausubel (2003), pois o estudante conseguiu ampliar os princípios termoquímicos com a proposição de uma dieta saudável.

Com o intuito de finalizar a discussão em termos dos parâmetros provenientes do *Software pNota* para avaliação da aprendizagem da SD da AEP, a Figura 3 traz a descrição gráfica do parâmetro qualitativo Ponderação F1 (w).

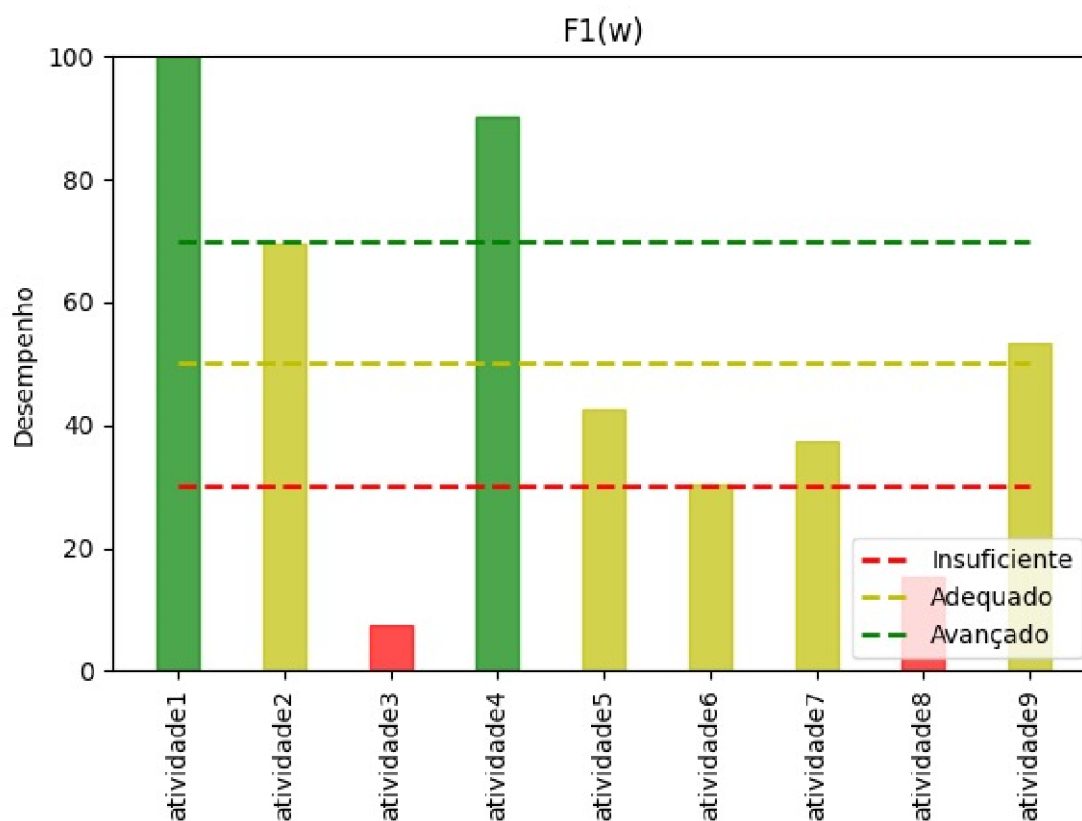


Figura 3. Percentual de êxito da Avaliação da SD da AEP (Parâmetro F1). Fonte: Software pNota, 2022.

Nascimento (2020), que discorreu de forma assertiva acerca dos termos estatísticos do *Software pNota* para avaliação da aprendizagem, conceitua a métrica Ponderação F1(w) como um parâmetro qualitativo descrito no relatório que indica possíveis “fugas do modelo”, isto é, uma resposta cujas palavras foram aleatórias e que o *Software* não conseguiu realizar a análise com os Padrões de Respostas esperados na ACC.

Acerca deste parâmetro, observou-se que a questão 1, que tinha como objetivo avaliativo requerer do estudante a lembrança ou recordação de um termo, o que, segundo Anderson *et al* (2014), encontra-se numa dimensão do processo cognitivo de baixa complexidade, apresentou um resultado da faixa de êxito acima de 75% no relatório do *Software pNota*, correspondendo ao Nível Cognitivo Avançado.

De forma aceitável para a avaliação da SD de AEP, a questão 2, que apresenta um aumento do nível cognitivo a ser abordado, evidenciou como resultado de faixa de êxito de Ponderação F1(w) 69%, identificando os estudantes no Nível Cognitivo Adequado, que varia de 36% a 75%.

No entanto, em relação à questão 3, observou-se que, novamente, esta apresentou resultado insatisfatório e que o desafio cognitivo submetido ao estudante pela pergunta feita exigiu muito de sua estrutura cognitiva, o que se evidencia na Figura de Ponderação F1(w), em que os estudantes alcançaram o Nível Cognitivo Insuficiente, uma vez que a faixa de êxito se deu entre 0 e 35%, segundo relatório do *Software pNota*.

Em oposição à questão 3, a questão 4 permitiu perceber que os estudantes avançaram cognitivamente, sendo que, pela faixa de êxito da Ponderação F1(w), o desempenho alcançou a marca de 90%, correspondendo ao Nível Cognitivo Avançado, o qual, conforme relatório do *Software pNota*, é de 36% a 75%.

Quando se observou o resultado obtido da questão 5, verificou-se uma queda significativa de aprendizagem em comparação à questão 4, pois exigiu-se do estudante explicar conceitos com a combinação de conhecimentos de natureza técnica e conceitual do ensino de Química. A redução se deu de 90% para 43%, alcançando a faixa de êxito de aprendizagem de 36% a 75%, correspondendo ao Nível Cognitivo Adequado.

Uma queda também ocorreu ao se analisar o resultado da questão 6 para o parâmetro Ponderação F1(w), uma vez que se percebeu que a faixa de êxito diminuiu, apresentando 30% em termos de aprendizagem. Nessas condições, segundo faixa de êxito do relatório *Software pNota* de 0 a 35%, alcançou-se o Nível Cognitivo Insuficiente.

Em contrapartida, o aumento do nível de cognição na questão 7 permitiu aos estudantes apresentarem resultados do parâmetro Ponderação F1(w) de 37%, o que representa uma superação de aprendizagem, alcançando-se a faixa de êxito de 36% a 75%, que corresponde ao Nível Cognitivo Adequado.

Já quanto à questão 8, constatou-se que houve um decréscimo significativo da faixa de êxito do parâmetro Ponderação F1(w), uma vez que a questão estava elaborada em termos de complexidade ascendente em função da Taxonomia de Bloom Revisada, esforçando o estudante a envolver a relação de vários objetos do conhecimento.

De acordo com Moreira (2017), ao cobrar-se do estudante conceitos de forma hierarquizada em situações novas de enfrentamento, com conceitos mais inclusivos que outros, é necessária a introdução de informações que permitam fazer ligação entre o saber prévio e o novo para progressão da sua aprendizagem. Logo, fica nítido observar que o resultado apresentado de 17% mapeou os estudantes no Nível Cognitivo Insuficiente, que tem como faixa de êxito de 0 a 35%.

Embora tenham sido observados pontos críticos em termos de êxito de aprendizagem segundo o parâmetro qualitativo PonderaçãoF1(w) advindos do relatório do *Software pNota* para a questão 8, é razoável inferir que a questão 9 teve como resultado um aumento do êxito em relação às questões 5, 6, 7 e 8. Além disso, quando o resultado de ACC foi discutido nessa seção, observou-se que, para a questão 9, alcançou-se o Nível Cognitivo Adequado e, como a ponderação remete a respostas de desvio do ideal, percebe-se que o resultados deste parâmetro para a questão específica alcançaram também o Nível Cognitivo Adequado. Nesta questão, os estudantes foram mais autônomos ao produzirem como sugestão uma dieta balanceada para solução do problema proposto nesta AEP.

Desta forma, é importante ressaltar que, pela análise dos parâmetros qualitativos do *Software pNota* realizada, há evidências de uma aprendizagem significativa dos princípios termoquímicos perseguidos pela SD da AEP.

4. Considerações Finais

A aplicação desta pesquisa permitiu concluir que se pode verificar que a Atividade Experimental Problematizada (AEP) promoveu no estudante a capacidade de ser um indivíduo autônomo e ator principal na construção de seu aprendizado de forma crítica, quando ele se propõe a realizar registros, a discutir resultados, a levantar hipóteses, a avaliar possíveis explicações e a realizar uma análise reflexiva com seus pares e com o mediador do processo, o professor, das razões e etapas da atividade experimental proposta.


Verificou-se também que AEP conduziu a prática docente do pesquisador para alcance de níveis cognitivos de Aprendizagem Significativa quando analisado pelo *Software pNota*, proporcionando descrever qualitativamente pelas métricas do sistema computacional os níveis de aprendizagens da Taxonomia de Bloom Revisada, alcançando-se a dimensão do processo cognitivo "Criar". Percebeu-se que os alunos demonstraram a aquisição de uma aprendizagem significativa pela progressão de respostas demonstradas nos resultados qualitativos dos gráficos do *Software pNota*.

Entendeu-se ainda que, a partir das métricas qualitativas do *Software pNota*, quando atreladas ao desempenho dos estudantes, bem como à dimensão do processo cognitivo da Taxonomia de Bloom Revisada, foi possível avaliar quais níveis cognitivos os estudantes alcançaram. Esses resultados foram discutidos com base na fundamentação teórica do presente trabalho.


5. Referências

- Anderson, L. W.; Krathwohl, D.R.; Airasian, P.W. A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Pearson New International Edition, 2014.
- Araújo, M. S. T.; Abib, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Porto Alegre, v. 25, n.2, p.176-194, 2003.
- Ausubel, D. P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- Brasil. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Brasília: MEC. 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 22 set. 2020.
- Calatayud, V.C.; Espinosa, P.P.; Vila, R.R.; Artificial Intelligence for Student Assessment: A Systematic Review. *Applied Sciences*. 11, 5467, 2021.
- Creswell, J. W.; Creswell, J.D.; Silva, D.; Rosa, S.M.M.; Projeto de Pesquisa: Métodos quantitativos, qualitativos e misto. Tradução de Luciana de Oliveira Rocha. 5 ed. Porto Alegre: Penso, 2021.
- Fávero, M. H. A pesquisa de intervenção na psicologia da educação Matemática: aspectos conceituais e metodológicos. *Educar em Revista*, n.1, p. 47-62, 2011.
- Freire, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. 84ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2019.
- Holmes, W.; Bialik, M.; Fadel, C.; *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Traverse City, Michigan: Independently Published, 2019.
- Karthikeyan, A., Priyakumar, U.D. Artificial Intelligence: Machine Learning for Chemical Sciences. *Journal for Chemical Sciences*. 134, 2, 2022.
- Moreira, Marco Antônio. *Ensino e aprendizagem significativa*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.
- Nascimento, P. V. *Ensino de Química e Atividade Experimental Problematizada AEP: Avaliando aprendizagem dos conteúdos químicos por meio do Software pNota no contexto do Ensino Fundamental*. Orientadora: Fabiana da Silva Kauark. Espírito Santo: 2020. 126f. Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) - Instituto Federal do Espírito Santo. Espírito Santo, 2020.
- Silva, A. L. S.; Moura, P. R. G.; Pino, J. C. Atividade Experimental Problematizada (AEP) como uma estratégia pedagógica para o Ensino de Ciências: aportes teóricos, metodológicos e exemplificação. *Experiências em Ensino de Ciências*, v.12, n.5, 2017.
- Silva, A.L. da; Moura, P. R. G. de (org.). *Ensino Experimental de Ciências – uma proposta: Atividade Experimental Problematizada (AEP)*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.
- Spalenza, M. A. *Aplicação de Seleção de Características para Melhoria de um Sistema Semiautomático de Avaliação de Questões Discursivas*. Orientador: Elias de Oliveira. Espírito Santo, 2017. 172f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Informática) - Universidade Federal do Espírito Santo. Espírito Santo, 2017.

Marcelo do Nascimento


Instituto Federal do Espírito Santo, Brasil
 <https://orcid.org/0000-0002-6029-2397>
✉marcelopiedra2012@gmail.com

Fabiana da Silva Kauark

Instituto Federal do Espírito Santo, Brasil
 <https://orcid.org/0000-0002-8807-931X>
✉kauarkfabiana403@gmail.com

Fernanda Zanetti Becalli

Instituto Federal do Espírito Santo, Brasil

 <https://orcid.org/0000-0002-8628-6550>

✉ fernanda.becalli@ifes.edu.br

Elias Silva de Oliveira

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

 <https://orcid.org/0000-0003-2066-7980>

✉ elias@icad.inf.ufes.br

Paulo Rogerio Garcez de Moura


Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

 <https://orcid.org/0000-0003-2659-5383>

✉ paulomoura.ufes@gmail.com

André Luís Silva da Silva

Universidade Federal do Pampa, Brasil

 <https://orcid.org/0000-0002-8245-9389>

✉ andresilva@unipampa.edu.br