Unoeste
http://journal.unoeste.br/index.php/ch
DOI: 10.5747/ch.2026.v23.h675
e-ISSN: 1809-8207
Colloquium Humanarum

APRENDIZAGEM PROCEDIMENTAL SIGNIFICATIVA EM ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO[1]

Meaningful procedural learning in investigative activities in chemistry teaching at the high school level

Aprendizaje procedimental significativo en actividades investigativas en la enseñanza de la química en la educación secundaria

Leonardo Augusto Natércio da Silva[2], Gustavo Bizarria Gibin[3]

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Presidente Prudente – SP, Brasil

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo geral compreender se as atividades investigativas de caráter experimental contribuem para a aprendizagem significativa de procedimentos e de que forma essa contribuição ocorre, à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, adotada como referencial teórico. Como objetivo específico, buscou-se identificar se, nos procedimentos adotados na resolução dos problemas, estavam presentes os aspectos dinâmicos da estrutura cognitiva, denominados diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Para tanto, os dados foram coletados por meio de questionários aplicados concomitantemente à realização de três atividades experimentais investigativas sobre ácidos e bases. Ressalta-se que as atividades foram desenvolvidas em grupos e que o estudo foi conduzido em uma escola particular do interior paulista, envolvendo vinte e um estudantes das três séries do Ensino Médio. Os dados foram analisados com base na análise de conteúdo proposta por Bardin, buscando-se averiguar a presença de categorias *a priori* (diferenciação progressiva e reconciliação integrativa). Os resultados indicam que os estudantes apresentaram indícios de aprendizagem procedimental significativa, uma vez que os aspectos dinâmicos da estrutura cognitiva estavam presentes em suas respostas. Nesse sentido, destaca-se a contribuição das atividades investigativas ao longo do processo de ensino e aprendizagem, uma vez que possibilitaram que os estudantes atuassem como protagonistas na resolução dos problemas propostos. Torna-se necessário, portanto, o desenvolvimento de novos estudos que reforcem a possibilidade de extrapolação da teoria ausubeliana para além da aprendizagem de conteúdos conceituais, visando à sua aplicação a conteúdos procedimentais e atitudinais.

Palavras-chave: Ausubel; Ácidos e Bases; Ensino por Investigação.

ABSTRACT

The present study aimed to understand whether experimental investigative activities contribute to meaningful procedural learning and how this contribution occurs, in light of Ausubel's Theory of Meaningful Learning, adopted as the theoretical framework. As a specific objective, the study sought to identify whether the procedures used in problem solving exhibited the dynamic aspects of cognitive structure, namely progressive differentiation and integrative reconciliation. To this end, data were collected through questionnaires administered concurrently with the implementation of three investigative

[1] Na elaboração deste artigo a IA não foi utilizada.

[2] Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos, Integrante do Grupo de Pesquisa em Metodologias para o Ensino de Ciências (GPMEC). ORCID id: https://orcid.org/0000-0003-1565-0527. E-mail: leonardo-augusto.silva@unesp.br.

[3] Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos, Doutor em Ciências, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus Presidente Prudente. Coordenador do Grupo de Pesquisa em Metodologias para o Ensino de Ciências (GPMEC). ORCID id: https://orcid.org/0000-0001-9473-255X. E-mail: gustavo.gibin@unesp.br.

experimental activities on acids and bases. It is noteworthy that the activities were carried out in groups and that the study was conducted in a private school in the interior of the state of São Paulo, involving twenty-one students from the three grades of upper secondary education. The data were analyzed based on the content analysis proposed by Bardin, seeking to verify the presence of a priori categories (progressive differentiation and integrative reconciliation). The results indicate that students showed evidence of meaningful procedural learning, as the dynamic aspects of cognitive structure were present in their responses. In this sense, the contribution of investigative activities throughout the teaching and learning process is highlighted, as they enabled students to act as protagonists in solving the proposed problems. Therefore, further studies are needed to reinforce the possibility of extending Ausubel's theory beyond the learning of conceptual content, aiming at its application to procedural and attitudinal content.
Keywords: Ausubel; Acids and Bases; Inquiry-based Teaching.

RESUMEN
El presente estudio tuvo como objetivo comprender si las actividades investigativas de carácter experimental contribuyen al aprendizaje procedimental significativo y de qué manera ocurre dicha contribución, a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, adoptada como marco teórico. Como objetivo específico, se buscó identificar si los procedimientos utilizados en la resolución de problemas presentaban los aspectos dinámicos de la estructura cognitiva, denominados diferenciación progresiva y reconciliación integradora. Para ello, los datos fueron recolectados mediante cuestionarios aplicados de forma concomitante a la realización de tres actividades experimentales investigativas sobre ácidos y bases. Cabe destacar que las actividades se desarrollaron en grupos y que el estudio se llevó a cabo en una escuela privada del interior del estado de São Paulo, involucrando a veintiún estudiantes de los tres cursos de la educación secundaria. Los datos fueron analizados con base en el análisis de contenido propuesto por Bardin, con el fin de verificar la presencia de categorías a priori (diferenciación progresiva y reconciliación integradora). Los resultados indican que los estudiantes presentaron indicios de aprendizaje procedimental significativo, ya que los aspectos dinámicos de la estructura cognitiva estuvieron presentes en sus respuestas. En este sentido, se destaca la contribución de las actividades investigativas a lo largo del proceso de enseñanza y aprendizaje, dado que posibilitaron que los estudiantes actuaran como protagonistas en la resolución de los problemas propuestos. Por lo tanto, se hace necesario el desarrollo de nuevos estudios que refuercen la posibilidad de extrapolar la teoría ausubeliana más allá del aprendizaje de contenidos conceptuales, con miras a su aplicación a contenidos procedimentales y actitudinales.
Palabras clave: Ausubel; Ácidos y Bases; Enseñanza por Investigación.

INTRODUÇÃO

O Ensino por Investigação, também conhecido como *abordagem investigativa*, *metodologia investigativa* ou *método investigativo*, pode ser definido como uma metodologia de ensino que objetiva que os estudantes ocupem a posição de protagonistas durante todo o processo de ensino e aprendizagem, colocando-os diante de problemas bem elaborados e que tenham relação com o seu cotidiano (Silva, 2025). A resolução desses problemas pode ocorrer por meio de experimentos e de diversas atividades, desde que envolvam a elaboração de hipóteses, a construção de argumentos e de conclusões (Carvalho, 2018; Gibin; Ferreira, 2021; Suart; Marcondes, 2022).

Quando os problemas apresentados aos estudantes em atividades investigativas podem ser solucionados por meio de experimentos, têm-se as chamadas Atividades Experimentais Investigativas (AEI). Segundo Gibin e Souza-Filho (2016), as AEI contrapõem-se à abordagem da experimentação tradicional, ou seja, àquela em que os estudantes devem seguir uma sequência linear previamente determinada no roteiro disponibilizado pelo professor.

Os autores supracitados enfatizam que as AEI partem do pressuposto de que os estudantes trazem para o ambiente escolar concepções distintas, adquiridas no cotidiano, frente a diversos fenômenos e eventos. Dessa forma, ressalta-se a necessidade de que o professor respeite e favoreça o desenvolvimento das atividades com base nas concepções prévias dos aprendizes (Gibin; Souza-Filho, 2016).

Existem diferentes níveis de investigação que podem ser adotados nas AEI. Kasseboehmer, Hartwig e Ferreira (2015) propuseram os níveis apresentados no quadro a seguir:

Quadro 1 – Níveis de investigação em atividades experimentais investigativas

Nível	Problemas	Materiais	Procedimentos experimentais	Coleta e análise de dados	Conclusões
0	Dado	Dado	Dado	Dado	Dado
1	Dado	Dado	Dado	Dado	Em aberto
2	Dado	Dado	Dado	Em aberto	Em aberto
3	Dado	Dado	Em aberto	Em aberto	Em aberto
4	Dado	Em aberto	Em aberto	Em aberto	Em aberto
5	Em aberto	Em aberto	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Kasseboehmer, Hartwig e Ferreira (2015, p. 106).

No nível 0, os problemas, os materiais, os procedimentos experimentais, as formas de coleta e análise dos dados, bem como as conclusões, são integralmente definidos pelo professor, não havendo possibilidade de tomada de decisão por parte dos estudantes. Dessa forma, esse nível caracteriza-se por um caráter tradicional, no qual não ocorre efetivamente nenhum tipo de investigação. Em uma AEI de nível 1, o docente fornece os problemas, os materiais, os procedimentos experimentais e as formas de coleta e análise dos dados, permitindo aos estudantes apenas a proposição das conclusões (Kasseboehmer; Hartwig; Ferreira, 2015).

Nas atividades investigativas de nível 2, o professor ainda define os problemas, os materiais e os procedimentos experimentais; contudo, a forma de coleta e análise dos dados, assim como as conclusões, passam a ser elaboradas pelos estudantes. Já nas AEI de nível 3, são fornecidos apenas os problemas e os materiais, possibilitando aos aprendizes maior autonomia para propor os procedimentos experimentais, as formas de coleta e análise dos dados e as conclusões (Kasseboehmer; Hartwig; Ferreira, 2015).

Nas AEI de nível 4, o docente apresenta exclusivamente o problema, cabendo aos estudantes definir os materiais, os procedimentos experimentais, as formas de coleta e análise dos dados, bem como as conclusões. Por fim, nas AEI de nível 5, os estudantes dispõem de um elevado grau de autonomia, uma vez que são responsáveis por propor todas as etapas do processo investigativo, desde a formulação do problema até a elaboração das conclusões (Kasseboehmer; Hartwig; Ferreira, 2015).

Considerando as discussões acerca do Ensino por Investigação, bem como das atividades investigativas de caráter experimental, emergiu o seguinte questionamento que orientou o presente

estudo: *estudantes das três séries do Ensino Médio de uma escola privada do interior paulista apresentam indícios de aprendizagem procedimental significativa em atividades investigativas de caráter experimental?*

Diante disso, este estudo teve como objetivo geral compreender se as AEI contribuem para a aprendizagem significativa de procedimentos e, em caso afirmativo, de que forma essa contribuição ocorre, à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel. Como objetivo específico, buscou-se identificar se, nos procedimentos adotados na resolução dos problemas, estavam presentes os aspectos dinâmicos da estrutura cognitiva: diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Ressalta-se que informações detalhadas sobre a TAS serão apresentadas na seção a seguir, intitulada *Referencial Teórico*.

REFERENCIAL TEÓRICO

Neste estudo, adotou-se como referencial teórico a TAS proposta por Ausubel (1963; 1968; 2000). Segundo David Ausubel (2000), a aprendizagem significativa ocorre por meio de um processo no qual novas informações estabelecem relações substantivas e não arbitrárias com os conhecimentos prévios do aprendiz. O caráter não literal implica que a compreensão de novos conteúdos não está condicionada às palavras exatas utilizadas em sua apresentação, ao passo que o aspecto não arbitrário indica que a nova informação não se relaciona com qualquer conhecimento prévio, mas especificamente com conceitos relevantes já presentes na estrutura cognitiva do indivíduo, denominados subsunçores (Ausubel, 1963; 1968; 2000).

Para o autor, os novos significados incorporados à estrutura cognitiva do aprendiz resultam de uma interação ativa e integradora entre os conhecimentos relevantes previamente existentes e os novos materiais de instrução (Ausubel, 2000). Nesse sentido, o autor estabelece algumas condições para que a aprendizagem significativa ocorra: (i) a predisposição do aprendiz para aprender de forma significativa; (ii) a existência de materiais de aprendizagem potencialmente significativos; e (iii) a presença de conhecimentos prévios relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ademais, é indispensável que o estudante esteja disposto a aprender (Ausubel, 1968; 2000).

No âmbito da TAS, proposta por Ausubel (1968, 2000), a estrutura cognitiva é compreendida como um conjunto hierarquicamente organizado de conhecimentos prévios relevantes, que se inter-relacionam de maneira dinâmica. Nessa perspectiva, uma estrutura cognitiva dinâmica caracteriza-se, sobretudo, pela atuação de dois processos fundamentais: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1976), esses processos são responsáveis tanto pela organização das informações na estrutura cognitiva do aprendiz quanto pela caracterização da aprendizagem. O processo de diferenciação progressiva está relacionado à organização hierárquica dos conceitos, na qual ideias mais gerais e inclusivas servem de base para a incorporação de conceitos progressivamente mais específicos. Assim, à medida que novos conhecimentos são assimilados, os conceitos tornam-se mais diferenciados e refinados em relação aos conhecimentos prévios.

No que se refere à reconciliação integrativa, Novak e Gowin (1984) explicam que esse processo ocorre quando dois ou mais conceitos previamente existentes passam a se relacionar, resultando na construção de novos significados. De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1976), durante a aprendizagem, as ideias já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz podem ser reconhecidas e reorganizadas à medida que novas informações são incorporadas. Desse modo, a nova informação é assimilada e os elementos existentes passam a assumir uma nova organização e novos significados. Os autores ressaltam que esse processo de reorganização e recombinação das ideias corresponde à reconciliação integrativa.

Menezes (2018) desenvolveu uma sequência didática sobre propriedades coligativas com vinte estudantes do segundo ano do Ensino Médio (E.M.) de uma escola pública de Manaus, fundamentada nos pressupostos da TAS. A sequência contemplou três AEI, avaliadas por meio da elaboração de mapas conceituais, cujos procedimentos foram previamente explicados aos participantes. Salienta-se que as investigações abordavam os seguintes conceitos: abaixamento do ponto de congelamento e osmose.

Após a realização das atividades, cada estudante elaborou três mapas conceituais, analisados a partir de categorias como conceitos básicos e novos, relações entre conceitos, hierarquização, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. A análise dos mapas indicou evolução na organização conceitual dos estudantes, uma vez que houve aumento de novos conceitos articulados aos conhecimentos prévios e relações estabelecidas entre os conceitos. Menezes (2018) enfatiza que os dados obtidos em seu estudo evidenciam indícios de aprendizagem significativa dos conceitos abordados.

Com as informações apresentadas acerca da teoria ausubeliana, percebe-se que esta, por sua vez, tem como foco a aprendizagem de conteúdos conceituais, todavia, Pozo (1998) afirma que a abrangência da teoria vai além da aprendizagem de conteúdos dessa natureza. Moreira (2011) corrobora essa perspectiva ao argumentar que a compreensão dos conhecimentos prévios restrita apenas ao âmbito conceitual é inadequada, uma vez que limita o entendimento do papel dos subsunçores e pode levar à interpretação de que estes se relacionam exclusivamente a conceitos. Nessa direção, Frasson, Laburú e Zompero (2019) ressaltam a importância de reconhecer que os conhecimentos prévios, além de fundamentais para a aprendizagem conceitual, desempenham papel igualmente relevante na aprendizagem de conhecimentos de natureza procedimental e atitudinal.

De acordo com Pozo e Crespo (2009), os conteúdos conceituais compreendem fatos e dados, bem como conceitos e princípios, os conteúdos procedimentais, por sua vez, dizem respeito a técnicas e estratégias, enquanto os conteúdos atitudinais englobam atitudes, normas e valores. Os autores supracitados ressaltam que cada tipo de conteúdo de aprendizagem possui constituintes específicos e gerais, sendo que os constituintes específicos devem ser considerados no início do percurso formativo, pois subsidiam a aprendizagem dos constituintes intermediários e gerais.

No que se refere à aprendizagem significativa de procedimentos, Pozo e Crespo (2009) indicam a existência de quatro fases para sua consolidação. A primeira, denominada fase declarativa ou de instrução,

corresponde a uma forma de treinamento técnico. De modo geral, cabe ao professor, previamente ao desenvolvimento das atividades e explicações, explicitar de maneira detalhada a sequência de ações que será realizada ao longo da aula. Entre os requisitos dessa fase, os autores destacam a necessidade de que as instruções sejam relevantes e passíveis de reconhecimento pelos estudantes como importantes e relacionadas aos procedimentos previamente aprendidos.

Para Frasson, Laburú e Zompero (2019), a condição estabelecida por Pozo e Crespo (2009) para a consolidação da fase declarativa possibilita estabelecer uma articulação entre a aprendizagem procedimental e a TAS. Ao atender a esse requisito, torna-se possível que o "[...] aprendiz perceba a substantividade e a não arbitrariedade do que lhe está sendo ensinado, visto que a aprendizagem de novos procedimentos fica ancorada nos procedimentos prévios já aprendidos e utilizados pelo aluno" (Frasson; Laburú; Zompero, 2009, p. 312).

Ainda no que diz respeito à aprendizagem significativa de procedimentos, embora a TAS não contemple originalmente os conteúdos procedimentais, conforme discutido pelos autores supracitados, seus pressupostos podem ser extrapolados para além dos aspectos conceituais. Nesse sentido, os conteúdos procedimentais podem ser compreendidos como conhecimentos relacionados ao "saber fazer", conforme proposto por Pozo e Crespo (2009), de modo que novos procedimentos podem relacionar-se àqueles previamente aprendidos e disponíveis na estrutura cognitiva dos estudantes.

No tocante à aprendizagem significativa de atitudes, os autores mencionados defendem que a abordagem dos conteúdos atitudinais em sala de aula deve ultrapassar a simples transmissão de normas e valores, promovendo reflexões pessoais sobre as próprias condutas e sobre a influência das atitudes individuais na sociedade. Nesse sentido, Pozo e Crespo (2009) afirmam que, para mobilizar a formação atitudinal dos estudantes, é necessário expô-los a situações de conflito sociocognitivo.

Ressalta-se que, nesta perspectiva, os termos substantivo e não arbitrário são utilizados conforme as definições propostas por Ausubel (1963, 1968, 2000). Considerando a articulação proposta por Frasson, Laburú e Zompero (2019) entre a TAS e os conteúdos de aprendizagem, a nova informação a ser aprendida pode assumir caráter conceitual, procedimental ou atitudinal.

DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Caráter e sujeitos da pesquisa

Esta pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, uma vez que os dados coletados foram predominantemente descritivos e houve uma preocupação maior com o processo do que com o produto (Lüdke; André, 2018). Além disso, enquadra-se como qualitativa pelo fato de tal abordagem possibilitar que os pesquisadores busquem e compreendam os sentidos atribuídos a fenômenos existentes, ancorando-se em teorias já consolidadas (Gil, 2024), como a teoria ausubeliana.

Destaca-se que o estudo constitui um recorte da dissertação de mestrado do primeiro autor. Assim, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), via Plataforma Brasil, sendo aprovado e

resultando na Certificação de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 78233424.6.0000.5402. Os pareceres de aprovação indicaram que a pesquisa apresenta relevância do ponto de vista científico, social e ético. Outrossim, as atividades foram desenvolvidas em uma escola privada do interior paulista, no contraturno escolar, e contaram com a participação de 21 estudantes, distribuídos entre o 1º ano (n = 8), o 2º ano (n = 8) e o 3º ano (n = 5) do E.M.

Validação dos instrumentos de coleta de dados pelo Comitê de Juízes

Para a coleta dos dados apresentados neste artigo, foram utilizados questionários contendo questões abertas. Segundo Castro, Ferreira e Gonzalez (2013), as perguntas presentes no questionário devem estar relacionadas ao tema investigado e, em pesquisas qualitativas, os dados provenientes das questões abertas podem ser agrupados em categorias, a partir de critérios rigorosos.

Com o intuito de superar possíveis limitações relacionadas à coleta de dados, realizou-se a validação dos instrumentos por meio do procedimento conhecido como Comitê de Juízes. Torlig *et al.* (2022) afirmam que esse processo permite aos pesquisadores verificarem se os conteúdos presentes nos instrumentos estão adequados aos objetivos da pesquisa e às características dos participantes.

Essa técnica consiste no envio de uma versão preliminar dos instrumentos de pesquisa a docentes pesquisadores da área, acompanhada de informações essenciais para a compreensão do escopo do estudo (como objetivos, características dos participantes, estrutura das atividades e procedimentos previstos para a coleta dos dados), a fim de que seja realizada a avaliação dos itens presentes nos roteiros de entrevista ou questionários, bem como sugestões de aprimoramento (Torlig *et al.*, 2022). Ressalta-se que o envio aos docentes, considerados juízes, é realizado por meio de e-mail contendo o link de acesso ao formulário online de avaliação.

Seguindo o procedimento adotado por Piva (2022), durante a etapa de validação, os juízes atribuem uma pontuação aos itens, no caso, às questões que compõem o roteiro de entrevista. A escala varia de 1 a 4, sendo que o valor 1 indica inadequação ao estudo; 2 indica necessidade de ampla revisão; 3 sugere necessidade de ajustes pontuais; e 4 indica adequação ao escopo da pesquisa.

A classificação dos itens como pertinentes ao estudo é realizada posteriormente por meio do cálculo do Índice de Validade de Conteúdo (IVC), conforme proposto por Alexandre e Coluci (2011). Segundo as autoras, esse procedimento contribui para reduzir a subjetividade da avaliação e quantificar o grau de concordância entre os juízes. O IVC pode ser calculado por meio da seguinte equação:

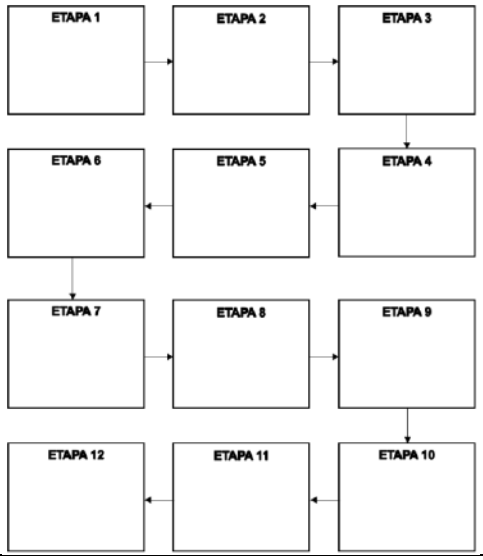
$$IVC = \frac{número\ de\ respostas\ 3\ ou\ 4}{número\ total\ de\ respostas/juízes} \quad (1)$$

A equação considera a razão entre o número de respostas avaliadas com pontuação 3 ou 4 e o número total de respostas por item, correspondente ao total de juízes participantes. As questões são consideradas plenamente adequadas ao escopo do estudo quando apresentam IVC maior ou igual a 0,78.

Alexandre e Coluci (2011) destacam que itens com IVC inferior ao valor de referência devem passar por revisão ou ser excluídos do instrumento de coleta de dados. No caso deste estudo, cinco questões foram selecionadas para compor o escopo deste artigo, todas apresentando valores de IVC superiores a 0,78.

O quadro a seguir apresenta exemplos de questões presentes nos questionários utilizados para a coleta dos dados deste estudo, bem como seus respectivos valores de IVC.

Quadro 2 – Exemplos de questões dos questionários e respectivos valores de IVC

Primeira versão das perguntas	IVC	Sofreu alteração?
1 - Preencham os quadros a seguir indicando as etapas adotadas para a resolução do problema. Nota: não é necessário preencher todos os quadros, a quantidade depende dos caminhos/etapas adotadas pelo grupo. 	1,00	Sim
2 - Agora, descrevam as etapas que vocês utilizaram para resolverem o problema proposto. Indiquem o número de cada etapa e a descreva (exemplo: Etapa 1 - Primeiro pensamos em...; Etapa 2 - Fizemos uma busca...).	0,86	Não
3 - Descrevam qual foi a maior dificuldade que vocês tiveram para resolver esse problema.	0,86	Não
4 - De que maneira os recursos tecnológicos vos auxiliaram na resolução do problema?	0,86	Sim

Fonte: Os autores.

As questões 1 e 4, apresentadas no quadro anterior, após a validação pelo Comitê de Juízes, passaram a apresentar os seguintes enunciados:

- *Questão 1:* Preencham os quadros a seguir indicando as etapas adotadas para a resolução do problema. Notas: (i) não é necessário preencher todos os quadros, a quantidade depende dos caminhos/etapas adotadas pelo grupo; (ii) apenas nomeiem as etapas e não as descrevam, pois, a descrição detalhada de cada etapa deve ser realizada na questão 2.
- *Questão 4:* Quais recursos tecnológicos vocês utilizaram na resolução deste problema? Expliquem o motivo da escolha para cada recurso tecnológico adotado.

Cabe salientar que o questionário utilizado em cada atividade investigativa continha as mesmas questões. As atividades, bem como os momentos nos quais os questionários foram aplicados, serão apresentados no tópico a seguir.

Aplicação das atividades

A fim de abordar os conceitos de ácidos e bases por meio de AEI e suporte das tecnologias, elaborou-se uma sequência de atividades. A sequência foi composta por três atividades investigativas de nível 3, a saber:

Quadro 3 – Atividades investigativas que compuseram a sequência didática

Nº	Código	Atividade	Problema
1	AEI1	Simulação da chuva ácida	Sendo a atmosfera naturalmente formada por gases e vapor de água, como é possível haver formação de ácidos neste meio?
2	AEI2	Variação do pH em água mineral gaseificada	Como é possível acompanhar a variação de pH em uma solução ácida que naturalmente perde a acidez?
3	AEI3	Mudança de coloração nas hortênsias	Sabemos que existem hortênsias brancas, rodadas, lilases e azuis. Sabemos, também, que às vezes, ao longo do tempo, hortênsias rosadas se tornam azuis e vice-versa. Por que será que isso acontece? Se quisermos obter apenas hortênsias azuis ou apenas hortênsias rosadas o que devemos fazer?

Fonte: Os autores.

É válido ressaltar que, embora os participantes do estudo tivessem acesso às tecnologias, as AEI foram, de fato, caracterizadas como de nível 3, uma vez que os estudantes foram instruídos e conscientizados quanto à utilização adequada desses recursos, especialmente no que se refere à orientação de não copiar os enunciados dos problemas nem utilizar procedimentos experimentais previamente estabelecidos, obtidos em pesquisas na internet. Desse modo, os estudantes foram responsáveis pela definição dos procedimentos necessários à resolução dos problemas propostos. Essa orientação foi realizada no quarto dia de atividades (Quadro 4) e, durante o desenvolvimento das atividades, os pesquisadores acompanharam de perto os estudantes.

A quantidade de aulas destinadas a cada atividade e uma breve descrição das atividades desenvolvidas pode ser vista no quadro a seguir:

Quadro 4 – Síntese das atividades aplicadas durante a pesquisa

Dia	Quantidade de aulas utilizadas (minutos)	Descrição das atividades
1	2 aulas (90 minutos)	Aplicação de questionário para levantamento dos conhecimentos prévios sobre ácidos e bases; Explicação de como elaborar mapas conceituais; Divisão dos grupos.
2	2 aulas (90 minutos)	Aula expositiva sobre ácidos e bases; Apresentação de algumas tecnologias digitais.
3	2 aulas (90 minutos)	Desenvolvimento da AEI1 e AEI2; Aplicação de questionários pós-atividades investigativas para compreensão dos procedimentos adotados na resolução dos problemas.
4	2 aulas (90 minutos)	Desenvolvimento da AEI3, seguido da aplicação de questionário para compreensão dos procedimentos adotados na resolução do problema; Confecção dos mapas conceituais pelos alunos. Questionário para avaliação da metodologia empregada durante as atividades.
5	Realizada pelo Google Meet	Realização das entrevistas semiestruturadas com os representantes de cada grupo, para compreensão das contribuições das tecnologias na resolução dos problemas.

Fonte: Os autores.

Como apresentado no Quadro 4, no terceiro e quarto dia foram realizadas as AEI em grupo. Ao todo, os estudantes se organizaram em quatro grupos. Salienta-se que a composição dos grupos permaneceu a mesma ao longo das três atividades investigativas. Todos os materiais disponibilizados para cada grupo em cada atividade podem ser vistos a seguir:

Quadro 5 – Materiais fornecidos para a realização das atividades investigativas

Código da atividade	Item fornecido	Quantidade
AEI1	Frasco de vidro com tampa	1
	Pedaço de arame no formato de “U”	1
	Base da lata de refrigerante com dois furos nas laterais	1
	Pétala de rosa	1
	Alicate	1
	Espátula	2
	Enxofre em pó*	Poucos gramas
AEI2	Rolha de borracha com conector	2
	Mangueira de silicone com 20 cm de comprimento (diâmetro interno = 3 mm)	1
	Garrafa de 500 mL de água mineral sem gás	1
	Garrafa de 500 mL de água mineral com gás	1
	Garrafa com 400 mL de extrato de repolho roxo	1
	Béquer de 250 mL	1
	Béquer de 400 mL	1
	Frasco contendo terra de hortênsia	1
	Pisseta com 200 mL de água destilada	1
AEI3	Béquer de 250 mL	1
	Espátula	1
	Papel indicador de pH**	3

Fonte: Os autores.

Nota: *o enxofre era manuseado pelo pesquisador, quando solicitado pelos grupos.

**a embalagem dos papéis indicadores de pH, contendo as colorações para os respectivos valores de pH, ficou sob os cuidados do pesquisador e era fornecida aos grupos quando solicitada.

Considerando a questão de pesquisa e os objetivos apresentados na introdução deste artigo, os dados analisados e discutidos na seção *Resultados e discussão* são provenientes dos questionários aplicados aos grupos no terceiro e quarto dia de atividades.

Análise dos dados

Para a análise dos dados, adotou-se a análise de conteúdo proposta por Bardin (2016). Essa metodologia tem por finalidade examinar o material de forma sistemática, possibilitando a identificação de novas informações, bem como a verificação ou testagem de hipóteses formuladas a partir de pressupostos prévios.

De acordo com Bardin (2016), a análise de conteúdo estrutura-se em três polos cronológicos: (i) pré-análise; (ii) exploração do material; e (iii) tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Ao longo dessas etapas, o *corpus* é analisado e organizado, de modo que as informações nele contidas subsidiam a construção de hipóteses e indicadores, os quais fundamentam a fase interpretativa dos dados.

Em síntese, buscou-se analisar os questionários preenchidos pelos grupos, de modo a possibilitar a quantificação e a listagem das etapas desenvolvidas em cada atividade investigativa. A partir da identificação do número de etapas e de suas respectivas descrições, procedeu-se à verificação da presença das categorias estabelecidas *a priori*, fundamentadas no referencial teórico adotado no estudo, a saber: diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (Quadro 6).

Quadro 6 – Categorias estabelecidas *a priori* e seus critérios de identificação

Categoria *a priori*	**Critério de identificação**
Diferenciação progressiva	Progressão de procedimentos mais gerais para procedimentos mais específicos
Reconciliação integrativa	Articulação entre procedimentos distintos ou entre procedimentos gerais e específicos

Fonte: Os autores.

Cabe salientar que, no âmbito deste estudo, a diferenciação progressiva foi definida a partir da identificação da progressiva especificação dos procedimentos adotados pelos estudantes na resolução dos problemas propostos. Por sua vez, a reconciliação integrativa foi definida a partir da identificação de relações estabelecidas entre diferentes procedimentos mobilizados ao longo da resolução dos problemas, especialmente entre procedimentos mais específicos e gerais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes da análise dos procedimentos adotados pelos estudantes, cabe contextualizar suas experiências procedimentais prévias. Durante o desenvolvimento da pesquisa, verificou-se que os participantes possuíam pouca experiência com a realização de atividades experimentais, sobretudo de caráter investigativo. Esse aspecto pode estar relacionado às condições estruturais da instituição, que dispunha de um laboratório de Química com recursos limitados, bem como à organização da rotina escolar,

orientada pelo cumprimento dos conteúdos previstos no material didático adotado pela escola. Dessa forma, embora não tenham sido coletados dados específicos que permitissem identificar e caracterizar previamente subsunçores de natureza procedimental, considera-se que os estudantes possuíam experiências procedimentais anteriores, ainda que limitadas.

Nesse sentido, as análises apresentadas a seguir não têm como finalidade demonstrar a existência ou caracterizar previamente subsunçores procedimentais, mas identificar, nos procedimentos descritos pelos estudantes durante as AEI, elementos que podem ser interpretados à luz da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Assim, considera-se que a especificação dos procedimentos de maneira progressiva pode constituir um indício de diferenciação, enquanto a articulação entre diferentes procedimentos pode indicar reconciliação integrativa.

No quadro a seguir, contém a quantidade de etapas adotas pelos grupos, bem como as etapas propriamente ditas, durante a AEI1 denominada “Simulação da chuva ácida”.

Quadro 7 – Etapas adotadas por cada grupo na atividade investigativa 1

Grupo	Número de etapas para a resolução do problema	Etapas realizadas
1	7	1 Leitura da situação problema; 2 Análise dos itens oferecidos; 3 Montagem de uma estrutura; 4 Fechamento do frasco de vidro; 5 Queima do enxofre adicionado no recipiente de alumínio; 6 Posicionamento da pétala no recipiente de vidro; 7 Espera pelo produto da queima.
2	6	1 Pesquisa sobre o que acontece ao queimar o enxofre; 2 Montagem do protótipo de um sistema; 3 Queima do enxofre adicionado ao recipiente de alumínio; 4 Posicionamento da pétala no recipiente de vidro; 5 Observação da mudança de coloração da pétala; 6 Conclusões.
3	6	1 Observação dos materiais disponibilizados para o experimento; 2 Pesquisa na internet sobre o que fazer com os materiais disponibilizados; 3 Discussão em grupo sobre a possibilidade de realização do experimento; 4 Montagem de uma estrutura, seguida pela queima do enxofre e posicionamento da pétala; 5 Observação da mudança de coloração da pétala; 6 Conclusões.
4	7	1 Pesquisa e leitura sobre possibilidades de formação de ácidos a partir do enxofre; 2 União do arame com a lata de refrigerante; 3 Encaixe do mecanismo da etapa 2 à tampa do pote de vidro; 4 Posicionamento da pétala no recipiente de alumínio; 5 Queima do enxofre adicionado ao recipiente de alumínio; 6 Observação da união da pétala com o enxofre pegando fogo; 7 Conclusões.

Fonte: Os autores.

Para solucionar o problema proposto na AEI1, o grupo 1 adotou sete etapas, sendo elas: (1) leitura da situação-problema; (2) análise dos itens disponibilizados; (3) montagem de uma estrutura; (4) fechamento do frasco de vidro; (5) combustão do enxofre adicionado no recipiente de alumínio; (6) posicionamento da pétala no recipiente de vidro; e (7) espera pelo produto da combustão. A partir dessas etapas, observa-se que o grupo avançou de forma progressiva, iniciando com procedimento simples, como a compreensão da situação e análise dos materiais, até etapas mais específicas, como a combustão do enxofre. Salienta-se que, assim como os demais grupos, o grupo 1 também tinha acesso às tecnologias, todavia, optou por não utilizá-las durante a realização da atividade.

Considerando a relação existente entre a TAS de Ausubel e os conteúdos de aprendizagem (Frasson; Laburú; Zompero, 2019), infere-se que nos processos de aprendizagem procedimental os mecanismos dinâmicos da estrutura cognitiva, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, podem estar associados. Nesse sentido, os dados apresentados sugerem que os integrantes do grupo 1 foram capazes de diferenciar progressivamente as etapas necessárias para solucionar o problema.

O grupo 2 adotou seis etapas para resolver o problema proposto na AEI1 e conseguiu não apenas diferenciá-las de modo progressivo, mas também reconciliá-las de forma integrativa. As etapas adotadas foram: (1) pesquisa sobre o que ocorre durante a combustão do enxofre; (2) montagem de um protótipo de sistema; (3) combustão do enxofre no recipiente de alumínio; (4) posicionamento da pétala no recipiente de vidro; (5) observação da mudança de coloração; e (6) conclusões. Assim como o grupo 1, o grupo 2 também avançou de etapas gerais para etapas mais complexas, além de estabelecer relações entre procedimentos gerais (pesquisa) e específicos (combustão), retornando posteriormente a um procedimento mais geral (observação da mudança de cor).

De modo semelhante ao grupo 2, o grupo 3 também adotou seis etapas: (1) observação dos materiais disponibilizados; (2) pesquisa na internet sobre possíveis usos desses materiais; (3) discussão em grupo sobre a viabilidade do experimento; (4) montagem de estrutura, seguida da combustão do enxofre e do posicionamento da pétala; (5) observação da mudança de coloração; e (6) conclusões. Além da semelhança quanto à quantidade de etapas, o grupo 3 também diferenciou progressivamente os procedimentos e estabeleceu reconciliações integrativas. Destaca-se, ainda, que o grupo incorporou explicitamente um momento de discussão para tomar decisões sobre o experimento, evidenciando interesse e envolvimento ativo, um diferencial em relação aos demais grupos, que, embora possam ter discutido, não identificaram tal momento como etapa formal.

Por fim, o grupo 4 adotou sete etapas, sendo elas: (1) pesquisa e leitura sobre possíveis formações de ácidos a partir do enxofre; (2) união do arame com a lata de refrigerante; (3) adaptação do mecanismo à tampa do frasco de vidro;(4) posicionamento da pétala no recipiente do alumínio; (5) combustão do enxofre adicionado ao recipiente de alumínio; (6) observação da interação entre a pétala e o enxofre em combustão; e (7) conclusões. Assim como os grupos 2 e 3, o grupo 4 apresentou diferenciação progressiva

e reconciliação integrativa dos procedimentos, transitando de um procedimento geral (pesquisa inicial) para um específico (combustão) e retornando a outro geral (observação final).

Em síntese, todos os grupos realizaram procedimentos de forma progressiva, avançando de etapas simples para mais complexas. Três dos quatro grupos também estabeleceram relações entre as etapas, realizando reconciliações integrativas ao articular procedimentos gerais e específicos. Assim como na aprendizagem conceitual, a presença desses mecanismos dinâmicos da estrutura cognitiva pode indicar indícios de aprendizagem procedimental.

Dessa forma, a presença da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa entre os procedimentos adotados pelos grupos na AEI1 evidencia que os estudantes apresentam competência para solucionar problemas. Observa-se também que a quantidade de etapas adotadas pelos grupos foi semelhante e que todos realizaram o procedimento de montagem de uma estrutura para combustão do enxofre, seguido pelo posicionamento da pétala.

Em relação à AEI2, denominada “Variação do pH em água mineral gaseificada”, as etapas adotadas pelos grupos podem ser observadas no quadro a seguir:

Quadro 8 – Etapas adotadas por cada grupo na atividade investigativa 2

Grupo	Número de etapas para a resolução do problema	Etapas realizadas
1	5	1 Leitura da situação problema; 2 Análise dos itens oferecidos; 3 Montagem de uma estrutura; 4 Espera pelo processo; 5 Observação da mudança de coloração.
2	4	1 Consulta ao slide utilizado pelo professor na aula teórica sobre ácidos e bases; 2 Adição de água com gás em um béquer e água sem gás em outro béquer; 3 Adição de extrato de repolho roxo nos dois béqueres; 4 Conclusões.
3	6	1 Observação dos materiais disponibilizados para o experimento; 2 Pesquisa na internet sobre o que fazer com os materiais disponibilizados; 3 Discussão em grupo sobre a possibilidade de realização do experimento; 4 Realização do experimento; 5 Observação e discussão; 6 Conclusões.
4	7	1 Adição de água com gás em um béquer e água sem gás em outro béquer; 2 Observação; 3 Mudança na forma de montagem do sistema; 4 Adição de extrato de repolho roxo na garrafa de água com gás e na garrafa de água sem gás; 5 Conexão das garrafas com as rolhas e mangueira; 6 Agitação das garrafas; 7 Observação.

Fonte: Os autores.

Para solucionar o problema proposto na AEI2, o grupo 1 adotou cinco etapas, sendo elas: (1) leitura da situação-problema; (2) análise dos itens disponibilizados; (3) montagem de uma estrutura; (4) espera

pelo processo; e (5) observação da mudança de coloração. As etapas demonstram que o grupo avançou progressivamente, iniciando com procedimentos simples, como a leitura e análise da situação, e evoluindo para etapas mais complexas, como a montagem da estrutura experimental.

Além disso, as cinco etapas adotadas pelo grupo 1 indicam que os integrantes conseguiram reconciliá-las de modo integrativo. Essa interpretação se justifica pelo fato de o grupo ter iniciado com um procedimento mais geral (leitura da situação-problema), avançando para um mais específico (montagem da estrutura) e, posteriormente, retornando a um procedimento mais geral (observação da mudança de coloração).

O grupo 2 adotou quatro etapas na AEI2, sendo elas: (1) consulta ao slide apresentado pelo professor durante a aula teórica sobre ácidos e bases; (2) adição de água com gás em um béquer e água sem gás em outro; (3) adição de extrato de repolho roxo em ambos os béqueres; e (4) conclusões. A partir dessas etapas, observa-se que os integrantes realizaram diferenciação progressiva, avançando de uma etapa mais simples, consulta ao slide, para outra mais complexa, realização da comparação entre soluções com e sem gás utilizando indicador. Contudo, não houve reconciliação integrativa, pois não foram estabelecidas relações explícitas entre procedimentos mais gerais e mais específicos.

Para solucionar o problema proposto na AEI2, o grupo 3 adotou seis etapas: (1) observação dos materiais disponibilizados; (2) pesquisa na internet sobre possíveis usos desses materiais; (3) discussão em grupo acerca da viabilidade do experimento; (4) execução do experimento; (5) observação e discussão; e (6) conclusões. Assim como ocorreu com o grupo 1, o grupo 3 apresentou diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, transitando de procedimentos mais gerais para específicos e retornando a procedimento gerais. A reconciliação integrativa pode ser exemplificada pela seguinte sequência: observação dos materiais e pesquisa (mais gerais), execução do experimento (mais específica), seguida por observação e discussão (mais gerais).

É relevante destacar que o grupo 3 incorporou discussões em duas etapas distintas (3 e 5), indicando envolvimento ativo dos estudantes na resolução do problema. Tal comportamento também havia sido observado nas etapas adotadas pelo mesmo grupo durante a AEI1.

Por fim, o grupo 4 adotou sete etapas na AEI2, sendo elas: (1) adição de água com gás em um béquer e água sem gás em outro; (2) observação; (3) alteração na forma de montagem do sistema; (4) adição de extrato de repolho roxo nos frascos contendo água com e sem gás; (5) conexão das garrafas por meio de rolhas e mangueira; (6) agitação das garrafas; e (7) observação. Assim como os demais grupos, o grupo 4 apresentou diferenciação progressiva, avançando de procedimentos simples para procedimentos mais complexos.

Destaca-se que a etapa 3 revela uma mudança no sistema inicialmente proposto pelo grupo, indicando que após a etapa 2 possivelmente houve uma discussão que levou à decisão de alterar o procedimento. Essa mudança resultou em novos procedimentos e em uma nova etapa de observação.

Embora isso pudesse sugerir reconciliação integrativa, ao considerar que a primeira observação (etapa 2) sucede um procedimento mais complexo, conclui-se que houve apenas diferenciação progressiva.

De modo geral, todos os grupos diferenciaram progressivamente os procedimentos adotados para solucionar o problema da AEI2. No entanto, apenas dois grupos, 1 e 3, realizaram reconciliação integrativa entre as etapas. A presença desses processos sugere indícios de aprendizagem procedimental significativa, evidenciando que, assim como na AEI1, os estudantes demonstraram competência para solucionar problemas. Diferentemente do observado na AEI1, nenhum grupo adotou a mesma quantidade de etapas para solucionar a AEI2, o que indica que a atividade apresentou graus de dificuldade distintos entre os grupos.

Para a AEI3, intitulada “Mudança de coloração nas hortênsias”, as etapas adotas pelos grupos encontram-se no quadro abaixo.

Quadro 9 - Etapas adotadas por cada grupo na atividade investigativa 3

Grupo	Número de etapas para a resolução do problema	Etapas realizadas
1	5	1 Leitura da situação problema; 2 Análise dos itens oferecidos; 3 Adição de água destilada à terra da hortênsia; 4 Mistura da água com a terra; 5 Inserção do papel indicador de pH à mistura.
2	5	1 Pesquisa na internet sobre a influência do pH na coloração das hortênsias; 2 Discussão em grupo; 3 Testes; 4 Novas pesquisas sobre a influência do pH do solo na coloração das hortênsias; 5 Conclusões.
3	6	1 Observação dos materiais disponibilizados para o experimento; 2 Pesquisa na internet sobre a influência do pH na coloração das hortênsias; 3 Compreensão da situação problema; 4 Realização do experimento; 5 Observação e discussão; 6 Conclusões.
4	4	1 Adição de água destilada à terra da hortênsia no béquer; 2 Medição do pH utilizando o papel indicador; 3 Realização de testes; 4 Pesquisa na internet sobre a influência do pH do solo na coloração das hortênsias.

Fonte: Os autores.

O grupo 1 adotou cinco etapas para solucionar o problema proposto na AEI3, sendo elas: (1) leitura da situação-problema; (2) análise dos itens disponibilizados; (3) adição de água destilada ao solo de hortênsia;(4) mistura da água com o solo; e (5) inserção do papel indicador de pH na mistura. A partir das etapas descritas, observa-se que os estudantes realizaram diferenciação progressiva, uma vez que iniciaram por procedimentos mais simples, como a leitura da situação-problema, e avançaram para procedimentos mais complexos, como a inserção do papel indicador de pH. Entretanto, não houve reconciliação

integrativa, pois o grupo não estabeleceu relações entre etapas mais complexas e outros mais simples que permitissem produzir novas articulações entre os procedimentos.

O grupo 2 empregou a mesma quantidade de etapas que o grupo 1, sendo elas: (1) pesquisa na internet sobre a influência do pH na coloração das hortênsias; (2) discussão em grupo; (3) testes; (4) novas pesquisas sobre a influência do pH do solo na coloração das hortênsias; e (5) conclusões. Assim como o primeiro grupo, o grupo 2 realizou diferenciação progressiva entre as etapas. Todavia, diferentemente do anterior, também conseguiu realizar reconciliação integrativa. Como exemplo do primeiro processo, pode-se considerar a relação entre a pesquisa sobre a influência do pH e a realização dos tentes. Já a reconciliação integrativa pode ser representada pela sequência: pesquisa inicial (mais simples), testes (mais complexos) e novas pesquisas (mais simples), evidenciando o retorno a um procedimento mais geral.

Cabe destacar que apenas na AEI3 o grupo 2 incluiu a etapa de discussão em grupo, uma vez que essa etapa não foi mencionada nas AEI1 e AEI2. Essa inclusão pode estar associada a dois fatores: (i) maior interesse do grupo pela terceira atividade investigativa; ou (ii) maior dificuldade enfrentada na AEI3, demandando discussão entre os integrantes para solucionar o problema. O primeiro fato foi identificado por Leal (2019), ao observar que estudantes do 2º ano do Ensino Médio demonstraram maior engajamento em uma AEI cuja temática havia sido proposta pelos próprios alunos, aproximando-se de seus interesses e cotidiano. No estudo, tal engajamento promoveu maior discussão entre os grupos e favoreceu a construção de argumentos.

Para solucionar o problema da AEI3, o grupo 3 adotou seis etapas: (1) observação dos materiais disponibilizados; (2) pesquisa na internet sobre a influência do pH na coloração das hortênsias; (3) compreensão da situação-problema; (4) execução do experimento; (5) observação e discussão; e (6) conclusões. As etapas indicam que o grupo realizou tanto diferenciação progressiva quanto reconciliação integrativa. Como exemplo do primeiro processo, pode-se considerar a passagem da observação dos materiais para a execução do experimento. Já o exemplo de reconciliação integrativa pode ser representado pela sequência: observação (mais simples), execução do experimento (mais complexa) e observação e discussão (mais simples).

A quinta etapa, denominada observação e discussão, pode ser considerada simples, pois a discussão tende a anteceder procedimentos mais complexos, como a realização do experimento, e, no caso analisado, aparece posteriormente, indicando retorno a uma etapa de natureza geral. Além disso, a presença de discussão entre os integrantes evidencia o interesse pela resolução do problema, aproximando os procedimentos adotados pelo grupo 3 daqueles realizados pelo grupo 2.

Ainda no que se refere aos procedimentos adotados pelos grupos para solucionar o problema da AEI3, o grupo 4 discriminou suas ações em quatro etapas: (1) adição de água destilada ao solo no béquer;(2) medição do pH utilizando papel indicador; (3) realização de testes; e (4) pesquisa na internet sobre a influência do pH do sono na coloração das hortênsias. Assim como os demais grupos, o grupo 4

também realizou diferenciação progressiva, avançando de etapas mais simples, como a adição de água, para etapas mais complexas, como a medição do pH e realização de testes.

É importante destacar que o grupo 4 também conseguiu realizar reconciliação integrativa. Esse processo pode ser observado quando se considera a inclusão da etapa 4, que retoma um procedimento mais geral (pesquisa), após uma etapa mais específica (testes), permitindo a realização de um movimento inverso entre complexidade e generalidade.

De modo geral, todos os grupos conseguiram diferenciar progressivamente as etapas adotadas para solucionar o problema da AEI3, resultado semelhante ao observado nas duas primeiras atividades investigativas. Apenas o grupo 1 não realizou reconciliação integrativa entre os procedimentos. Conforme verificado nas análises da AEI1 e da AEI2, os dados da AEI3 confirmam a presença dos processos dinâmicos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, indicando indícios de aprendizagem procedimental significativa e demonstrando que os estudantes possuíam competência para solucionar o problema proposto.

CONCLUSÕES

Três atividades investigativas de caráter experimental, sobre a temática ácidos e bases, foram aplicadas aos grupos de estudantes de Ensino Médio. Para a resolução das atividades, os integrantes dos grupos tiveram acesso a diversos materiais e, nos questionários, deveriam relatar as etapas que adotaram para solucionar cada uma das propostas. Os dados selecionados para este artigo, oriundos desses questionários, indicam que os integrantes dos quatro grupos apresentaram indícios de aprendizagem procedimental significativa, uma vez que os aspectos dinâmicos da estrutura cognitiva, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, foram observados nas etapas descritas.

A esse resultado pode-se atribuir a contribuição das AEI, haja vista que, durante o seu desenvolvimento, os estudantes atuaram como protagonistas, buscando construir hipóteses e conclusões, ou seja, demonstraram predisposição para resolver os problemas apresentados. À luz da teoria ausubeliana, a predisposição para aprender constitui um dos fatores determinantes para que a aprendizagem ocorra de modo significativo.

Neste estudo, torna-se evidente a possibilidade de extrapolação da TAS para além dos conteúdos conceituais, especificamente no que se refere à sua aplicação a conteúdos de natureza procedimental. Nesse sentido, novos estudos devem ser desenvolvidos com o objetivo de reforçar essa possibilidade, utilizando a teoria ausubeliana para investigar indícios de aprendizagem de conteúdos procedimentais e atitudinais.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro e aos estudantes participantes da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, Neusa Maria Costa; COLUCI, Marina Zambon Orpinelli. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 7, p. 3061-3068, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-81232011000800006. Disponível em: https://www.scielo.br/j/csc/a/5vBh8PmW5g4Nqxz3r999vrn/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 24 nov. 2023.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Editora, 2000.

AUSUBEL, David Paul. **Educational psychology:** a cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, David Paul. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Psicología educativa:** un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas, 1976.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. DOI: https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852. Acesso em: 15 jan. 2026.

CASTRO, Monica Rabello de; FERREIRA, Giselle; GONZALEZ, Wania. **Metodologia da pesquisa em educação**. 1. ed. Nova Iguaçu: Marsupial Editora, 2013.

FRASSON, Fernanda; LABURÚ, Carlos Eduardo; ZOMPERO, Andréia de Freitas. Aprendizagem significativa conceitual, procedimental e atitudinal: uma releitura da teoria ausubeliana. **Contexto & Educação**, Ijuí, v. 34, n. 108, p. 303-318, 2019. DOI: https://doi.org/10.21527/2179-1309.2019.108.303-318. Disponível em: https://www.revistas.unijui.edu.br/contextoeducacao/pt_BR/article/view/8840. Acesso em: 27 nov. 2024.

GIBIN, Gustavo Bizarria; FERREIRA, Luiz Henrique. Atividades investigativas voltadas para o desenvolvimento de modelos mentais. *In:* ANTUNES, Ettore Paredes; GIBIN, Gustavo Bizarria (org.). **Ensino de Ciências por investigação**: propostas teórico-práticas a partir de diferentes aportes teóricos. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2021. p. 201-220.

GIBIN, Gustavo Bizarria; SOUZA-FILHO, M. P. **Atividades experimentais investigativas em física e química:** uma abordagem para o ensino médio. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas da pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2024.

KASSEBOEHMER, Ana Claudia; HARTWIG, Dacio Rodney; FERREIRA, Luiz Henrique. **Contém química 2:** pensar, fazer e aprender pelo método investigativo. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015.

LEAL, Rodrigo Rozado. **Experimentação investigativa em química no ensino médio e suas potencialidades para o exercício da argumentação e um ensino centrado no aluno.** 2019. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/235556/001137980.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 04 jun. 2025.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso de. **Pesquisa em educação:** abordagens qualitativas. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2018.

MENEZES, Jean Michel dos Santos. **Atividades experimentais investigativas no ensino de propriedades coligativas:** possibilidades para aprender significativamente. 2018. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/6408. Acesso em: 12 fev. 2025.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa:** a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

NOVAK, Joseph Donald; GOWIN, D. Bob. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Editora, 1984.

PIVA, Gabriela Martins. **Diferentes olhares sobre as contribuições da psicologia da educação na formação inicial de professores de química**. 2022. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2022. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/entities/publication/3a2615f2-f0e0-4c3c-aa75-bdfbb63ab22a. Acesso em: 23 nov. 2024.

POZO, Juan Ignacio. A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos. *In:* COLL, Cesar *et al.*(org.). **Os conteúdos na reforma**: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 19-71.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómes. **A aprendizagem e o ensino de ciências:** do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SILVA, Leonardo Augusto Natércio da. **Ensino por investigação para a aprendizagem significativa de ácidos e bases:** uma análise dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. 2025. Dissertação (Mestrado em Ensino e Processos Formativos) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2025. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/entities/publication/cf42c4ca-5257-444b-9fb9-2e4be2b53ca. Acesso em: 17 jan. 2026.

SUART, Rita de Cassia; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. O processo de reflexão orientada como metodologia para a formação inicial docente: almejando a abordagem de ensino por investigação na educação básica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 27, n. 2, p. 93-115, 2022. DOI: https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n2p93. Disponível em: https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n2p93. Acesso em: 15 fev. 2025.

TORLIG, Eloisa; RESENDE JUNIOR, Pedro; FUJIHARA, Ricardo; DEMO, Gisela; MONTEZANO, Lana. Proposta de validação para instrumentos de pesquisa qualitativa (Vali-Quali). **Administração**: ensino e pesquisa, Rio de Janeiro v. 23, n. 1 p. 5–31, 2022. DOI: https://doi.org/10.13058/raep.2022.v23n1.2022. Disponível em: https://raep.emnuvens.com.br/raep/article/view/2022. Acesso em: 25 jan. 2026.

Submetido: 05/02/2026
Correções: 13/09/2026
Aceite Final: 24/09/2026