

**Análise de uma sequência didática em equilíbrio ácido-base no 2º ano do ensino médio**

Analysis of a didactic sequence on acid-base balance in the 2<sup>nd</sup> year of high school  
Análisis de una secuencia didáctica sobre el equilibrio ácido-base en 2º de secundaria

Juliane Santos de Melo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0008-6758-3315>  
Alexandre Mascarenhas Miranda<sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0008-6990-8080>  
Amanda Paixão de Jesus<sup>3</sup> <https://orcid.org/0009-0001-3216-6377>  
Ester Nascimento Santos<sup>4</sup> <https://orcid.org/0009-0004-4765-4535>  
José Vieira do Nascimento Júnior<sup>5</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5220-7984>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana – Feira de Santana, Bahia, Brasil; [julimllo1998@gmail.com](mailto:julimllo1998@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana – Feira de Santana, Bahia, Brasil; [alexandre.masc17@gmail.com](mailto:alexandre.masc17@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana – Feira de Santana, Bahia, Brasil; [amandapaixaoj1@gmail.com](mailto:amandapaixaoj1@gmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana – Feira de Santana, Bahia, Brasil; [esteruefs@gmail.com](mailto:esteruefs@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana – Feira de Santana, Bahia, Brasil; [jvjunior@uefs.br](mailto:jvjunior@uefs.br)

**RESUMO:** Este trabalho trata da criação e análise de um dispositivo experimental para o ensino e a investigação em conceitos de equilíbrio ácido-base solução no Nível Médio. A experimentação se deu na disciplina Química, tendo como participantes alunos de uma turma do 2º ano da rede pública, no município de Feira de Santana, Bahia. Estudantes de Licenciatura em Química conduziram a investigação como professores e pesquisadores. Seu objetivo foi analisar como se dá a interação do aluno com um meio específico que contém um dispositivo experimental, como parte de uma estratégia de ensino do tema equilíbrio químico ácido-base. A metodologia se baseou na elaboração e aplicação de um experimento envolvendo a determinação do *pH* do meio por indicador natural. A sequência didática visou o ensino de conceitos e noções como as de equilíbrio químico, modelo de ácido de Arrhenius e sistema tampão. A validação da sequência didática se deu a partir do confronto das análises prévias, análises *a priori* e *a posteriori*, após a experimentação. O quadro teórico adotado se deu a partir de elementos da metodologia da Engenharia Didática de primeira geração, de Michele Artigue (1989) e da Teoria das Situações Didáticas, de Guy Brousseau (2008). A análise dos dados experimentais e da atividade científica tiveram lugar fundamental nesse processo, rumo à possível aprendizagem. Os principais resultados da pesquisa corroboram as expectativas durante a etapa de validação do método, o que foi constatado no avanço da linguagem dos alunos através do avanço conceitual. 60% do obstáculo verbalismo foi superado, em que as respostas esperadas foram dadas, com a experimentação contribuindo para dar significado aos conceitos. Embora houvesse persistência de obstáculos substancialistas, com apenas de 20% de avanço, esses dados revelam que o modelo didático testado proporcionou condições favoráveis ao aprendizado.

**Palavras-chave:** ensino de química; professores em formação; experimentação.

**ABSTRACT:** This article deals with the creation and analysis of an experimental device for teaching and investigating concepts of acid-base solution balance at the High School Level. The experiment took place in the Chemistry discipline, with 2nd year public students, in the city of Feira de Santana, Bahia. Chemistry degree students conducted the investigation as teachers and researchers. The objective was to analyze how the student interacts with a specific medium that contains an experimental device, as part of a teaching strategy on the topic of acid-base chemical balance. The methodology was based on the elaboration and application of an experiment involving the determination of the *pH* in water solution using a natural indicator. The didactic sequence aimed to teach concepts and notions such as chemical equilibrium, Arrhenius acid model, and buffer system, and the validation of the didactic sequence based on the comparison of previous analyses, *a priori* analysis, and *a posteriori* analysis, after experimentation. The theoretical framework came from elements of the first-generation Didactic Engineering methodology, proposed by Michele Artigue (1989) and the Theory of Didactic Situations, proposed by Guy Brousseau (2008). The analysis of experimental data and scientific activity played a fundamental role in this process, towards possible learning. The main outcomes of the research corroborate the expectations during the validation stage, which was verified in the advancement of students' language through conceptual advancement. 60% of verbalism obstacle were overcome, in which the expected answers were given, with experimentation contributing to giving meaning to the concepts. Although substantial obstacles persisted, with only 20% progress, these data revealed that the tested didactic model provided advanced conditions for learning.

**Keywords:** chemistry teaching; teacher's education; experimentation.

**RESUMEN:** Este trabajo trata de la creación y análisis de un dispositivo experimental para la enseñanza e investigación de conceptos de equilibrio de soluciones ácido-base en el nivel secundario. El experimento se desarrolló en la disciplina Química, con participantes de una promoción de 2º año de una escuela pública, en la ciudad de Feira de Santana, Bahía. Los estudiantes de la carrera de química realizaron la investigación como docentes e investigadores. Su objetivo fue analizar cómo interactúa el estudiante con un medio específico que contiene un dispositivo experimental, como parte de una estrategia de enseñanza sobre el tema del equilibrio químico ácido-base. La metodología se basó en la elaboración y aplicación de un experimento que consistió en la determinación del *pH* del medio, utilizando un indicador natural. La secuencia didáctica tuvo como objetivo enseñar conceptos y nociones como equilibrio químico, modelo ácido de Arrhenius y sistema tampón. La validación de la secuencia didáctica a partir de la comparación de análisis previos, análisis *a priori* y *a posteriori*, después de la experimentación. El marco teórico adoptado se basó en elementos de la metodología de la Ingeniería Didáctica de primera generación, de Michele Artigue (1989), y de la Teoría de las Situaciones Didácticas, de Guy Brousseau (2008). Los análisis de datos experimentales y de la actividad científico jugó un papel fundamental en este proceso, hacia un posible aprendizaje. Los principales resultados de la investigación corroboran las expectativas durante la etapa de validación del método, lo que se verificó en los avances del lenguaje de los estudiantes a través del avance conceptual. Se superaron el 60% de los obstáculos del verbalismo, en los que se dieron las respuestas esperadas, contribuyendo la experimentación a dar significado a los conceptos. Si bien persistieron obstáculos sustancialistas, con sólo un 20% de avance, estos datos revelan que el modelo didáctico probado proporcionó condiciones favorables para el aprendizaje.

**Palabras clave:** enseñanza de química; docentes en formación; experimentación.

## Introdução

Este trabalho aborda situações didáticas no ensino de conceitos de ácido, base e solução tampão em meio aquoso numa abordagem experimental. O uso didático da noção de Equilíbrio Químico Termodinâmico pode contribuir para o modo de pensar a Química a partir dessa abordagem. Devido ao nível de abstração que envolve o tema, a sua didatização passa pela contextualização verbal, em língua natural. Por isso, sequências didáticas, definidas por Brousseau (2008) como situações de ensino que envolvem o debate entre professor e o aluno e conhecimento em torno de um meio didático são bem-vindas.

## Contextualização

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o tema equilíbrio termodinâmico tem sua razão de ser nos currículos da disciplina Química dos cursos do Ensino Médio e Superior e se justifica pela relevância do saber sobre as reações ácido-base para o domínio da Química. Quais são as habilidades e competências que essa área preconiza? Para o Ensino Médio, a habilidade de realizar previsões, a partir do uso de conceitos como ácido, *pH* e Tampão, sobre o comportamento de processos que envolvem situações cotidianas para o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas (BRASIL, 2017, p. 556)<sup>1</sup>. Dentre esses conteúdos implícitos temos leis da termodinâmica; cinética e equilíbrio químico.

Do ponto de vista didático, há uma grande dificuldade no ensino e aprendizagem do tópico equilíbrio químico, especialmente no Ensino Médio. A compreensão teórica dos objetos do neste tópico requer um grande trabalho de reflexão pelo aluno devido ao seu alto grau de abstração. Isso exige o domínio de vários conceitos vinculados, não menos abstratos. Por isso, condições de aprendizagem bem específicas são necessárias. Essa especificidade passa pela compreensão de noções matemáticas (BROUSSEAU, 2008) e por extrapolação das noções das ciências empíricas matematizadas, como a Física e a Química. Isso requer que o modo como trabalha o professor sirva como paradigma para o ensino-aprendizagem de objetos dessas ciências - primeiro pensar o objeto, depois formalizá-lo.

Por isso, atividades experimentais trazem um importante componente didático para o processo de aquisição do conhecimento – aqui da Físico-Química. A isso se soma também os

---

<sup>1</sup> Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica. Brasília: MEC; SEB; DICEI, 2013. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192). Acesso em: 16 out. 2017. (p. 113-114) e [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf).

conhecimentos antigos do aluno – obstáculos epistemológicos – que foi introduzido por Bachelard (1996) e desempenham um papel central nessa construção.

Essa ideia de Bachelard é centrada no modo de fazer ciência. Como os cientistas, os estudantes enfrentam desafios cognitivos e psicológicos [barreiras mentais] ao adquirir e desenvolver o conhecimento científico. Elas podem dificultar a compreensão e a aceitação de novas teorias ou conceitos científicos. De acordo com Araújo et. al. (2020), os principais obstáculos no contexto da Química, que se destacam no ensino de soluções tampão, são os substancialista e verbal. Portanto, relataremos a aplicação de Situações Didáticas (BROUSSEAU, 2008), identificando obstáculos epistemológicos a partir do funcionamento da atividade do aluno.

## **Problema de pesquisa**

A questão-problema ligada às dificuldades decorrentes desses possíveis obstáculos foi a seguinte: Condições proporcionadas por um experimento com indicadores ácido-base a partir de materiais acessíveis favorecem o aprendizado de alunos do Ensino Médio de conceitos de equilíbrio ácido-base?

Nossa hipótese de trabalho é a de que situações didáticas com o uso da experimentação colaboram para uma melhor forma de compreender como as soluções tampão em equilíbrio ácido-base se comportam em meio aquoso.

## **Objetivo**

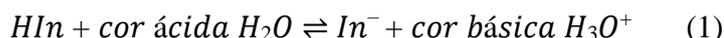
Avaliar como se dá a interação do aluno com um meio específico que contém o dispositivo experimental, como parte de uma estratégia de ensino de equilíbrio químico ácido-base.

## **Objetivos específicos**

- I. Identificar obstáculos epistemológicos do aluno;
- II. Favorecer de modo ativo o desenvolvimento de habilidades epistêmicas no aluno como o debate, formulação de ideias e o uso da linguagem química, o que resultará em efetivo desenvolvimento do domínio em equilíbrio ácido-base;
- III. Inserir estratégias que incorporem dispositivo experimental ao meio didático para observação dos fenômenos ácido-base, provocando uma reflexão que aproxime o aluno da linguagem química.

## Marco teórico

O fenômeno estudado, o comportamento de um sistema ácido-base em apresenta uma característica importante: a coloração do meio. Esta é dada pela ação de um indicador, que é um ácido orgânico fraco, cuja coloração da forma não dissociada difere daquela exibida pela sua base conjugada. O mesmo comportamento se aplica às bases fracas – vide equação (1).



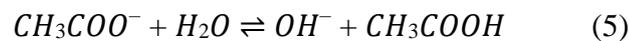
Feitas as devidas adaptações, a relação algébrica entre o *pH* do meio e a concentração das espécies químicas envolvidas no equilíbrio é semelhante nos dois casos (SKOOG, et al., 2010). Partindo da expressão da constante de equilíbrio para a dissociação iônica de um indicador ácido, temos o que mostra uma relação direta entre a concentração do íon hidrônio  $[H_3O^+]$  ou, assim representado, e a razão entre as concentrações da forma molecular do  $[H^+]$  indicador ácido e sua base conjugada,  $[HIn]/[In^-]$ , equação (2). É a magnitude desta razão que vai determinar a intensidade da coloração do meio. Esse meio, a depender da sua composição, pode ser tamponado.

$$K_a = [H_3O^+][In^-]/[HIn] \Rightarrow [H_3O^+] = K_a [HIn]/[In^-] \quad (2)$$

De acordo com Skoog et al (2006, p. 237), “uma solução tampão resiste a variações no *pH* decorrentes da diluição ou da adição de ácidos ou bases”. Geralmente as soluções tampão são preparadas a partir de um par ácido-base conjugado como ácido acético/acetato de sódio, vide Equações (3) e (4). Nas Equações (5) e (6) representamos o equilíbrio do par conjugado acetato/ácido acético em que a água atua como ácido. O equilíbrio ácido fraco-base conjugada que envolve o ácido acético do vinagre em meio aquoso, além daquele que envolve o leite de vaca, cujos principais componentes responsáveis pelo efeito tampão são o íon fosfato e proteínas (KALIL; FALCÃO, 2003), serão usados na fase da experimentação da Engenharia Didática, Nas equações (4) e (6) as constantes  $K_a$  e  $K_b$ , são de ionização ácida e básica, respectivamente. Quando o *pH* e o  $pK_a$  em dado equilíbrio são muito próximos e o meio resiste à adição de solvente ou ácidos, em certos limites de concentração, mantendo o *pH* variando muito pouco (SKOOG, 2006, p. 236). O aprofundamento matemático deste tema não cabe neste artigo, além disso, os conceitos químicos aqui introduzidos foram principalmente os propostos por Arrhenius.



$$K_a = [H_3O^+][CH_3COO^-] / [CH_3COOH] \quad (4)$$



$$K_b = [CH_3COOH][OH^-] / [CH_3COO^-] \quad (6)$$

Os principais obstáculos epistemológicos relativos à aquisição desses conceitos são o verbalismo<sup>2</sup> e o substancialismo<sup>3</sup> (BACHELARD, 1996). Além desses, é comum na faixa etária dos alunos no Ensino Médio conceber acidez de Arrhenius como obstáculos ao avanço da compreensão de outros modelos de ácido e base como os Brønsted-Lowry e Lewis que se estende para equilíbrio em outros solventes como a amônia,  $NH_3$  ou o etanol,  $CH_3CH_2OH$ .

O professor ao ensinar esse conteúdo deve ter em mente que de um modo geral, nos livros didáticos a abordagem desse tema se dá pelo formalismo, o que não tem trazido bons resultados. Por isso, propomos uma abordagem experimental, combinada paralela ao debate a partir das concepções espontâneas dos alunos. Podemos também recorrer ao uso das analogias - usadas com parcimônia - pois elas fornecem uma visão parcial do comportamento ácido, ficando sua totalidade incompleta pelas visões metafóricas dos objetos da Química.

Diante destes problemas, propusemos uma referência bibliográfica, neste modelo epistemológico para o professor, adotada no Ensino Superior, que assegure uma visão teórica mais completa sobre o tema, Douglas Skoog et al. (2006).

## Aporte teórico-metodológico

Esse aporte se dá pela lente teórica de pressupostos da Teoria das Situações Didáticas (TSD) (BROUSSEAU, 2008) e da Engenharia Didática (ED) – aqui Engenharia (ARTIGUE, 1989; ALMOULOU, 2022).

A TSD e a ED trazem princípios teóricos em comum como a noção de engenharia didática como metodologia de pesquisa e como criação de situações de ensino (didáticas). Tanto a TSD como a ED criam as condições de compreender a aprendizagem matemática, e por extensão, às ciências matematizadas (BROUSSEAU, 2008), sendo que a engenharia se compõe

<sup>2</sup> Bachelard (1996) define obstáculo verbal (verbalismo) com aquele que está diretamente relacionado com a generalização “por induzir conceitos de diferentes fenômenos partindo de uma única palavra ou imagem.” (VILAS BOAS; SOUZA FILHO, 2018, p. 6).

<sup>3</sup> Segundo Bachelard (1996), o obstáculo substancialista ou substancialismo é constituído por intuições muito dispersas e até opostas. Por uma tendência quase natural, o espírito pré-científico condensa num objeto todos os conhecimentos em que esse objeto desempenha um papel, sem se preocupar com a hierarquia dos papéis empíricos. Atribui à substância qualidades diversas, tanto a qualidade superficial como a qualidade profunda, tanto a qualidade manifesta como a qualidade oculta.” (idem, p. 121).

de quatro fases: análises preliminares, análise a priori, experimentação ou aplicação de uma sequência didática, análise a posteriori e a validação (ARTIGUE, 1989; GERMANO, 2016, p. 35).

Os principais fatores identificados neste estudo que interferem nos processos de ensino dos conteúdos foram a opção didática e os obstáculos epistemológicos. Esses achados servirão de objeto de análise nas nossas discussões. Tais fatores serão mais bem abordados nas análises a posteriori e validação.

Com o intuito de modelar o processo de Ensino-Aprendizagem dos conceitos adotamos a classificação das situações didáticas da TSD nas etapas ou fases de: ação, formulação, devolução, validação e institucionalização. De modo a convergirem para os objetivos da investigação na fase da institucionalização do saber, que se caracteriza pelo estabelecimento de convenções sociais e onde a intenção do professor é revelada. Assim, se dá sentido de um conhecimento, que pode ser encontrado pelo próprio aluno através da trama de raciocínios e reformulações, provas, formalizações, enfim, “onde o saber é identificado sistematizado e reconhecido” (POMMER, 2008, p. 8).

Outro aspecto relevante desta teoria é que adotamos nas análises “o que é uma situação? Segundo Brousseau (2008), “uma situação é um modelo de interação de um sujeito com um meio específico que determina um certo conhecimento, como recurso de um sujeito que dispõe para alcançar ou conservar, nesse meio, um estado favorável” (p. 19). Assim, Brousseau (2008) caracteriza uma situação tida como didática, como sendo delineada por atividades que envolvem o professor e o aluno. Já em uma situação adidática, componente importante de uma situação didática, se define como uma situação na qual a intenção de ensinar não é revelada, mas foi imaginada, planejada etc. pelo professor para proporcionar condições favoráveis à apropriação do novo saber que se deseja ensinar a cada indivíduo (ALMOULOU, 2022).

Do ponto de vista metodológico, para o ensino e a investigação, a construção, realização, observação e análise de situações didáticas, têm validação confirmada ou não nos moldes das análises *a priori* e *a posteriori*, próprios da Engenharia Didática (ARTIGUE, 1989; ALMOULOU, 2022).

Nas análises prévias se define o objeto de estudo e os objetivos da investigação, situando-os no contexto de pesquisas desenvolvidas, identificando aspectos que interferem no processo de ensino e aprendizagem; na análise *a priori* se constroem as situações didáticas – contendo experimentos; na experimentação se coloca em funcionamento o dispositivo elaborado na análise *a priori*; na análise *a posteriori* se testam as hipóteses que são confrontadas através da análise *a priori* a partir os resultados da experimentação, o que pode ou não validar

esses resultados. Vale ressaltar que essa ordem é metodológica, não cronológica, necessariamente (NASCIMENTO JR; NASCIMENTO, 2020).

## Metodologia

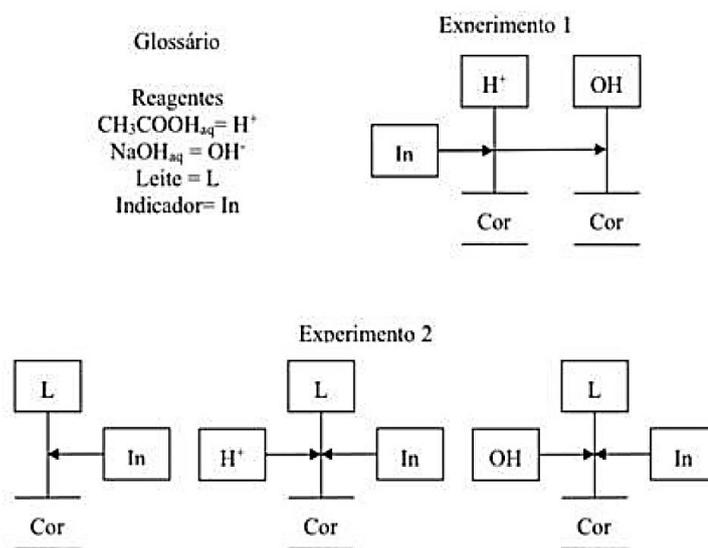
A pesquisa foi conduzida em um colégio público do município de Feira de Santana, numa turma do 2º ano de Ensino Médio, envolvendo 25 alunos 2º ano, distribuídos em cinco grupos, além de quatro professores de Química em formação da UEFS, durante duas aulas de 50 minutos, no mês de maio de 2023.

A metodologia de investigação adotada pode ser considerada como pesquisa participante, onde os procedimentos focam avaliar a validade do dispositivo experimental na formação de conceitos. Essa validação poderá se dar mediante a confrontação dos resultados das análises prévias e a priori com a análise a posteriori, em particular, as concepções dos alunos serviram como variáveis didáticas nesse processo. Os instrumentos de coleta de dados foram as observações em classe pelos professores e os questionários respondidos pelos alunos antes e após a experimentação.

As questões aplicadas antes e depois do experimento foram: (a) O que é uma solução ácida? (b) O que é uma solução básica? (c) O que é um sistema tampão/solução tampão?

As respostas às questões (a), (b) e (c) foram dadas em frequência nesta ordem na Tabela 1, com as principais observações da aplicação da metodologia, e o experimento realizado está esquematizado na Figura 1.

Figura 1 - Aparato experimental da situação didática



Fonte: Os autores

Na análise das concepções expressas nas respostas dos alunos, a quantificação do avanço conceitual considerou o universo dos 25 alunos, repartidos igualmente em 5 grupos. O percentual de avanço levou em conta a resposta de cada grupo e não respostas individualizadas. Assim, se apenas um grupo avançou em dado conceito, seu avanço foi de  $(5/25) \times 100 = 20\%$ .

A etapa da experimentação da engenharia aplicada se dividiu em duas partes: (a) o professor prepara um indicador ácido-base com repolho roxo. Em seguida, faz o teste anotando a cor do meio com duas soluções ao misturar 50 mL do indicador com 200 mL de uma solução ácida (vinagre incolor), em seguida adiciona-se 50 mL do indicador a 200 mL de solução básica (NaOH,  $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ ); (b) determinar a coloração do meio ao adicionar 50 mL do indicador a 50 mL de leite de vaca e, em seguida, faz o mesmo procedimento acrescentando 50 mL de indicador a 100 mL do vinagre e 50 mL do leite, depois adiciona-se 50 mL do indicador a 100 mL de NaOH aquoso e 50 mL de leite.

## Resultados e discussão

Após analisar aspectos da epistemologia do objeto nas análises prévias, a exemplo do seu desenvolvimento histórico, sua estrutura conceitual, os obstáculos que podem ser ou não superados, e da revisão bibliográfica, procedemos à construção das situações e análise *a priori*.

A elaboração de uma sequência de situações-problema foi modelada para duas aulas (1) e (2) – uma micro engenharia didática. A experimentação foi conduzida em dois momentos em cada aula. No primeiro momento da 1ª aula procedeu-se à etapa de ação – resolução do questionário, que foi distribuído entre cinco grupos de alunos com cinco participantes. A fase da formulação das respostas – discussão interna em cada grupo e entre os grupos, antecedeu a aplicação do experimento (1) – de indicadores de repolho roxo, que correspondeu ao segundo momento da 1ª aula, isto é, a determinação do *pH* do ácido acético e da soda cáustica. Neste experimento eles anotaram a cor dos meios ácido e alcalino, segundo o esquema da Figura 1.

Na 2ª aula, o primeiro momento – validação de conceitos por teoremas em ação – consistiu de uma exposição por partes dos professores a respeito das propriedades das soluções tampão, onde os alunos individualmente foram conduzidos a um debate sobre o objeto tampão, em torno dos conceitos de acidez, basicidade equilíbrio e *pH*. No segundo momento da aula procedeu-se ao experimento (2) sistemas tampão com os grupos de alunos. Após a realização do experimento (2), foi solicitado pelos professores aos alunos, responderem ao mesmo questionário da aula anterior, de onde se seguiram as etapas de ação e formulação (ambas adidáticas), da validação e institucionalização, respetivamente, com a participação dos quatro

professores. Essa fase de experimentação da engenharia, portanto, foi realizada considerando as diferentes interações (aluno-situação, aluno-aluno, aluno-professor) e nos meios didático e adidático.

O conjunto de dados gerados na experimentação se constituiu de: (a) observações realizadas durante as sessões de ensino e (b) das produções dos alunos em sala de aula. As variáveis didáticas para as análises foram a abordagem, ou seja, o questionário foi aplicado antes dos dois experimentos – o mesmo questionário aplicado após os dois experimentos; além dos obstáculos evidenciados no processo.

A seguir apresentamos algumas das concepções dos alunos na forma de respostas antes da experimentação que merecem destaque sobre o que é um ácido: “Possui a capacidade de preservar e proteger algo por dentro, por exemplo, a casca da laranja”; “É uma solução que forma um ácido”; “É uma composição formada por ácido”; e “Quando a quantidade de íons  $H_3O^+$  é maior do que a quantidade de íons  $OH^-$ . Com  $pH < 7$ ”. Essas concepções denotam substancialismos e verbalismo para explicar as propriedades dos ácidos. As concepções de ácido após a experimentação foram: “Uma solução tem um pH menor que 7. Possuem íons de  $H_3O^+$  maior que o básico  $OH^-$ ”; “É uma solução que tem alta concentração de íons  $H^+$ ”; “É uma substância que quando colocada em água libera íons  $H^+$ ”; “É uma substância que quando colocada em água libera íons  $H^+$ ”; “Quando a quantidade de íons  $H_3O^+$  é maior do que a quantidade de íons  $OH^-$ . Com  $pH < 7$ ; e Soluções ácidas possuem excesso de íons de hidrogênio o pH é menor que sete”.

Nessas respostas já houve um avanço no entendimento conceitual sobre os ácidos de Arrhenius; eles mencionaram termos como íons em solução, a grandeza química concentração e escala de *pH*. Isso revela que as concepções anteriores – obstáculos epistemológicos – foram ao menos abandonadas parcialmente o verbalismo e substancialismo, em favor de um conhecimento novo sobre os ácidos. No quadro 1 se encontra o quantitativo dos obstáculos observados nas respostas dos alunos e porcentagem de avanço conceitual sobre ácidos, bases e solução tampão antes e após a experimentação.

**Quadro 1-** Obstáculos observados nas respostas dos alunos e porcentagem de avanço conceitual antes e após a experimentação

Pergunta	Antes do experimento (a)	Após o experimento (b)	Avanço (%)
(a)	Verbalismo	Superado	60
	Verbalismo tautológico	Não superado	20
	Sem obstáculo aparente	Mesma resposta	20
(b)	Substancialismo: atribui basicidade à espécie OH <sup>-</sup>	Superado	60
		Não superado	20
		Mesma resposta	20
(c)	Substancialismo	Superado em parte.	20
	trouxeram um teorema em ação: verbalismo.	Tomaram a propriedade pelo termo pH.	60
	Verbalismo: mencionou a noção de <i>equilíbrio</i> químico equivocadamente.	Tampão “é uma solução que mantém o pH em equilíbrio.”	20
	Uso de uma palavra fora do contexto – “tampa” – ao invés de tampão. Verbalismo.	Houve avanço parcial ao afirmarem que tampão “É uma substância que faz com que o pH não se altere facilmente”	20
	Uso concepções falhas em conceitos que estruturam o <i>tema</i> como mistura e fase de um sistema, que atuaram obstáculos.	Não houve avanço na compreensão das propriedades das soluções tampão	20

Fonte: Os autores.

A validação das situações revelou que os alunos entenderam facilmente os dados do problema e puderam se engajar na resolução, usando seus conhecimentos disponíveis na fase da ação pois o verbalismo foi amplamente superado (60%); as situações colocaram em jogo um campo conceitual que se desejou efetivamente explorar e no qual o conhecimento está inserido; as concepções antigas dos alunos foram insuficientes para a resolução completa do problema pois os obstáculos ligados a elas impedem uma visão conceitual embasada no modelos ácido-base modernos. Mas esses conhecimentos prévios foram mobilizados para a compreensão e

expressão ao menos certas noções como as de indicador, ácido, base, e de como essas espécies se comportam de acordo com meio; de acordo com a confrontação entre os objetivos e hipóteses levantadas na análise a priori, ao menos os objetivos específicos de identificar obstáculos epistemológicos além de proporcionar condições favoráveis ao ensino-aprendizagem mediante o uso da linguagem química e dos experimentos foram expressarem e pelas novas respostas no segundo questionário (teoremas em ação).

## Considerações Finais

Neste estudo, discorremos sobre os aspectos metodológicos e teóricos no ensino de conceitos ligados à noção de equilíbrio termodinâmico ácido-base, particularmente à definição de *pH* de solução tampão. As análises baseadas em pressupostos da ED e de elementos da TSD possibilitaram uma previsão de possíveis respostas de alunos, identificar obstáculos epistemológicos e construir um modelo de ensino e pesquisa tendo como dispositivo um aparato experimental. Esse modelo didático serve à formação de professores de Química e elaboração de tarefas para o Ensino. O dispositivo e seus desdobramentos didáticos foram validados ao longo da investigação de acordo com a Metodologia da Engenharia.

Os obstáculos epistemológicos inicialmente detectados nos teoremas em ato expressos pelos alunos – principalmente verbalismo e substancialismo - tiveram um avanço nas etapas de ação, formulação, validação e institucionalização dos conceitos. Isso ficou caracterizado pela linguagem química expressa nas respostas dos alunos, que foi próxima das esperadas sobre questionamentos nos fenômenos investigados – o comportamento ácido-base e solução tampão de leite. Por fim, esse modelo de análise está em aberto, para futuros aprofundamentos que contribuam para o desenvolvimento do pensar quimicamente no Ensino Médio.

## Referências

ALMOULOUD, S. A. **Fundamentos da Didática da Matemática**. 2. ed. Editora da UFPR, 2022. v. 1. 344 p.

ARAÚJO, R. B.; DE ABREU, F.; GONÇALVES, D.; IAMAMOTO, Y. I. Sistema tampão em sala de aula: mediações pedagógicas na formação inicial de professores de química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 6, n. 2, p. 194-214, 2020.

ARTIGUE, Michèle. Ingénierie didactique. **Publications mathématiques et informatique de Rennes**, n. S6, p. 124-128, 1989.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 314 p.

BROUSSEAU, G. **Introdução ao estudo das situações didáticas**: conteúdos e métodos de ensino. Tradução de Camila Bogéa. São Paulo: Ática, 2008.

GERMANO, J. G. C. **Uma proposta de abordagem dos números complexos com o uso do Geogebra**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Fortaleza, 2016.

NASCIMENTO JUNIOR, J. V. NASCIMENTO, N. M. B. V.; **Ensino de conceitos geométricos em artes na escola básica**: usos do tangram na metodologia da engenharia didática. Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

POMMER, W. M. **Brousseau e a ideia de Situação Didática**. SEMA – Seminários de Ensino de Matemática/ FEUSP – 2º Semestre. São Paulo, p. 1-10, 2008.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. 1. ed. de 2006. trad. Marco Tadeu Grassi. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2006.

#### **SOBRE O/AS AUTOR/AS**

**Juliane Santos de Melo**. Graduanda em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Feira de Santana.

Contribuição de autoria: Autora do trabalho - <http://lattes.cnpq.br/0080185786092596>

**Alexandre Mascarenhas Miranda**. Graduando em Licenciatura em Química pela UEFS. Integrante do grupo de pesquisa NAMNO. Bolsista de iniciação científica em geociências pela FAPESB.

Contribuição de autoria: Coautor do trabalho - <http://lattes.cnpq.br/4729591125509395>

**Amanda Paixão de Jesus**. Graduanda em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS.

Contribuição de autoria: Coautora do trabalho - <http://lattes.cnpq.br/9775893200052395>

**Ester Nascimento Santos**. Graduanda em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS. Contribuição de autoria: Coautora do trabalho - <http://lattes.cnpq.br/0017496397862510>

**José Vieira do Nascimento Júnior**. Doutor em Química pela UFBA. Docente na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Coordenador do projeto Integração da webbing para na formação em Matemática e Físico-Química na UEFS.

Contribuição de autoria: Docente Orientador: <http://lattes.cnpq.br/8970842282202972>

#### **Como citar**

MELO, Juliane Santos de.; MASCARENHAS, Alexandre Miranda; JESUS, Amanda Paixão de.; SANTOS, Ester Nascimento; NASCIMENTO JÚNIOR, José Vieira do. Análise de uma sequência didática em equilíbrio ácido-base no 2º ano do ensino médio. **Revista de Estudos em Educação e Diversidade**, Itapetinga, v. 04, n. 11, p. 1-13, jan./dez. 2023.