

DOI: 10.46943/XI.CONEDU.2025.GT01.032

O USO DO SOFTWARE GEOGEBRA NO CÁLCULO DA MEDIDA DO PH: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR BASEADA NA SEQUÊNCIA FEDATHI

Rosalide Carvalho de Sousa¹Karine Arnaud Nobre²Caroline de Goes Sampaio³Daniel Bandão Menezes⁴

RESUMO

Considerando alguns desafios acerca do processo de ensino e aprendizagem de ciências, este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta didática interdisciplinar para o ensino de Química e Matemática, estruturada em uma sequência didática que integra o cálculo do pH de soluções e a aplicação de logaritmos, com suporte do software GeoGebra. Essa abordagem visa proporcionar aos professores um modelo de ensino que propicia uma compreensão aprofundada da relação entre concentração de íons de hidrogênio e as funções logarítmicas, promovendo habilidades de cálculo e de análise crítica. A proposta didática foi embasada na metodologia da Sequên-

1 Doutoranda em Ensino pela Rede Nordeste de Ensino (RENOEN) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, rosalidecarvalho@hotmail.com;

2 Doutoranda em Ensino pela Rede Nordeste de Ensino (RENOEN) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, karine.arnaud@gmail.com;

3 Doutora em Química pela Universidade Federal do Ceará - UFC, carolinesampaio@ifce.edu.br;

4 Doutor em Educação pela Universidade Federal do Ceará - UFC, brandao.menezes@uece.br;

cia Fedathi (SF), cujas quatro fases – Tomada de Posição, Maturação, Solução e Prova - estruturaram a sequência didática proposta, almejando o desenvolvimento do raciocínio lógico e interpretação dos fenômenos químicos. O uso do GeoGebra possibilita a visualização dinâmica de gráficos logarítmicos e da simulação da variação do pH, favorecendo a compreensão da escala não linear e suas aplicações em contextos ambientais e biológicos, contribuindo para a transposição de abstrações matemáticas para fenômenos tangíveis. Esta pesquisa, de abordagem qualitativa, fundamenta-se em Atkins, Jones e Laverman (2018) para os conceitos químicos, Dante (2018) para os aspectos matemáticos e Borges Neto (2018) e Menezes (2018, 2019) no campo da didática. A proposta explora não apenas ácidos e bases fortes e fracas, mas também o comportamento do pH em soluções tampão. Como principais resultados, espera-se que os professores aprimorem práticas pedagógicas por meio de um modelo didático que auxilie os estudantes no desenvolvimento da capacidade de correlacionar operações matemáticas e fenômenos químicos, além de ampliar sua percepção sobre a relevância do pH em diferentes contextos. A combinação da SF com ferramentas tecnológicas fortalece estratégias para reduzir lacunas conceituais, estimular o engajamento e consolidar conexões entre disciplinas, evidenciando o potencial das metodologias ativas aliadas a recursos digitais no ensino científico.

Palavras-chave: Logaritmos, Sequência Fedathi, GeoGebra, Interdisciplinaridade, Potencial hidrogeniônico.

INTRODUÇÃO

O ensino de Química na Educação Básica ainda se apresenta como um desafio para os professores, sobretudo quando os conceitos abordados exigem a utilização de cálculos matemáticos para sua compreensão. De acordo com Oliveira *et al.* (2017), um dos principais fatores que dificultam o ensino e a aprendizagem de conceitos de Química é a maneira como os alunos percebem a disciplina: eles a consideram complexa, pois envolve cálculos, equações, simbologias específicas e interpretações abstratas.

Tais dificuldades, entretanto, não se restringem à Química. A Matemática também enfrenta desafios semelhantes, nos quais as aulas permanecem centradas na memorização de fórmulas e procedimentos algébricos, desconectadas da realidade e sustentadas em um modelo expositivo tradicional (Sousa, 2021). Essa estrutura fragmentada do ensino impede a construção de significados integrados e a compreensão dos fenômenos científicos em sua complexidade.

Diante desse cenário, a abordagem interdisciplinar entre Química e Matemática emerge como uma estratégia pedagógica promissora, capaz de favorecer o raciocínio lógico, a contextualização e o desenvolvimento do pensamento científico. O presente estudo busca explorar essa conexão ao propor um ensino que integre o estudo das funções logarítmicas com o conceito de pH e a concentração de íons hidrogênio $[H^+]$, de modo a tornar visível a relação entre fenômeno químico e representação matemática.

Este artigo apresenta uma proposta de sequência didática interdisciplinar, fundamentada na Sequência Fedathi (SF). A SF é uma metodologia que valoriza o papel mediador do professor e o protagonismo intelectual do estudante, desenvolvida com o propósito de aprimorar o processo de ensino e aprendizagem. Segundo Felício *et al.* (2021), seu foco está no método, ou seja, nos caminhos que o professor percorre em sala de aula, utilizando uma abordagem investigativa e reflexiva, que conduz o

estudante à autonomia e à descoberta de conceitos por meio da problematização.

Nesse contexto, a proposta articula três pilares complementares: a mediação docente orientada pela Sequência Fedathi, a integração conceitual entre Matemática e Química e o uso de tecnologias digitais, especificamente o *software* GeoGebra, como ferramenta de visualização e experimentação conceitual. O uso do GeoGebra permite explorar, de forma dinâmica, a variação da concentração de íons e o comportamento da função logarítmica, evidenciando a não linearidade da escala de pH. No âmbito da Química, o pH é definido por $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$, relação que expressa a natureza logarítmica da escala e sua sensibilidade a variações de ordem de grandeza na concentração iônica (Atkins; Jones; Laverman, 2018).

A questão que orienta esse estudo é: *Como estruturar uma sequência didática que integre o ensino do cálculo do pH de soluções e a aplicação de logaritmos, utilizando a metodologia da Sequência Fedathi como estratégia pedagógica interdisciplinar?* Com base nessa problemática, o objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de sequência didática interdisciplinar para o ensino de Química e Matemática, estruturada de modo a integrar o cálculo do pH e a aplicação de logaritmos, com o apoio do *software* GeoGebra e os princípios metodológicos da Sequência Fedathi.

A seguir, apresenta-se um embasamento teórico sobre o ensino de funções logarítmicas, conceitos de pH, ácidos, bases e soluções, além de uma discussão sobre a Sequência Fedathi, à luz da literatura especializada e de estudos que abordam práticas pedagógicas investigativas e inovadoras no contexto interdisciplinar.

REFERENCIAL TEÓRICO

A interdisciplinaridade no ensino de Ciências e Matemática constitui um dos principais desafios e, ao mesmo tempo, uma das mais promissoras possibilidades da educação contemporânea. Mais do que uma

junção de conteúdos, Fazenda (2008) ressalta que a interdisciplinaridade implica um diálogo epistemológico entre diferentes áreas do conhecimento, capaz de promover a construção de significados compartilhados e a compreensão de fenômenos sob múltiplas perspectivas. Lima e Ramos (2017) complementam que a interdisciplinaridade deve ser entendida como uma atitude pedagógica, em que o professor assume o papel de mediador entre saberes, rompendo com a lógica fragmentada que ainda estrutura grande parte do currículo escolar.

No campo específico da Química e da Matemática, essa integração se mostra particularmente necessária, uma vez que diversos conceitos químicos dependem de representações matemáticas para serem compreendidos de modo quantitativo e conceitual. O estudo do pH, por exemplo, envolve simultaneamente noções químicas, como a concentração de íons H^+ e OH^- , e conceitos matemáticos como potências e logaritmos, que traduzem a relação exponencial entre concentração e acidez.

Faulstich, Nogueira e Beck (2020), ao analisarem livros didáticos do Ensino Médio, identificaram que as conexões entre Química e Matemática são frequentemente apresentadas de forma superficial, restritas a exemplos pontuais, sem explorar a natureza interdisciplinar dos fenômenos ou o potencial formativo da modelagem matemática. De acordo com Dante (2018), o ensino da Matemática deve partir de situações contextualizadas e significativas, que permitam ao estudante compreender o uso dos conceitos na resolução de problemas concretos e desenvolver o raciocínio lógico de forma integrada a outros campos do conhecimento.

A ausência dessa integração contribui para a persistência da visão compartimentalizada dos saberes, na qual o aluno é levado a memorizar fórmulas químicas e procedimentos algébricos sem compreender suas origens conceituais. Segundo Sousa (2021), o ensino tradicional da Matemática e da Química tende a privilegiar a reprodução de procedimentos, reduzindo o estudante a um papel passivo e dificultando o desenvolvimento de competências investigativas e argumentativas.

Diante disso, o ensino interdisciplinar deve favorecer a contextualização e a resolução de problemas reais, possibilitando que os alunos compreendam a Matemática como uma linguagem que estrutura e explica os fenômenos químicos e naturais. Essa perspectiva é reforçada por Machado e Giroto Júnior (2019), ao discutirem o movimento STEM/STEAM education, que propõe a integração entre Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática. Para os autores, a abordagem interdisciplinar e investigativa rompe a lógica linear dos conteúdos e favorece aprendizagens mais criativas, colaborativas e voltadas à compreensão dos fenômenos.

Nesse sentido, a utilização de recursos digitais como o GeoGebra potencializa a mediação interdisciplinar, pois permite a visualização e manipulação de variáveis em tempo real. O ambiente digital favorece a aprendizagem ativa, experimental e investigativa, transformando abstrações matemáticas em representações visuais que dialogam com os conceitos químicos. Ao explorar, por exemplo, a relação entre a concentração de íons hidrogênio $[H^+]$ e o pH, o estudante observa o comportamento da função logarítmica $y = -\log(x)$ e compreende de forma intuitiva a não linearidade da escala de acidez, consolidando a conexão entre teoria e fenômeno.

A proposta didática aqui apresentada se fundamenta na Sequência Fedathi (SF), metodologia de ensino centrada na problematização e na mediação docente intencional. Felício *et al.* (2021) explicam que a SF é estruturada em quatro fases: (i) Tomada de Posição; (ii) Maturação; (iii) Solução; e (iv) Prova, que orientam o professor na condução do processo investigativo em sala de aula. A postura docente, mais do que o conteúdo em si, é o elemento determinante da aprendizagem, uma vez que cabe ao professor instigar o aluno a justificar, argumentar e validar suas próprias descobertas, em vez de apenas reproduzir respostas.

Dessa forma, a Sequência Fedathi torna-se um instrumento de integração entre o método e o conteúdo, possibilitando a construção de um ambiente de aprendizagem em que o estudante atua como sujeito epistêmico, elaborando hipóteses, testando conjecturas e estabelecendo conexões entre diferentes campos do saber. Quando associada ao uso de

tecnologias digitais e a temas interdisciplinares, como o estudo do pH e das funções logarítmicas, a SF potencializa a aprendizagem significativa e o desenvolvimento do pensamento científico.

Oliveira *et al.* (2017) já destacavam que um dos principais fatores que dificultam a aprendizagem em Química é a percepção de complexidade atribuída pelos estudantes à disciplina, que muitas vezes enxergam os cálculos e representações simbólicas como barreiras intransponíveis. A inserção de metodologias investigativas e recursos digitais permite reconfigurar essa percepção, aproximando o conhecimento científico da realidade do aluno e valorizando o processo de construção coletiva do saber.

Por fim, o referencial teórico que sustenta esta proposta se apoia na convergência entre três eixos: (1) a interdisciplinaridade entre Química e Matemática, que amplia a compreensão dos fenômenos científicos; (2) a Sequência Fedathi, que orienta a mediação docente e a aprendizagem investigativa; e (3) o uso de tecnologias digitais como o GeoGebra, que favorece a visualização e a experimentação conceitual. Essa tríade metodológica oferece base sólida para o desenvolvimento de sequências didáticas inovadoras, críticas e interativas, capazes de ressignificar o ensino tradicional e promover aprendizagens mais autônomas e significativas.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa e caráter teórico-metodológico, voltada à elaboração de uma proposta didática interdisciplinar para o ensino de Química e Matemática no Ensino Médio. O objetivo da metodologia, neste caso, não é relatar a aplicação da proposta, mas descrever o processo de sua concepção, fundamentação e estruturação.

A proposta foi construída a partir de pressupostos teóricos que valorizam a mediação docente, a interdisciplinaridade e o uso de tecnologias digitais, articulando o ensino de funções logarítmicas e o cálculo do pH. Como referencial de orientação metodológica, adotou-se a Sequência

Fedathi (SF), que organiza o processo de ensino-aprendizagem em suas quatro fases, nas quais o professor atua como mediador intencional, conduzindo o estudante da problematização à generalização conceitual (Felício *et al.*, 2021). Conforme Borges Neto (2018), o papel do professor na Sequência Fedathi ultrapassa a função de transmissor de conteúdos: ele atua como condutor do raciocínio, propondo desafios, observando o processo de construção e intervindo de forma planejada para favorecer a autonomia intelectual do aluno.

O processo de construção da proposta ocorreu em três etapas complementares, descritas a seguir:

1. *Etapa de fundamentação teórica*: consistiu em um levantamento de referenciais sobre interdisciplinaridade entre Química e Matemática (Faulstich; Nogueira; Beck, 2020; Lima; Ramos, 2017; Machado; Giroto Júnior, 2019), sobre o uso de metodologias investigativas (Felício *et al.*, 2021) e sobre a integração de recursos digitais no ensino (Sousa, 2021). Essa etapa permitiu delimitar as bases epistemológicas e pedagógicas que orientariam a proposta.
2. *Etapa de seleção e integração de conteúdos*: definiu-se o tema gerador “pH e Função Logarítmica”, considerando sua relevância interdisciplinar e sua presença nos currículos da área de Ciências da Natureza e Matemática. Foram mapeadas as competências e habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018) relacionadas ao pensamento científico, à argumentação e à resolução de problemas, de modo a garantir a aderência curricular.
3. *Etapa de desenvolvimento do recurso digital e da sequência didática*: nessa fase, foi criado um *applet* interativo no software GeoGebra, com controles deslizantes que permitem variar a concentração de íons hidrogênio $[H^+]$ e observar, em tempo real, a variação do pH. O ambiente inclui elementos visuais dinâmicos, como a mudança de cor da bolinha indicadora (representando

acidez ou basicidade) e o gráfico da função $y = -\log(x)$, que ajuda a compreender a natureza não linear da escala de pH.

A construção do *applet* seguiu os princípios da SF, de modo que cada parte do recurso correspondesse a uma etapa do processo investigativo: a problematização inicial, a exploração manipulativa, a formulação de hipóteses e a sistematização de conclusões. Além disso, o design do recurso foi guiado pelos critérios de acessibilidade, clareza visual e coerência conceitual, de forma que qualquer professor do Ensino Médio possa utilizá-lo como suporte para práticas interdisciplinares. Os intervalos de $[H^+]$ e os exemplos de referência (sangue, vinagre, bases domésticas) foram parametrizados a partir da literatura química de referência (Atkins; Jones; Laverman, 2018).

Por fim, a metodologia contemplou a validação interna do material didático, realizada por meio de análise de coerência pedagógica, observando três dimensões principais: o alinhamento vertical, entre objetivos, atividades e habilidades desenvolvidas; o alinhamento horizontal, entre conteúdos de Química e Matemática; e a aderência metodológica à Sequência Fedathi, garantindo que o recurso preserve a lógica de mediação investigativa.

Desse modo, a metodologia deste trabalho não se encerra na elaboração técnica do *applet*, mas compreende a sistematização de um modelo didático coerente, fundamentado teoricamente e alinhado às demandas contemporâneas do ensino interdisciplinar.

RESULTADOS ESPERADOS E DISCUSSÃO

Fundamentada nos referenciais teóricos apresentados, elaborou-se uma proposta de sequência didática de caráter teórico-reflexivo, voltada ao ensino interdisciplinar de Matemática e Química, tendo como tema central a relação entre o cálculo do pH e as funções logarítmicas. A estrutura metodológica da proposta adota a Sequência Fedathi (SF),

que organiza a prática pedagógica em quatro etapas: Tomada de Posição, Maturação, Solução e Prova (Menezes, 2018).

A sequência foi estruturada de modo que os estudantes investiguem, formulem hipóteses e resolvam problemas, aliando teoria e prática ao explorar os conceitos mobilizados por meio do uso do GeoGebra. Essa ferramenta permite visualizar a relação entre a concentração de íons hidrogênio $[H^+]$ e o valor de pH a partir da função $y = -\log(x)$, o que facilita a compreensão da natureza não linear da escala de acidez.

A seguir, apresenta-se a proposta da sequência didática, organizada segundo as quatro fases da Sequência Fedathi, acompanhada de orientações sobre os recursos e sugestões ao professor. A construção pode ser acessada na comunidade GeoGebra.org por meio do endereço eletrônico: <https://www.geogebra.org/m/ng6gxte8>.

(I) TOMADA DE POSIÇÃO – INTRODUÇÃO AO TEMA

Objetivos: despertar a curiosidade e provocar o questionamento sobre o significado do pH e a natureza logarítmica da escala.

Recursos: rótulos de produtos, folhas para anotações, calculadora científica ou aplicativo de celular.

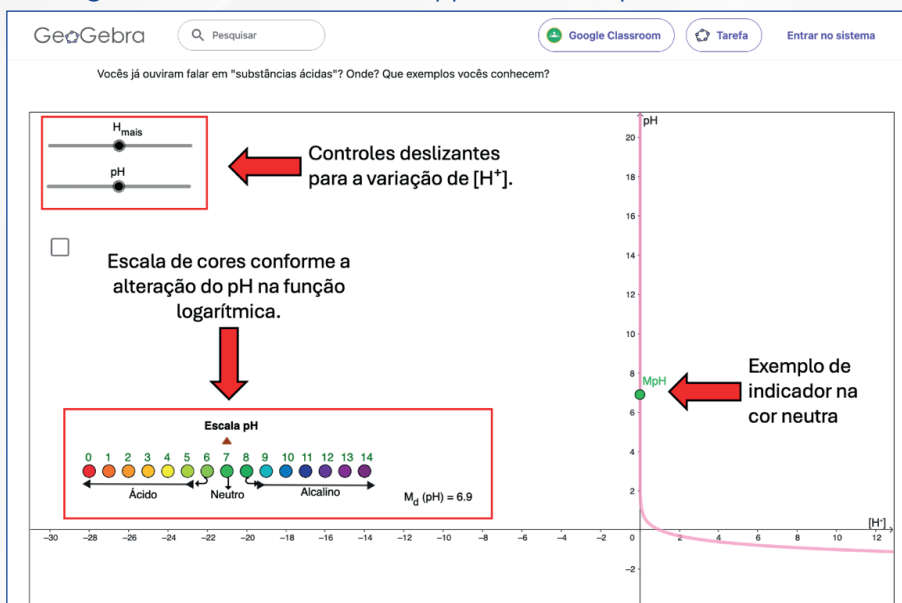
Tempo estimado: 1 aula.

Nesta etapa, o professor busca despertar a curiosidade dos estudantes e sondar seus conhecimentos prévios sobre acidez, basicidade e escalas numéricas. Em duplas, os alunos recebem rótulos de produtos do cotidiano (vinagre, shampoo, leite, sabão líquido) que mencionam o pH, sendo convidados a discutir: “O que vocês acham que significa pH? Se um produto indica pH 4,5 e outro pH 7,0, essa diferença é pequena ou grande?”

Em seguida, o docente apresenta o desafio-problema:

“Uma solução de limão tem pH 2 e uma de tomate pH 4. Isso significa que o limão é duas vezes mais ácido que o tomate? Como a Matemática pode nos ajudar a entender essa escala e provar nossa resposta?”

Figura 1 – Interface inicial do *applet* interdisciplinar no GeoGebra



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A ferramenta apresenta controles deslizantes para variação da concentração $[H^+]$ e cálculo automático do pH, criando condições para a exploração investigativa.

(II) MATURAÇÃO: ATIVIDADE PRÁTICA COM O GEOGEBRA

Objetivos: explorar empiricamente a função logarítmica e compreender a relação inversa entre $[H^+]$ e pH; promover a integração entre Matemática e Química por meio de representações gráficas.

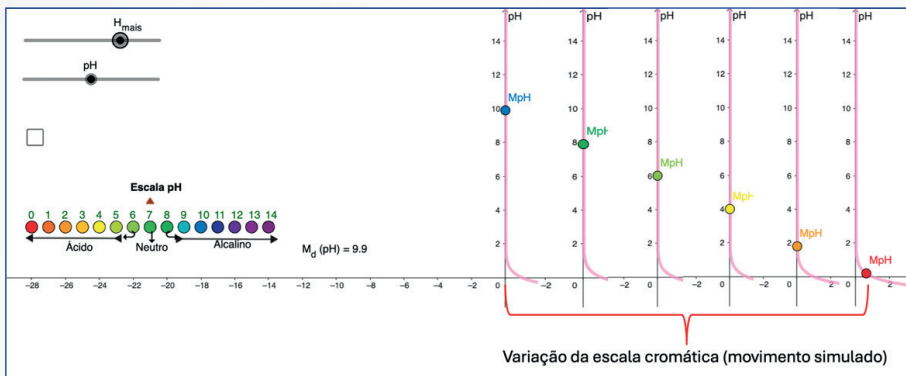
Recursos: projetor multimídia, computador com GeoGebra, dispositivos móveis com acesso ao aplicativo.

Tempo estimado: 2 aulas.

Nesta fase, os alunos passam à exploração empírica dos conceitos, manipulando o *applet* criado no GeoGebra. O professor orienta para que insiram valores progressivos de $[H^+]$ e observem como o pH varia no eixo y, compreendendo que pequenas alterações na concentração resultam em grandes variações na escala.

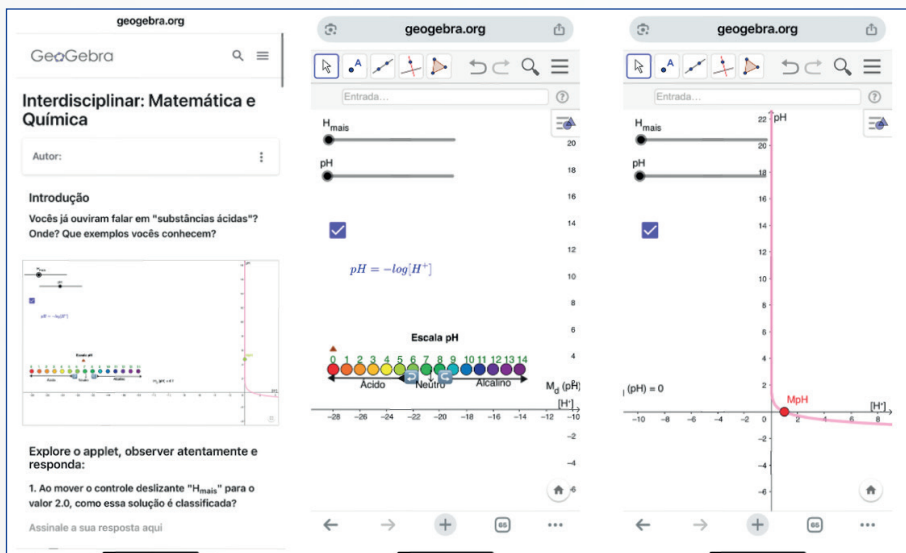
Os estudantes percebem visualmente que, ao mover o controle deslizante, a bolinha muda de cor, indicando a variação entre soluções ácidas (vermelhas), neutras (verdes) e básicas (azuladas), conforme o valor de pH. Essa mudança cromática reforça a interpretação química do conceito e aproxima a abstração matemática de uma representação concreta.

Figura 2 – Variação cromática do marcador de pH durante o uso do *applet*



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Figura 3 – Visualização do *applet* GeoGebra em dispositivo móvel



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Ao movimentar o controle deslizante, observa-se a alteração de cor e do valor de pH, visualizando a relação inversa entre $[H^+]$ e pH (Figura 2). Além disso, a interface responsiva do GeoGebra permite a exploração da atividade em celulares (Figura 3), facilitando o acesso dos estudantes ao controle deslizante e à escala cromática do pH. Essa versão móvel amplia a usabilidade da proposta e viabiliza sua aplicação em contextos escolares com recursos tecnológicos variados.

(III) SOLUÇÃO: DISCUSSÃO COLETIVA E APROFUNDAMENTO CONCEITUAL

Objetivos: Estimular a argumentação científica e a justificativa de raciocínios; compreender a lógica da escala logarítmica do pH; relacionar os conceitos de acidez e basicidade com a variação de $[H^+]$.

Recursos: *applet* GeoGebra, quadro branco, registros em caderno, capturas de tela dos gráficos e tabelas produzidas.

Tempo estimado: 1 aula.

Após a exploração inicial no *applet* e a manipulação das variáveis de concentração $[H^+]$, os estudantes compartilham suas observações e iniciam uma discussão coletiva para compreender a relação entre acidez e função logarítmica. Nesse momento, o professor atua como mediador epistêmico (Menezes, 2018), instigando os alunos a justificar matematicamente suas interpretações e a argumentar com base nos resultados observados.

As questões 1 a 6 do *applet* são especialmente úteis nesta fase, pois permitem consolidar e ampliar as observações feitas durante a Maturação.

Questões recomendadas:

- Q1: classificação da solução (ácida, básica ou neutra) ao variar $[H^+]$;
- Q2: significado dos limites da escala de 0 a 14;
- Q3: identificação do tipo de função exibida no gráfico;

- Q4: descrição da relação entre o aumento/diminuição de $[H^+]$ e o valor de pH;
- Q5: interpretação do pH do sangue (7,4) e sua classificação;
- Q6: estimativa do pH de uma solução de limpeza (comparando valores e cores). Essas atividades conduzem o estudante à compreensão conceitual da escala de pH como função logarítmica, estimulando-o a perceber que a cada aumento de dez vezes na concentração de íons H^+ , o valor do pH diminui em uma unidade.

Durante a discussão, o professor pode registrar as respostas no quadro e solicitar que os grupos justifiquem suas escolhas com base nos cálculos realizados e nas representações gráficas do *applet*, incentivando o uso do vocabulário matemático e químico. Dois exemplos de questões do *applet* voltadas para esta fase da SF seguem na Figura 4.

Figura 4 – Exemplos de questões disponíveis no *applet*

3. O gráfico apresentado no *applet* representa uma função do tipo:

Assinale a sua resposta aqui

A (A) Quadrática.

B (B) Modular.

C (C) Exponencial.

D (D) Logarítmica.

E (E) Trigonométrica

VERIFIQUE MINHA RESPOSTA (3)

4. No *applet*, mova o controle deslizante " H_{mais} " da concentração de $[H^+]$. Descreva o que acontece com o valor do pH quando:

(A) A concentração de H^+ aumenta?

(B) A concentração de H^+ diminui?

Que tipo de relação matemática existe entre $[H^+]$ e o pH?

Aa π Digite sua resposta aqui...

VERIFIQUE SUA RESPOSTA

Fonte: Elaboração dos autores (2025).

As perguntas integradas ao *applet* favorecem a reflexão e a argumentação, permitindo ao estudante associar a variação do pH ao comportamento da função logarítmica.

(IV) PROVA: SISTEMATIZAÇÃO E GENERALIZAÇÃO DOS CONCEITOS

Objetivos: Aplicar os conceitos a contextos reais e ambientais; consolidar a compreensão da função logarítmica como representação de fenômenos químicos; e desenvolver pensamento crítico e capacidade de generalização.

Recursos: *applet* GeoGebra, slides de apoio, diário de bordo, calculadora científica e materiais de referência (BNCC, livros didáticos).

Tempo estimado: 1 aula.

Na etapa final, o objetivo é validar e generalizar o conhecimento construído, permitindo que os alunos apliquem o raciocínio desenvolvido a novas situações e reconheçam a aplicabilidade da Matemática em contextos reais da Química e do meio ambiente.

Para essa fase, as questões 7 a 10 do *applet* são especialmente indicadas, pois envolvem cálculos, interpretações e comparações que exigem análise e generalização.

Questões recomendadas:

- Q7: comparação entre soluções A e B com concentrações diferentes, explorando o impacto da variação de $[H^+]$ sobre o pH;
- Q8: estudo contextualizado de águas de rios (tema ambiental), aplicando a equação $pH = -\log[H^+]$ para calcular e interpretar resultados;
- Q9: construção de tabela relacionando substâncias (leite, refrigerante, leite de magnésia) com seus valores de $[H^+]$ e pH, classificando-as;
- Q10: comparação entre duas soluções com $[H^+]$ diferentes (10^{-2} e 10^{-5} mol/L), verificando a razão logarítmica e discutindo se “duas vezes mais ácido” tem sentido matemático.

Essas atividades sintetizam o ciclo investigativo da Sequência Fedathi: o aluno retoma o problema inicial (diferença entre o limão e o tomate),

utiliza o formalismo matemático aprendido (função logarítmica) e generaliza o conceito para novas situações (rios, produtos, tabelas comparativas).

O professor finaliza promovendo uma discussão avaliativa, em que os grupos apresentam suas respostas e justificativas. A turma elabora coletivamente uma síntese conceitual, formalizando a expressão $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ e explicando, em linguagem natural, o porquê de a escala ser logarítmica e não linear.

Figura 5 – Aplicação das questões do *applet* em contextos ambientais e cotidianos

8. Movimento o controle deslizante "H_{mais}" no *applet* e responda.

a) A análise de um determinado afluente (rio) mostrou que a quantidade de íons hidrônios (H⁺) presentes era igual a 1.0×10^{-6} mol/L. Sabendo que é normal encontrar as águas de rios e lagos com pH variando entre 4 e 9, o valor do pH da água analisada é:

Assinale a sua resposta aqui

A (A) -6.
B (B) 1.
C (C) 5.
D (D) 6
E (E) 8

VERIFIQUE MINHA RESPOSTA (3)

O pH é definido pela seguinte fórmula matemática: $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$
Onde:

- pH é o "potencial hidrogeniônico".
- [H⁺] é a concentração molar (em mol/L) dos íons hidrogênio (H⁺).
- \log_{10} é o logaritmo na base 10.
- O sinal negativo (-) na frente garante que o valor do pH seja um número positivo na maioria dos casos.

b) Utilize a informação apresentada acima para comprovar sua resposta.

As π Digite sua resposta aqui...

VERIFIQUE SUA RESPOSTA

Fonte: Elaboração dos autores (2025).

As questões finais integram interpretação química, cálculo logarítmico e argumentação científica, promovendo a generalização dos conceitos aprendidos, o que vai de encontro aos princípios da SF. Como coloca Menezes (2019, p. 227) “a Sequência Fedathi é um meio para que o bom professor desenvolva bons alunos, que saibam, executem e criem”. O Quadro 1 resume as fases da sequência didática, os objetivos de aprendizagem e os recursos empregados, integrando as atividades no *applet* GeoGebra.

Quadro 1 – Proposta de sequência didática interdisciplinar de Matemática e Química

Etapa	Descrição das atividades	Objetivos pedagógicos	Recursos
1. Tomada de posição: Introdução ao tema	Em duplas os alunos recebem rótulos de produtos do cotidiano (vinagre, água sanitária, shampoo, leite) que mencionam o pH ou termos como “ácido” e “básico”. Discussão orienta: <i>O que vocês acham que significa “pH”? Um rótulo diz “pH 4,5”. Outro diz “pH 7,0”. Qual é a diferença real entre eles? É uma diferença pequena ou grande? O professor apresenta um desafio: “Uma solução de limão tem pH 2 e uma de tomate tem pH 4. Isso significa que o limão é duas vezes mais ácido que o tomate? Como a matemática pode nos ajudar a entender essa escala e provar nossa resposta?”</i>	Despertar a curiosidade e sondar conhecimentos prévios sobre acidez e escala de pH (Plateau).	Rótulos de produtos. Folhas para anotações ou um “diário de bordo” para registrar hipóteses e cálculos. Calculadora científica (pode ser a do celular).
2. Maturação: Atividade prática	Os alunos exploram o applet no GeoGebra, manipulando o controle deslizante que varia a concentração $[H^+]$ e observando a variação do pH. A cor da bolinha muda conforme o nível de acidez. Constroem o gráfico da função $f(x) = -\log(x)$.	Explorar empiricamente a base conceitual de Química sobre a concentração de íons H^+ . Introduzir ou revisar o conceito matemático de logaritmo. Compreender a relação inversa entre $[H^+]$ e pH e visualizar a natureza logarítmica da escala..	Projektor multimídia e computador com GeoGebra. Dispositivos dos alunos (celulares, <i>tablets</i> ou <i>notebooks</i>) com acesso ao GeoGebra.
3. Solução: Discussão Coletiva	Discussão dos resultados e comparação das soluções (limão e tomate). Elaboração de explicações escritas ou orais com justificativas matemáticas e químicas.	Desenvolver argumentação científica e raciocínio interdisciplinar..	Quadro branco, caderno, calculadora científica ou do celular, Gráficos no GeoGebra.



Etapa	Descrição das atividades	Objetivos pedagógicos	Recursos
4. Prova: Sistematização e generalização	O professor formaliza a equação $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ e propõe novo desafio: chuva ácida, sangue, detergentes. Sugere-se que os alunos elaborem como atividade um mini-relatório. A turma, com a mediação docente, discute as soluções e consolida o aprendizado.	Transferir o conhecimento para novos contextos e consolidar a aprendizagem interdisciplinar.	Recursos digitais, <i>Slides</i> , diário de bordo dos alunos.

Fonte: Elaboração própria com base em Menezes (2018), Felício, Menezes e Borges Neto (2020; 2021).

O Quadro 1 cumpre a função de síntese visual da proposta, evidenciando o encadeamento lógico das etapas da Sequência Fedathi e o papel da tecnologia como mediadora da aprendizagem interdisciplinar. Essa organização permite ao docente adaptar a proposta à sua realidade de ensino, mantendo a coerência metodológica e os objetivos formativos.

A proposta apresentada estabelece uma estrutura didático-pedagógica voltada ao desenvolvimento da investigação, em consonância com Lorenzato (2012), privilegiando um ensino por descobertas, mediado pela experimentação e orientado para “ensinar a pensar” matematicamente. Nessa perspectiva, o professor atua como mediador que provoca a reflexão, fomenta a formulação de problemas e conduz os estudantes à busca autônoma de soluções. Quando estruturada com base nos princípios e conceitos da Sequência Fedathi, a sequência valoriza o percurso formativo do aluno, respeitando seus tempos, estratégias e erros como partes legítimas do processo de aprendizagem (Felício; Menezes; Borges Neto, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta didática apresentada demonstrou o potencial de integração entre Matemática e Química como meio de promover aprendizagens significativas e contextualizadas no Ensino Médio. Fundamentada nos

princípios da Sequência Fedathi, a estrutura elaborada visa transformar o ensino de conteúdos tradicionalmente abstratos, como o cálculo do pH e as funções logarítmicas, em experiências investigativas, reflexivas e interdisciplinares, nas quais o estudante atua como protagonista do processo de construção do conhecimento.

O uso do GeoGebra como ferramenta mediadora revelou-se um elemento central para a visualização e experimentação conceitual, possibilitando a manipulação de variáveis, o acompanhamento das mudanças gráficas em tempo real e o desenvolvimento de raciocínio científico apoiado na observação de fenômenos. As questões integradas ao *applet* contribuem para a argumentação e para a consolidação da aprendizagem, permitindo que o aluno relacione representações algébricas, químicas e gráficas em um mesmo ambiente digital.

A Sequência Fedathi mostrou-se especialmente adequada à condução dessa proposta, pois estrutura o percurso cognitivo do estudante, indo da problematização inicial à generalização dos conceitos, de forma coerente e investigativa. Ao respeitar os tempos, estratégias e erros dos alunos, o professor assume o papel de mediador epistêmico, estimulando o raciocínio autônomo e o diálogo entre diferentes saberes.

Como resultados esperados, destaca-se que a implementação dessa sequência em contextos escolares pode favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico e científico, a superação da fragmentação curricular entre as áreas de Ciências da Natureza e Matemática, a ampliação do interesse dos estudantes por atividades experimentais e digitais e o fortalecimento da postura investigativa docente diante de desafios conceituais.

Por fim, sugere-se a aplicação empírica da proposta em turmas reais como etapa futura de pesquisa, de modo a avaliar o impacto efetivo dessa abordagem no aprendizado dos estudantes e a refinar o modelo proposto com base em evidências. Acredita-se que iniciativas como esta contribuem para a consolidação de metodologias interdisciplinares apoiadas

em tecnologias digitais, alinhadas às competências da BNCC e aos princípios de uma educação científica crítica, colaborativa e integrada.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa foi desenvolvida com o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

BORGES NETO, H. **Sequência Fedathi**: fundamentos. Curitiba: CRV, 2018. v. 3.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular – BNCC**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/bncc_ensino_medio.pdf. Acesso em: 21 out. 2025.

DANTE, L. R. **Matemática**: contexto & aplicações. 3. ed. São Paulo: Ática, 2018.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade**: história, teoria e pesquisa. 14. ed. Campinas: Papirus, 2008.

FAULSTICH, V. L.; NOGUEIRA, N. N.; BECK, V. C. Uma análise da interdisciplinaridade entre Química e Matemática em livros didáticos de Matemática do Ensino Médio. **Educar Mais: Revista da Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação CAVG**, v. 2, n. 1, p. 1-18, 2020.

FELÍCIO, M. S. N. B.; MENEZES, D. B.; BORGES NETO, H. Formação Fedathi generalizável: metodologia de formação de professores. **Boletim Cearense de Educação e História da Matemática (BOCEHM)**, Fortaleza, v. 7, n. 19, p. 24-40, 2020. DOI: <https://doi.org/10.30938/bocehm.v7i19.2906>

FELÍCIO, M. S. N. B.; MENEZES, D. B.; BORGES NETO, H. Sequência Fedathi para mudança de prática: estudo de caso de uma experiência com o teatro científico. **Revista Teias**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 64, p. 132-150, jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.12957/teias.2021.50751>

LIMA, V. M. do R.; RAMOS, M. G. Percepções de interdisciplinaridade de professores de Ciências e Matemática: um exercício de análise textual discursiva.

Revista Lusófona de Educação, Lisboa, v. 36, n. 36, 2017. DOI: <https://doi.org/10.24140/issn.1645-7250.rle36.11>

LORENZATO, S. **O Laboratório de ensino de Matemática na formação de professores**. Campinas: Autores Associados, 2012.

MACHADO, E. da S.; GIROTTO JÚNIOR, G. Interdisciplinaridade na investigação dos princípios do STEM/STEAM education: definições, perspectivas, possibilidades e contribuições para o ensino de Química. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 1, n. 2, p. 43-57, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/Sci-Nat/article/view/2492>. Acesso em: 21 out. 2025.

MENEZES, D. B. **O ensino do cálculo diferencial e integral na perspectiva da Sequência Fedathi**: Caracterização do comportamento de um bom professor. 128 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

MENEZES, D. B. O “bom professor” e o “professor bom” sob a perspectiva do Pensamento Matemático Avançado de Tall e da sequência Fedathi de Borges Neto. In: BORGES NETO, H. (org.). **Sequência Fedathi: interfaces com o pensamento pedagógico**. Coleção Sequência Fedathi, v. 4. Curitiba: CRV, 2019. (p. 215-230).

OLIVEIRA, A. L. S. de.; NETTO, D.; CASSAL, J. B. K.; GENEROSO, M. G.; SILVA, W. P. da.; SANTOS, C. M. F. dos. Matemática aplicada na química: ensino de equações logarítmicas no cálculo do ph. In: **6º SICT-Sul-Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense**. 2017.

SOUSA, R. C. de. **Engenharia Didática de Formação**: uma aplicação do GeoGebra com os alunos da Universidade Estadual Vale do Acaraú no ensino do conceito de volume. 2021. 283 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2021.