REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

APLICAÇÃO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (PBL) NA DETERMINAÇÃO COMPLEXOMÉTRICA DE ÓXIDO DE ZINCO EM MEDICAMENTOS: UM RELATO NO ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA QUANTITATIVA PARA O CURSO DE FARMÁCIA

APPLICATION OF PROBLEM-BASED LEARNING (PBL) IN THE COMPLEXOMETRIC DETERMINATION OF ZINC OXIDE IN PHARMACEUTICALS: A REPORT ON QUANTITATIVE ANALYTICAL CHEMISTRY EDUCATION FOR THE PHARMACY COURSE

Ciências Exatas e da Terra • 16/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/794654164

Francisco José Mininel[1]

Silvana Márcia Ximenes Mininel[2]

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar as contribuições da Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning – PBL) no ensino de Química Analítica Quantitativa para estudantes do curso de Farmácia, por meio de uma situação-problema envolvendo a determinação complexométrica de óxido de zinco (ZnO) em uma formulação farmacêutica. A proposta pedagógica foi desenvolvida ao longo de quatro semanas, com 28 estudantes do terceiro período do curso de Farmácia, organizados em quatro grupos tutoriais. A atividade fundamentou-se na adaptação dos sete passos do PBL, partindo de um cenário contextualizado de controle de qualidade farmacêutico, no qual os estudantes foram desafiados a avaliar a conformidade de uma amostra comercial cujo rótulo declarava 15% (m/m) de ZnO. A investigação ocorreu mediante pesquisa bibliográfica, discussões colaborativas, interpretação de dados analíticos e resolução de cálculos estequiométricos relacionados à titulação complexométrica com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA). Os resultados da análise dos dados simulados indicaram um teor de 3,345% (m/m) de ZnO, significativamente inferior ao valor nominal declarado e à faixa de especificação considerada no estudo (13,50% a 16,50%). As discussões desenvolvidas pelos grupos evidenciaram a mobilização de conhecimentos sobre equilíbrio químico, complexação, estequiometria e análise volumétrica, além da articulação entre fundamentos químicos e situações relacionadas à atuação profissional farmacêutica. Conclui-se que a utilização do PBL constituiu uma estratégia didático-pedagógica relevante para favorecer a autonomia intelectual, o raciocínio analítico, a aprendizagem colaborativa e a compreensão da aplicação da Química Analítica Quantitativa no controle de qualidade de medicamentos.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Problemas; Química Analítica Quantitativa; Titulação complexométrica; Óxido de zinco; Ensino de Farmácia.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the contributions of Problem-Based Learning (PBL) to the teaching of Quantitative Analytical Chemistry to Pharmacy students through a problem-based scenario involving the complexometric determination of zinc oxide (ZnO) in a pharmaceutical formulation. The pedagogical proposal was developed over four weeks with 28 third-semester Pharmacy students, organized into four tutorial groups. The activity was based on an adaptation of the seven steps of PBL and began with a contextualized pharmaceutical quality control scenario in which students were challenged to assess the compliance of a commercial sample whose label declared 15% (w/w) ZnO. The investigation involved bibliographic research, collaborative discussions, interpretation of analytical data, and stoichiometric calculations related to complexometric titration using ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA). The analysis of simulated data indicated a ZnO content of 3.345% (w/w), significantly below the declared nominal value and the specification range considered in the study (13.50% to 16.50%). The discussions developed by the groups demonstrated the mobilization of knowledge concerning chemical equilibrium, complexation, stoichiometry, and volumetric analysis, as well as the integration of chemical principles with situations related to professional pharmaceutical practice. It is concluded that PBL represents a relevant pedagogical strategy for promoting intellectual autonomy, analytical reasoning, collaborative learning, and an understanding of the application of Quantitative Analytical Chemistry in pharmaceutical quality control.

Keywords: Problem-Based Learning; Quantitative Analytical Chemistry; Complexometric Titration; Zinc Oxide; Pharmacy Education.

1. INTRODUÇÃO

O ensino superior em ciências farmacêuticas tem demandado metodologias que superem a mera transmissão passiva de conteúdos, integrando teoria laboratorial à prática profissional fiscalizatória. No âmbito da Química Analítica Quantitativa, o desenvolvimento de competências críticas voltadas ao controle de qualidade físico-químico é indispensável para a validação de insumos e detecção de inconformidades regulatórias (Baccan et al., 2004). Tradicionalmente, as aulas práticas seguem roteiros fechados, do tipo 'receita de bolo', que limitam a autonomia intelectual do estudante frente a problemas reais da indústria farmacêutica.

Há uma necessidade crescente de formar profissionais críticos e capazes de resolver problemas associados à área farmacêutica. A natureza em constante evolução da ciência farmacêutica e da prática farmacêutica exige profissionais que possam se adaptar e responder a novos desafios. Isso inclui a capacidade de avaliar criticamente a literatura científica, a capacidade de inovar e a capacidade de trabalhar efetivamente em equipes interdisciplinares (Silva et al., 2024).

Nesse cenário, a metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning - PBL) emerge como uma estratégia pedagógica inovadora centrada no estudante. A abordagem PBL estimula a investigação colaborativa a partir de um cenário real ou fictício que mimetiza um desafio profissional,

instigando o discente a buscar fundamentos teóricos, propor metodologias analíticas justificadas e validar os resultados segundo especificações de compêndios oficiais (Souza; Dourado, 2015).

Este artigo relata a experiência pedagógica vivenciada por uma turma do 3º período do curso de Farmácia, composta por 28 estudantes, na disciplina de Química Analítica Quantitativa. O desafio proposto envolveu a validação analítica do teor de Óxido de Zinco (ZnO) contido em uma amostra comercial de pó protetor medicamentoso (marca X), cujo rótulo declara uma composição nominal de 15% (m/m) de ZnO, visando determinar sua conformidade para o controle farmacêutico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O óxido de zinco (ZnO) é um composto químico largamente empregado em formulações dermatológicas devido às suas propriedades antissépticas, adstringentes e protetoras contra assaduras e umidade excessiva. No controle farmacêutico de qualidade, o teor de íons metálicos em matrizes complexas é correntemente determinado por volumetria de complexação, uma técnica analítica baseada na reação de formação de um complexo estável e solúvel em água entre o cátion metálico e um ligante multidentado, tipicamente o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) (Skoog et al., 2014).

A reação entre o Zn^{2+} e o EDTA ocorre em estequiometria rigorosa de 1:1, independentemente do estado de oxidação do metal, conforme descrito na Equação 1:

$$Zn^{2+}(aq) + H_2Y^{2-}(aq) \rightarrow ZnY^{2-}(aq) + 2H^{+}(aq) \quad (Eq.\ 1)$$

A estabilidade do complexo formado é fortemente dependente do pH do meio. Para o zinco, a constante de estabilidade condicional exige que a titulação seja conduzida em meio alcalino, tipicamente em pH próximo a 10, mantido estável por uma solução tampão de cloreto de amônio/amônia (NH_4Cl/NH_3). A manutenção deste pH impede a protonação excessiva do EDTA (assegurando a prevalência da espécie ligante Y^{4-}) e, ao mesmo tempo, evita a precipitação indesejada do zinco sob a forma de hidróxido de zinco [$Zn(OH)_2$] graças ao efeito complexante auxiliar da amônia livre (Vogel, 2002; Baccan et al., 2004). A detecção do ponto final da titulação complexométrica pode ser realizada com o emprego de indicadores metalocrômicos, como o Negro de Eriocromo T (NET). Esse indicador atua como ligante, formando inicialmente um complexo metal-indicador de coloração vermelho-vinho na presença de íons metálicos. Durante a titulação, o EDTA, por apresentar maior estabilidade de complexação com o íon metálico nas condições experimentais estabelecidas, desloca o indicador do complexo, promovendo sua liberação e a consequente mudança de coloração para azul, característica do indicador livre em meio tamponado adequado.

À medida que o EDTA (titulante) é adicionado, ele desloca o indicador devido à sua maior constante de formação com o metal. No ponto de equivalência, quando todo o zinco livre foi consumido pelo EDTA, o indicador é totalmente liberado para a sua forma livre no pH 10, conferindo à solução uma transição visual nítida para a cor azul (Harris, 2017).

3. A SITUAÇÃO-PROBLEMA (ÂNCORA PBL)

3.1. A Importância da Situação-Problema na Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) No Ensino de Química

A situação-problema constitui um elemento estruturante da Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning – PBL), uma vez que representa o ponto de partida para a construção do conhecimento e para a organização das atividades de aprendizagem. Diferentemente das abordagens tradicionais, nas quais os conteúdos são apresentados previamente para posterior aplicação em exercícios, a PBL propõe uma inversão dessa lógica, introduzindo um problema contextualizado que mobiliza os conhecimentos prévios dos estudantes e evidencia a necessidade de desenvolver novos conhecimentos para sua compreensão e resolução. Nesse sentido, o problema não deve ser compreendido apenas como um recurso motivacional, mas como o eixo articulador do processo educativo, responsável por orientar as investigações, estimular questionamentos e conferir significado aos conceitos científicos trabalhados.

No contexto do ensino de Química, a elaboração de situações-problema assume particular relevância, considerando a necessidade de aproximar os conhecimentos científicos de situações concretas relacionadas à sociedade, à saúde, ao meio ambiente, à indústria e às atividades profissionais. De acordo com Lopes et al. (2011), a construção de um problema adequado é fundamental para o êxito da PBL, devendo contemplar objetivos de aprendizagem previamente estabelecidos, situações próximas da realidade e elementos capazes de mobilizar os conhecimentos prévios dos estudantes. Os autores ressaltam que o problema deve representar um desafio intelectual que estimule a investigação e conduza os

estudantes à identificação das lacunas conceituais necessárias à construção de possíveis soluções.

Essa perspectiva também é discutida por Romero-Alvarez, Rodriguez-Castillo e Gomez-Perez (2008), que destacam a autenticidade, a relevância curricular, a adequação ao nível de conhecimento dos estudantes e a possibilidade de diferentes caminhos de resolução como características importantes para a elaboração de cenários de aprendizagem baseados em problemas na área de Química. Dessa maneira, uma situação-problema adequadamente estruturada permite superar a simples aplicação mecânica de fórmulas e procedimentos, favorecendo a interpretação de fenômenos, a formulação de hipóteses, a análise de evidências e a argumentação fundamentada em conhecimentos científicos.

Além disso, a utilização da situação-problema favorece a integração entre conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais, especialmente quando articulada à experimentação investigativa. Nesse processo, os estudantes deixam de ocupar uma posição predominantemente receptiva e passam a participar ativamente da construção do conhecimento, discutindo possibilidades, estabelecendo relações entre variáveis, interpretando resultados experimentais e avaliando a consistência das soluções propostas. Overton e Randles (2015) ressaltam que a utilização de problemas relacionados ao mundo real no ensino de Química pode ampliar o envolvimento dos estudantes com a aprendizagem, além de favorecer o desenvolvimento de competências relacionadas à resolução de problemas, ao trabalho colaborativo e à autonomia intelectual.

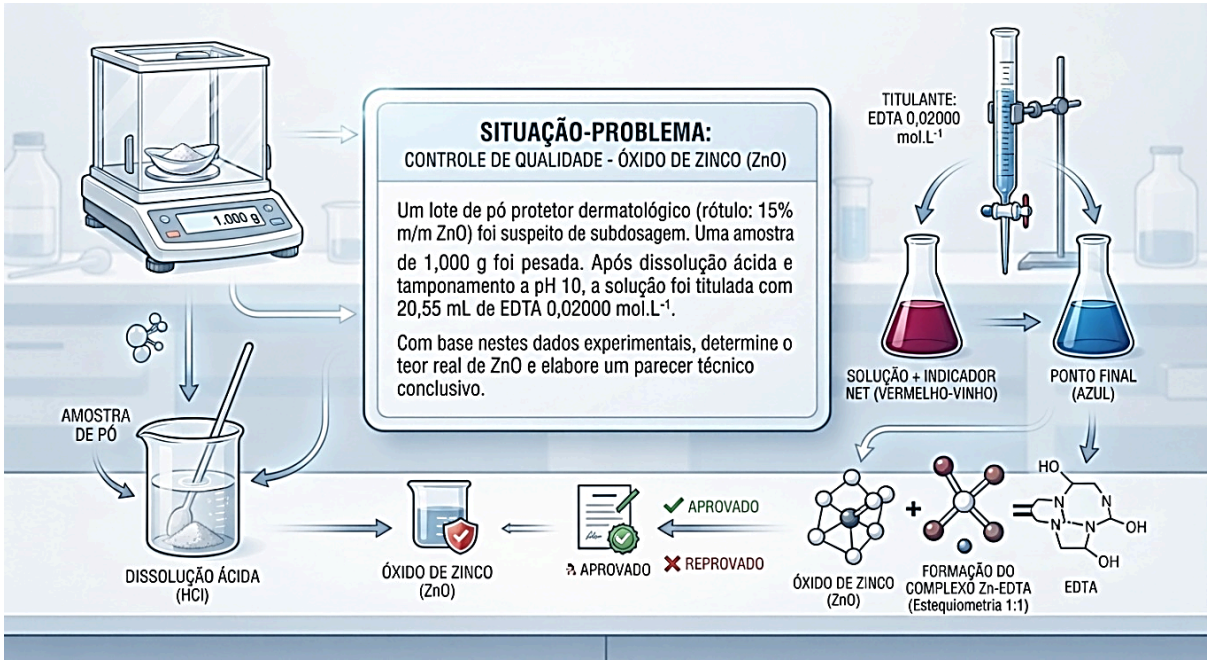
Sob essa perspectiva, a situação-problema também desempenha uma função orientadora ao longo das diferentes etapas da PBL, uma vez que estabelece uma finalidade para as atividades investigativas e permite que os conteúdos químicos sejam introduzidos de acordo com as necessidades identificadas pelos próprios estudantes. Assim, a aprendizagem de conceitos, princípios, relações quantitativas e procedimentos experimentais passa a estar vinculada à busca de respostas para uma questão significativa, favorecendo a compreensão da aplicabilidade dos conhecimentos químicos em contextos reais. Portanto, sua utilização representa uma estratégia pedagógica relevante para promover uma aprendizagem contextualizada, investigativa e reflexiva, contribuindo para a formação de estudantes capazes de mobilizar conhecimentos científicos na interpretação e na resolução de situações que envolvem problemas de natureza química.

Articulando esses pressupostos à proposta didático-pedagógica desenvolvida, para fundamentar as discussões e nortear a ação dos estudantes, a seguinte situação-problema foi introduzida na primeira semana do módulo. Sua apresentação teve como finalidade estabelecer o contexto investigativo da atividade, despertar o interesse dos participantes e delimitar o desafio que orientaria as etapas subsequentes de investigação, estudo dos fundamentos químicos, análise dos dados experimentais e elaboração de conclusões fundamentadas.

'Você é o farmacêutico analista responsável pelo setor de Controle de Qualidade de uma indústria de medicamentos. Um lote do pó protetor dermatológico antisséptico marca X®, com especificação rotulada de 15% (m/m) de Óxido de Zinco (ZnO), foi retido sob suspeita de subdosagem provocada por uma falha mecânica no

misturador de pós da linha de produção. Para a liberação ou rejeição do lote, sua equipe recebeu uma amostra e pesou exatamente 1,000 g do pó. Após a etapa de dissolução ácida e tamponamento adequado a pH 10 com tampão amoniacal, a solução resultante foi titulada com 20,55 mL de uma solução padrão de EDTA contendo concentração exata de 2,000 x 10^{-2} mol.L^{-1}. Diante dos dados experimentais obtidos, elabore o parecer técnico conclusivo do lote, demonstrando detalhadamente a memória de cálculo analítico e discutindo se o produto atende aos limites regulamentares vigentes (Figura 1).'

Figura 1. Diagrama esquemático da situação-problema apresentada aos alunos.



Fonte: BACCAN et al., 2004.

4. METODOLOGIA

A metodologia foi conduzida ao longo de quatro semanas com 28 estudantes do curso de Farmácia, subdivididos em 4 grupos tutoriais (Grupos A, B, C e D) contendo 7 alunos cada, seguindo a

adaptação dos Sete Passos do PBL propostos por Souza e Dourado (2015):

1. Leitura do problema e esclarecimento de termos desconhecidos;

2. Definição do problema (o que o grupo precisa solucionar);

3. Tempestade de ideias ('Brainstorming') para levantar hipóteses;

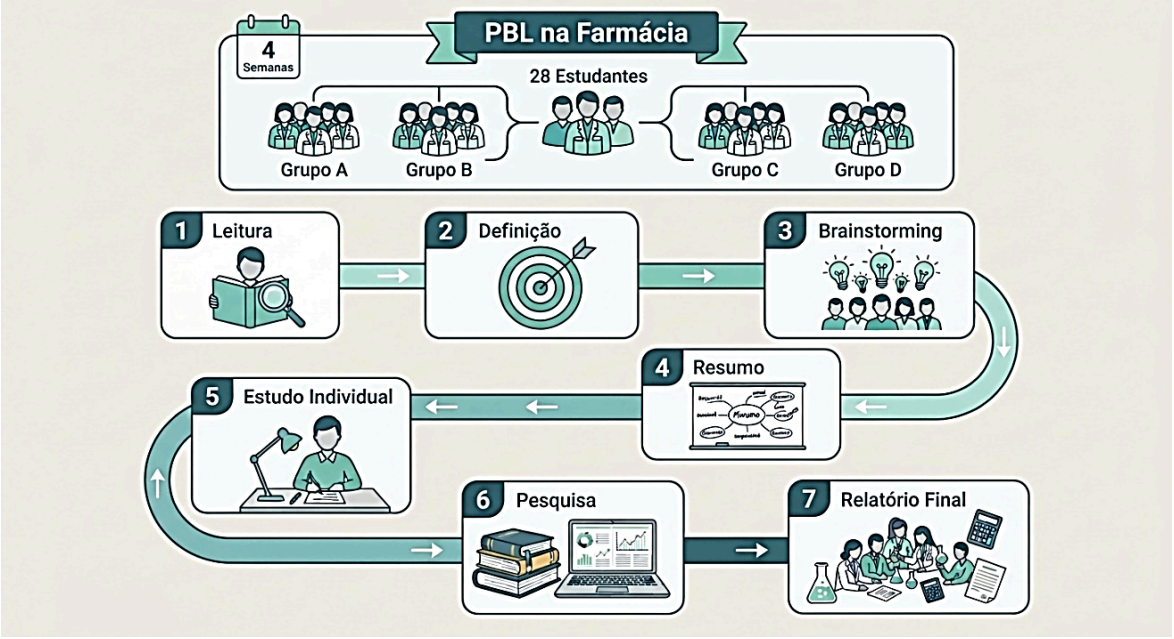
4. Resumo e estruturação das explicações;

5. Formulação dos objetivos de aprendizagem (estudo individual autodirigido);

6. Busca por informações adicionais e literatura especializada (Vogel, 2002; Baccan et al., 2004);

7. Retorno ao grupo tutorial para discussão, síntese dos achados, resolução do cálculo analítico e redação do relatório técnico final (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma da Metodologia PBL Adaptada ao Curso de Farmácia.



Fonte: NEUFELD; BARROWS, 1974.

A dinâmica metodológica não envolveu a execução de atividades experimentais em bancada laboratorial. Em vez disso, a etapa prática consistiu em uma imersão teórica e investigativa fundamentada no PBL, na qual os estudantes foram desafiados a mapear e propor detalhadamente todas as etapas químicas necessárias para resolver a situação-problema. Por meio dessa busca ativa e autônoma, os discentes deduziram que, para contornar a insolubilidade do ZnO em água pura, seria necessário propor um tratamento prévio com ácido clorídrico diluído (HCl), promovendo a conversão quantitativa do óxido no sal cloreto de zinco solúvel ($ZnCl_2$), conforme preconizado pela literatura clássica (Baccan et al., 2004). Da mesma forma, os grupos estruturaram teoricamente os passos subsequentes de neutralização do excesso de ácido, adição do tampão amoniacal para fixação do pH em 10, escolha do indicador metalocrômico Negro de Ériocromo T (NET) e a modelagem matemática da titulação volumétrica frente ao EDTA padronizado.

A análise dos dados coletados permitirá uma compreensão mais profunda da aplicabilidade do PBL na educação farmacêutica e suas

potencialidades e fragilidades.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as sessões de fechamento do PBL, os 28 discentes discutiram intensamente as causas técnicas e farmacêuticas associadas a esse resultado. Os estudantes concluíram corretamente que o lote avaliado encontra-se fortemente adulterado ou em não-conformidade grave devido à subdosagem severa de princípio ativo (Óxido de Zinco). Sob a ótica química, os alunos comprovaram que as quantidades e volumes propostos na metodologia de titulação volumétrica estavam estequiometricamente corretos e eram perfeitamente viáveis para detectar desvios produtivos. A conclusão conjunta foi de que o erro não decorreu de falhas operacionais de titulação, mas sim de uma falha real de homogeneização da matéria-prima na etapa industrial de manipulação do pó medicamentoso, validando a aplicação prática da ferramenta no controle farmacêutico.

A resolução quantitativa e o desenvolvimento do parecer técnico foram conduzidos de forma inteiramente cooperativa pelos estudantes, que utilizaram as etapas finais da metodologia PBL (*Problem-Based Learning*) para decifrar a situação-problema sem a necessidade de execução experimental em laboratório. A partir de intensas sessões de pesquisa bibliográfica e discussões integradas nos quatro grupos tutoriais, os discentes identificaram que a chave para a resolução residia na relação estequiométrica de equivalência (1:1) entre o íon metálico e o agente complexante EDTA.

Os parâmetros matemáticos, analíticos e conceituais resgatados e consolidados pelos discentes a partir dos dados do problema estão

detalhados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros analíticos e fontes conceituais estruturadas pelos grupos tutoriais via PBL.

Parâmetro Analítico	Valor Fornecido/Calculado	Origem/Significado Conceitual Pesquisado
Massa da amostra analisada (*m*)	1,000 g	Massa nominal simulada para a pesagem do pó
Volume de EDTA gasto (*V*)	20,55 mL (0,02055 L)	Volume correspondente ao ponto final de viragem da bureta
Concentração de EDTA (*C*)	$2{,}000 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}	Concentração do titulante padrão obtida via literatura/preparo
Massa Molar do ZnO (*MM*)	81,38 g.mol^{-1}	Calculada via somatório de massas atômicas da Tabela Periódica
Massa de ZnO determinada	0,03345 g	Deduzida via estequiometria complexométrica proporcional

Fonte: BACCAN et al., 2004.

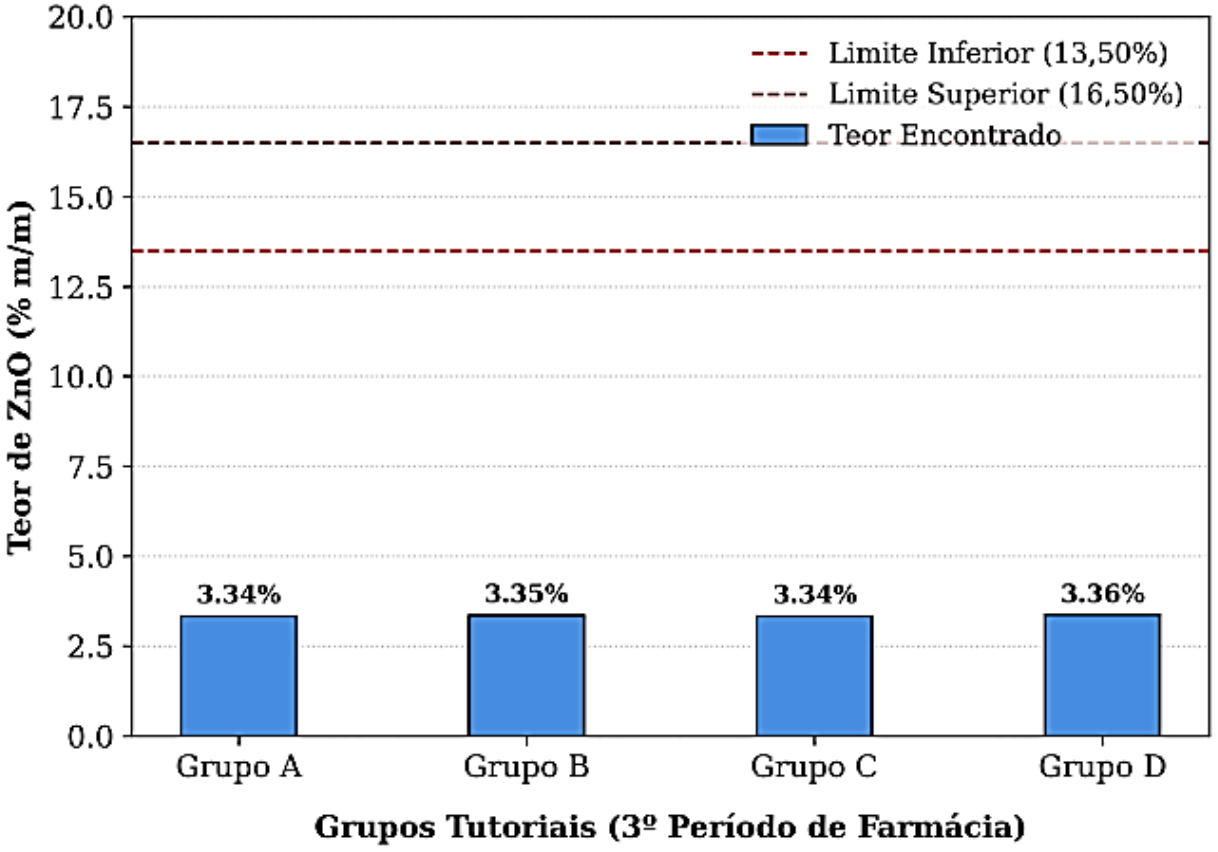
A memória de cálculo unificada apresentada pelos grupos seguiu a sequência dedutiva:

Número de mols de EDTA consumidos: $n(EDTA) = C \times V = (2{,}000 \times 10^{-2}\ mol/L) \times (0{,}02055\ L) = 4{,}110 \times 10^{-4}\ mol$.
Como a relação molar Zn^{2+}:EDTA é 1:1, $n(ZnO) = n(EDTA) = 4{,}110 \times 10^{-4}$ mol.
Massa de ZnO na amostra: $m(ZnO) = n(ZnO) \times MM = (4{,}110 \times 10^{-4}\ mol)$

x (81,38 g/mol) = 0,033447 g.
Cálculo da porcentagem em massa (%m/m): %ZnO = [m(ZnO) / m_amostra] x 100 = (0,033447 g / 1,000 g) x 100 = 3,345%.

A discussão pedagógica conduzida pelos estudantes revelou uma discrepância severa entre o valor calculado experimentalmente (3,345% m/m) e o valor nominal declarado no rótulo da formulação comercial X (15,00% m/m). Para visualizar a distribuição dos resultados obtidos pelos diferentes grupos analíticos em comparação com os parâmetros regulamentares estabelecidos pela Farmacopeia Brasileira (que admite uma variação de ±10% sobre o valor rotulado, isto é, de 13,50% a 16,50%), elaborou-se o compilado ilustrado no gráfico da Figura 3.

Figura 3. Comparativo entre o Teor Real Encontrado pelos Grupos (3,34% a 3,36%) e a Faixa Farmacopeica Permitida para o Controle de Qualidade (13,50% - 16,50%).



Fonte: Os autores

Para ilustrar o processo de construção do conhecimento e a dinâmica de debate gerada pelo PBL na busca por soluções, destacam-se algumas falas e interações registradas durante a consolidação dos relatórios nos grupos:

Estudante 1: *"No começo, estávamos focados em como o óxido de zinco reagiria na água, mas pesquisando em Baccan (2004), descobrimos que o ZnO é insolúvel em meio neutro. Discutindo no grupo, percebemos que o texto do problema mencionava uma 'etapa de dissolução ácida'. Concluímos que o HCl foi adicionado puramente para transformar o ZnO em Zn^{2+} solúvel antes de colocar o tampão amoniacal."*

Estudante 2: *"Exatamente. E quando fomos desenhar a memória de cálculo, o grupo debateu se a estequiometria com o EDTA mudava por ser um metal bivalente. Ao confrontarmos os livros de Skoog e Harris durante a busca individual, ficou claro que a reação do EDTA*

com cátions metálicos é sempre 1:1, não importa a carga do metal. Isso facilitou a nossa dedução matemática."

Estudante 3: *"Sim, e fazendo a conta final (n = C x V), descobrimos que foram consumidos 4,110 x 10^{-4} mol de EDTA. Multiplicando isso pela massa molar do ZnO (81,38 g/mol), chegamos a 0,03345 g de óxido de zinco puro na amostra. Como a massa total pesada foi de 1,000 g, a porcentagem deu apenas 3,345% m/m."*

Estudante 4: *"Essa foi a maior surpresa do debate. O rótulo garantia 15% m/m! Confrontamos esse resultado com os limites da Farmacopeia Brasileira e vimos que o lote está completamente fora de especificação. O PBL nos forçou a agir como farmacêuticos fiscais de verdade, emitindo um laudo de recuperação com base em dados deduzidos logicamente por nós."*

Esta dinâmica de debates e cruzamento de dados literários, amparada continuamente pela mediação docente na facilitação e condução do conhecimento, permitiu que os 28 discentes consolidassem as equações de balanço de massa e os critérios regulamentares de controle de qualidade. Sob a orientação do professor — que atuou como articulador entre a teoria e a prática investigativa —, os estudantes atingiram plenamente os objetivos analíticos e pedagógicos propostos para a disciplina de Química Analítica Quantitativa, legitimando o protagonismo estudantil por meio de uma postura ativamente investigativa.

Neste sentido o PBL tem se destacado como uma metodologia ativa que promove o desenvolvimento de habilidades cruciais para a formação de farmacêuticos, tais como o raciocínio crítico, a capacidade de resolução de problemas e a aprendizagem

autônoma (Klein, 2019). Estudos recentes demonstram que o PBL contribui significativamente para o desempenho dos estudantes de farmácia, não apenas em termos acadêmicos, mas também na prática profissional, ao comparar seu desempenho com o de alunos submetidos a métodos tradicionais de ensino (Gaklik, 2020; Marini, 2020). A efetividade do PBL na educação farmacêutica é corroborada por pesquisas que apontam resultados positivos tanto na formação quanto nas repercussões para a prática profissional, sugerindo que o método pode adaptar-se a diferentes culturas e contextos educacionais. Portanto, a incorporação do PBL nos currículos de farmácia é uma estratégia promissora para preparar os graduandos para os desafios contemporâneos da profissão, incentivando uma postura investigativa e reflexiva essencial para a excelência no cuidado à saúde.

6. CONCLUSÃO

A implementação da metodologia baseada em problemas (**PBL,** do inglês *Problem-Based Learning*), integrada à disciplina de Química Analítica Quantitativa no terceiro período do curso de Farmácia, demonstrou expressiva eficácia pedagógica. Os 28 discentes envolvidos adquiriram o domínio conceitual e matemático dos fundamentos químicos que regem a volumetria de complexação empregando EDTA. Adicionalmente, correlacionaram os resultados analíticos obtidos com as prerrogativas técnicas e regulatórias do profissional farmacêutico na esfera do controle de qualidade de medicamentos. A determinação quantitativa revelou que a amostra simulada continha 3,345% (m/m) de óxido de zinco (ZnO), teor criticamente abaixo do limite especificado por compêndios oficiais (como a Farmacopeia Brasileira), cujo valor mínimo estabelecido é de 13,50%. Diante dessa desconformidade, os estudantes

propuseram, de forma consensual, o parecer técnico de rejeição do lote e o seu respectivo recolhimento. A estratégia didática consolidou o aprendizado ativo, fomentando a autonomia intelectual e o desenvolvimento do rigor crítico indispensáveis à formação profissional na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACCAN, N. de; ANDRADE, J. C. de; GODINHO, O. E. S.; BARONE, J. S. Química Analítica Quantitativa Elementar. 3. ed. Campinas: Edgard Blücher, 2004.

GAKLIK, É. S.; MONTAGNER, P. O uso de metodologias ativas nos cursos de arquitetura e urbanismo. RevInT, v. 8, n. 1, 2020.

HARRIS, D. C. Análise Química Quantitativa. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

KLEIN, Niumar André; AHLERT, Edson Moacir. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS COMO METODOLOGIA ATIVA NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL. Revista Destaques Acadêmicos, [S. l.], v. 11, n. 4, 2019.

LOPES, Renato Matos et al. Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino de química toxicológica. Química Nova, v. 34, n. 7, p. 1275-1280, 2011.

NEUFELD, V. R.; BARROWS, H. S. The “McMaster Philosophy”: an approach to medical education. Journal of medical education, v. 49, n. 11, p. 1040-1050, 1974.

OVERTON, Tina L.; RANDLES, Christopher A. Beyond problem-based learning: using dynamic PBL in chemistry. Chemistry Education Research and Practice, v. 16, p. 251-259, 2015.

ROMERO-ALVAREZ, Juan Guillermo; RODRIGUEZ-CASTILLO, Adriana; GOMEZ-PEREZ, Juan. Evaluation of problem-based learning (PBL) scenarios for chemistry. Educación Química, v. 19, n. 3, p. 195-200, 2008.

SILVA, F. et al. Formação de profissionais críticos na área farmacêutica: uma necessidade crescente. Revista Brasileira de Farmácia, v. 55, n. 6, p. 1013-1024, 2024.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. Fundamentos de Química Analítica. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SOUZA, S. C. de; DOURADO, L. Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL): um guia pedagógico. São Paulo: CRV, 2015.

VOGEL, A. I. Análise Química Quantitativa. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

---

[1] Docente do Curso Superior de Farmácia da Universidade Brasil, *Campus* de Fernandópolis-SP. Doutor em Química pelo Instituto de Química UNESP, *Campus* de Araraquara-SP. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[2] Docente do Curso Superior de Farmácia da Universidade Brasil, Campus de Fernandópolis-SP. Mestre em Química

(PPGQUIM/UNESP - Araraquara-SP). E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail