

Aplicação do caso *Elementos em tempos de guerra*: Literatura e história no ensino ativo de química

Carolaine da Silva de Araújo¹ e Maura Ventura Chinelli²

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, e-mail: carolainesilva@pos.iq.ufrj.br. ²Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil, e-mail: mauravc@id.uff.br

Resumo: O presente artigo tem como intuito relatar uma experiência docente, vivida por estudante de curso de licenciatura em duas turmas de primeiro período do curso técnico em química. Nesse contexto, aplicou-se uma sequência didática que combinou duas metodologias ativas de aprendizagem: a modelização da tabela periódica, a partir na estrutura eletrônica dos átomos, e um estudo de casos, enquanto variante do – aprendizado baseado em problemas (PBL). Nas aulas, a tabela periódica pode ser trabalhada com a participação ativa dos estudantes. Adicionalmente, as turmas foram incumbidas de solucionarem um caso o qual, de modo inédito, reuniu elementos de história e literatura, usando o livro *A colher que desaparece* de Sam Kean, como fonte de inspiração. O estudo de casos se mostrou uma estratégia metodológica importante para se desenvolver a capacidade dos alunos em trabalhar em grupo, incentivar suas autonomias e mostrar de que forma as propriedades periódicas podem ser tratadas diferentemente de uma aula tradicional com resolução de exercícios. Assim sendo, o estudo mostrou como essa abordagem metodológica foi promissora para a formação de estudantes do curso técnico para além de mãos de obra qualificadas buscando o equilíbrio com o ensino mais humanístico e consciente.

Palavras-chave: metodologias ativas, ensino química, aprendizado baseado em problemas, tabela periódica, estudo de casos; sequência didática.

Title: Application of the case *Elements in times of war*: Literature and history in active chemistry teaching

Abstract: This article aims to report a teaching experience, lived by a Bachelor's degree student in two first-period classes of the technical course in chemistry. In this context, a didactic sequence was applied that combined two active learning methodologies: the modeling of the periodic table, based on the electronic structure of atoms, and a case study, as a variant of problem-based learning (PBL). In classes, the periodic table can be worked on with the active participation of students. Additionally, the classes were tasked with solving a case which, in an unprecedented way, brought together elements of History and Literature, using the book *The Disappearing Spoon* by Sam Kean as a source of inspiration. The case study proved to be an important methodological strategy to develop students' ability to work in groups, encourage their autonomy and show how periodic properties can be treated differently from a traditional class with solving

exercises. Therefore, the study showed how this methodological approach was promising for the training of technical course students in addition to qualified labor seeking balance with more humanistic and conscious teaching.

Keywords: active methodologies, chemistry teaching, problem-based learning, periodic table, case studies, didactic sequence.

Introdução

A estrutura educacional, bem como os processos de ensino-aprendizagem, tem sofrido mudanças ao longo dos séculos, principalmente com o advento da tecnologia e com as contínuas transformações que ocorrem na sociedade. Alguns fatos históricos possibilitaram pensar essas mudanças. A Revolução Industrial, por exemplo, moldou uma sociedade urbana que se aprofundou na especialização e na produção em série. Como consequência, ocorreu uma maior demanda por inovações científicas e tecnológicas que, por si, acarretam a necessidade de mão de obra mais especializada. No conjunto dessas mudanças, os meios de comunicação se expandiram exponencialmente, veiculando, assim, um número muito maior de informações em curto espaço de tempo. Decorre daí, conforme sinalizou Piletti (2004), que a necessidade de preparar os jovens para enfrentarem um mundo em constante transformação tem feito com que os educadores questionem os conceitos de aprendizagem, educação e currículo.

Na educação em Química perduram algumas problemáticas desafiadoras. Talvez a mais significativa delas consista no ensino tradicional, transmissivo, o qual reflete uma concepção de ciência "pronta" que confere ao aluno um papel passivo na assimilação do conhecimento (Praia, Gil-Pérez, Vilches, 2007; Cachapuz, Praia, Jorge, 2004). Sobre essa concepção, já ultrapassada, acerca da natureza do trabalho científico e de suas conquistas - a que chamamos genericamente de Ciência - destacamos a abordagem histórica como uma estratégia didática potente no enfrentamento do problema, visto que "permite contextualizar de forma explícita aspectos relativos à maneira como cientistas encaram os desafios de suas investigações, ou o trabalho da comunidade científica na construção e aceitação ou recusa das ideias científicas" (Acevedo-Díaz, García-Carmona, Aragón-Méndez, 2017, p. 21, em tradução das autoras). Igualmente importante é levar para os ambientes escolares práticas educativas que reconheçam que alunos são sujeitos aprendentes em constante processo de formação humana, capazes de gerir suas aprendizagens a partir de conhecimentos típicos de quem está inserido em sociedade, em contato com outras culturas e, sobretudo, imersos nas realidades que lhes são próprias.

Resulta de constatações como estas que educadores em Ciência, preocupados com os desafios e as problemáticas que enfrentam, têm se empenhado em buscar estratégias educacionais que contribuam para descentralizar o conhecimento, contextualizar conteúdos, desmistificar a ciência irrefutável e estimular a formação dos conhecimentos de modo autônomo e participativo.

Dentre essas estratégias, interessam-nos, neste trabalho, as metodologias ativas de aprendizagem (Moran, 2015, 2019), especialmente o método de estudo de casos, variante da Aprendizagem Baseada em Problemas – PBL (Queiroz, 2016; Queiroz, Sá, 2010). Este possibilita a contextualização dos conteúdos que serão abordados em sala de aula inclusive em uma perspectiva que valorize a História e a Filosofia da Ciência (Forato, Moura, 2017; Piccoli, 2016), abordagem que decidimos adotar.

Em uma busca não exaustiva de publicações da área da Educação em Química sobre a Aprendizagem Baseada em Problemas, com recorte para o método do estudo de casos, encontramos, considerando os últimos dez anos, um número significativo de artigos que dialogam com este estudo. Entre esses, mostraram-se especialmente interessantes aqueles que debatem a aplicação de narrativas que apresentam um problema a ser resolvido e que contribuem para sua utilização na Educação Básica (Silva, Rosa, 2023; Grings, Passos, Pazinato, 2023; Silva *et al.*, 2022; Gama, Santos, Queiroz, 2020; Tomaz *et al.*, 2019; Souza, Cabral, Queiroz, 2018; Kuchla, Souza, 2017; Freitas-Reis, Faria, 2015; Salvador *et al.*, 2014, Francisco, 2013, dentre vários). São artigos que evidenciam a versatilidade do estudo de casos na Educação em Química, uma vez que sugerem associações a várias outras metodologias ativas de aprendizagem.

Com essas perspectivas, o presente trabalho consistiu em planejar, aplicar e avaliar uma sequência didática que procurou estimular os estudantes a envolverem-se intelectualmente na solução de desafios que os levassem à formação de conhecimentos químicos novos e à consolidação de conhecimentos já formados, com destaque para a utilização de um estudo de caso. Este foi elaborado por uma licencianda de forma inédita, pois o caso, inspirado em um capítulo do livro “A colher que desaparece” (Kean, 2011), agrega elementos de História e Literatura, favorecendo a metodologia em sua capacidade de mobilizar interesses e dar significado ao objeto de estudo. Trata-se de uma proposta desenvolvida como Trabalho de Conclusão de Curso da graduação em Química, licenciatura. Com o objetivo de contribuir para a formação docente, o trabalho visou proporcionar à professora em formação experiências no planejamento, execução e avaliação de estratégias didáticas que solicitaram a participação ativa dos estudantes para a aprendizagem da Classificação Periódica dos elementos químicos, com os seguintes objetivos específicos:

- a. Abordar o conteúdo Tabela Periódica, numa perspectiva histórica;
- b. Desmistificar, na aula ministrada, a ciência como produto de saberes prontos e irrefutáveis;
- c. Mostrar aos alunos de que forma a elaboração da Tabela Periódica está intrinsecamente relacionada com a Teoria Atômica;
- d. Possibilitar recursos aos alunos para autonomia na resolução de casos concretos;
- e. Incentivar a capacidade de tomada de decisões e a habilidade para trabalharem em grupo.

Metodologias ativas de aprendizagem

A escola tradicional hegemônica, organizada em torno de processos informativos, foi profundamente abalada pela ampla disponibilidade de

acesso à informação, com o advento da internet e das mídias digitais (Moran, 2015). Os impactos dessa realidade sobre os processos educativos têm desestabilizado as escolas e os professores (e os estudantes, também), exigindo, em prol da qualidade da educação escolar, que sejam desenvolvidas estratégias de ensino que tragam para as escolas novos modos de promover aprendizagens. "A aprendizagem é ativa", afirmam Bacich e Moran (2018, s.p.), é preciso integrar à educação formal, escolar, alternativas didáticas que sejam, igualmente, ativas. Surge, nesse contexto, uma expressão já largamente empregada: metodologias ativas de aprendizagem.

As metodologias ativas buscam fornecer meios para que o estudante possa conceituar, manipular, enfrentar desafios, refletir e decidir, individual e coletivamente. São estratégias que se voltam para o processo de ensino-aprendizagem com forte envolvimento intelectual dos alunos em atividades práticas, colaborativas e problematizadoras; que consideram a individualidade e a potencialidade dos estudantes; reconhecem suas emoções e interesses; incentivam o diálogo e a reflexão necessárias à formação de indivíduos capazes de interagir respeitosamente com a diversidade humana e de contribuir com a coletividade (Berbel, 2011; Moran, 2015). Em um modelo educacional guiado por esses princípios o aprendizado é beneficiado por problemas e situações que os alunos vivem ou viverão no futuro.

Estão disponíveis na literatura educacional diversas práticas educativas identificadas como metodologias ativas (Camargo, Daros, 2018). Entre as mais difundidas, destacamos, a título de exemplos, as que encontramos com mais frequência como objetos de estudos e pesquisas: as atividades práticas e investigativas (que incluem as atividades típicas de laboratório, mas não se restringem a elas), o uso de jogos, os debates e juris simulados, o ensino híbrido (que faz uso frequente das tecnologias digitais de informação de comunicação – TDIC), os estudos de caso, os intercâmbios entre grupos (atualmente conhecidos como Método *Jigsaw*) e a sala de aula invertida, entre outros.

Neste trabalho foram empregadas duas metodologias ativas de aprendizagem: uma atividade prática que levou à construção da Tabela Periódica e a resolução de um problema, no modo *estudo de caso*.

A modelização como uma atividade prática

Há um número considerável de publicações que tratam do que seriam atividades práticas no ensino de Ciências. As conceituações mais frequentes, nesses textos, são as que falam da necessidade de haver a presença material de objetos e o envolvimento físico dos estudantes com os fenômenos estudados, sendo muito citadas, enquanto dificuldades, a ausência de local adequado e de materiais necessários (Costa, Nogueira, Cruz, 2023; Bassoli, 2014). Afirmações como essas nos levam a inferir que as atividades de bancada, muitas vezes chamadas de *experimentais*, têm *status* privilegiado como atividades práticas. Neste trabalho, no entanto, decidimos assumir como referência o conceito defendido por Derek Hodson em artigo de grande aceitação no meio acadêmico:

Qualquer método didático que requeira que o aprendiz seja ativo, mais do que passivo, está de acordo com a crença de que os alunos aprendem melhor pela experiência direta. Nesse sentido, o trabalho prático nem sempre precisa incluir atividades de laboratório. [...] a interpretação mais ampla do trabalho prático como atividades de aprendizagem de ciências deveria substituir a interpretação mais restrita de trabalho manual na bancada do laboratório (Hodson, 1988, p. 53, com tradução das autoras).

Nesse sentido, tornou-se importante para nós também o que diz Adúriz-Bravo (2010), acerca da modelização no ensino das ciências da natureza:

Estruturar a atividade científica escolar em torno de modelos teóricos permitiria recriar em classe um saber disciplinar que é patrimônio de todos e todas [...]. Esta recriação [...] não se apresentaria então como um "redescobrimto" de ideias complexas que levaram séculos de árduo trabalho da humanidade, e sim como uma apropriação – profundamente construtiva – de potentíssimas ferramentas intelectuais que se vão representando em aula (Adúriz-Bravo, 2010, p. 3, com tradução das autoras).

Nosso interesse está voltado para o ensino da Classificação Periódica dos elementos, tomando como diretriz fundamental o uso de metodologias ativas de aprendizagem. Sendo assim, consideramos adequado interpretar a proposta de elaboração de um modelo classificatório - a Tabela Periódica - fundamentada em considerações teóricas acerca da estrutura dos átomos e das propriedades dos elementos químicos, como uma atividade prática.

O Método de estudo de casos enquanto variante da aprendizagem baseada em problemas

A Aprendizagem Baseada em Problemas, também referida, mesmo no Brasil, pela sigla *PBL* - do inglês *Problem Based Learning* - é uma metodologia de ensino-aprendizagem desenvolvida com objetivos originalmente voltados para o ensino superior, com vistas à preparação para o exercício profissional. O método consiste em abordar situações da vida real de modo a estimular o desenvolvimento do pensamento crítico e das habilidades de solução de problemas a partir da requisição de conceitos fundamentais da área de conhecimento em questão (Alves, Lopes, Silva Filho, 2019; Ribeiro, 2010).

A teoria educacional envolvida na Aprendizagem Baseada em Problemas tem por objeto a "aquisição ativa de informações e estratégias pelo aluno, adequadas às suas habilidades, nível de experiência e necessidades educacionais" (Glasgow, 2019, p. 25), cabendo aos professores construir situações problemáticas e estruturar tais situações em níveis cognitivos que desafiem os estudantes e direcionem suas atenções para a abordagem do problema e sua solução (Alves, Lopes, Silva Filho, 2019).

Problemas, nos processos de ensino e aprendizagem, são situações desafiadoras que demandam interpretações e propostas de ação capazes de fornecer respostas a questionamentos apresentados. Essas situações, muitas vezes, estão diretamente relacionadas a abordagens que induzem a cálculos matemáticos ou à observação de fenômenos, incluindo-se, em

Química, as transformações materiais que produzem evidências. No entanto, não necessariamente estão contextualizadas e possuem, em si mesmas, aspectos que despertem interesse e formem sentidos que venham a se constituir em aspectos motivadores e facilitadores do envolvimento dos estudantes no problema. De modo a contextualizar os problemas e estimular os estudantes para que encontrem sua solução, um recurso promissor é transformá-los em *casos* (Sá, Queiroz, 2017, 2010).

Casos são versões literárias dos problemas. São histórias apresentadas em detalhes, narrativas que ambientam a questão formulada, que procuram despertar empatia pelos personagens, que buscam sensibilizar os estudantes para que esses tenham interesse em vê-lo resolvido, e que, seguramente, fornecem elementos suficientes para a sua solução ou remetem a conhecimentos anteriores que precisarão ser mobilizados.

A produção de um caso que contribua para a aprendizagem de conceitos científicos, colocando-o sob a perspectiva de situações concretas, tem como ponto de partida, neste trabalho, considerações trazidas por Clyde F. Herreid em artigo que tem sido muito empregado na abordagem do tema (Herreid, 1998a). Segundo o autor, para a confecção de um "bom" caso deve-se levar em consideração os aspectos que procuramos sintetizar e comentar no Quadro 1:

Aspectos	Comentários
Um bom caso narra uma história	Com desfecho no seu final
Um bom caso desperta interesse	O caso deve ter uma questão a ser resolvida; deve descrever um drama, um suspense
Um bom caso deve ser atual e relevante	Deve envolver situações que os estudantes considerem importantes e saibam enfrentar
Um bom caso produz empatia com os personagens centrais	Os personagens devem influenciar na tomada de decisões
Um bom caso inclui citações	Citações dão vida aos casos, são uma estratégia para cativar e criar empatia
Um bom caso deve ter utilidade pedagógica	Deve ter valor para o aluno e o curso
Um bom caso provoca um conflito	Os casos se tornam mais interessantes se fundamentados sobre algo controverso
Um bom caso induz a uma decisão	Deve despertar o sentimento de responsabilidade na solução do problema
Um bom caso deve permitir abordagens amplas e gerais	Não deve ser voltado para uma situação inusitada ou tratar de uma curiosidade, apenas
Um bom caso é curto	Deve ser suficientemente longo para introduzir um fato, mas não tão longo a ponto de provocar uma análise tediosa.

Quadro 1. Aspectos a levar em conta para a elaboração de um "bom caso".

Um caso, no elaborado para o ensino de ciências pode ser empregado como uma ferramenta didática única, em uma aula, ou ser aplicado em combinação com outras estratégias que visem as aprendizagens ativas. Casos são "o problema" - narrados com apelos de ordem ética ou emocional a fim de despertar curiosidade, solidariedade, empatia, responsabilidade. Podem ser aplicados para dar início a um projeto de aprendizagem, como questão que leve os estudantes a desenvolver pesquisa, individual ou

colaborativamente, ou como oportunidade de aplicação de conceitos e teorias já aprendidos etc.

Casos contribuem para o êxito de processos pedagógicos ao evidenciarem a complexidade de situações que são ou poderiam ser reais e que dão sentido ao currículo escolar, o que traz à tona oportunidades para abordagens não disciplinares e que, sobretudo, colocam os estudantes como protagonistas do processo educativo em que estão envolvidos.

O estudo de casos é, portanto, uma estratégia didática que vai ao encontro dos princípios mais inovadores e disruptivos da educação em ciência, quando a observamos frente ao ensino transmissivo e asséptico tradicional (Chassot, 2000), ainda muito presente nas escolas.

Diante do exposto, convém evidenciar que a metodologia do estudo de casos é exigente quanto à participação dos professores. Além de elaborar ou escolher um caso, é preciso planejar e acompanhar sua aplicação. O envolvimento profissional dos professores se inicia a partir da consciência de que será preciso dominar o conhecimento necessário a elucidar o caso e até a transcender esse domínio, o que é um desafio; passa pela avaliação prévia dos alunos, para a adequação do caso ao perfil da turma e ao ambiente em que os estudantes estão inseridos; pela escolha adequada do caso e da estratégia didática que será usada no processo de ensino; e permanece durante toda a atividade (Pazinato, Braibante, 2014).

É com essa consciência que este trabalho se propõe a contribuir para a popularização do método, não só debatendo sua validade e apontando as características de um bom caso, mas também colocando à disposição dos professores o acesso a 01 (um) caso pronto e avaliado em sua aplicação, de modo a que possa servir como inspiração para a elaboração de novos casos ou mesmo para ser apropriado e empregado em outros contextos educativos, por quem desejar fazê-lo.

O caso *Elementos em tempos de guerra*

Há várias fontes de inspiração que podem ser utilizadas na produção dos casos, tais como artigos de divulgação científica, artigos originais de pesquisa e filmes comerciais. Para este trabalho usamos o livro "A colher que desaparece" (Kean, 2011) o qual pode ser considerado uma fonte diferenciada de inspiração, uma vez que traz para o contexto do ensino de Química uma obra literária que aborda fatos históricos em que a Química se faz presente, abrindo assim possibilidades para projetos interdisciplinares na escola.

Este livro narra, em 19 capítulos, episódios reais que envolveram a descoberta e o uso dos elementos químicos. O autor caminha pela Tabela Periódica mostrando alguns conceitos científicos e propriedades dos elementos, sempre remetendo às suas origens e contextos em que foram formulados e aplicados.

A escolha para a elaboração do caso recaiu sobre o capítulo 5, intitulado "Elementos em tempos de guerra". O capítulo aborda o uso do Bromo na composição de gases lacrimogêneos utilizados durante a Primeira Guerra Mundial, e a substituição posterior dele pelo elemento Cloro, a fim de

potencializar o efeito dos gases. O objetivo foi trabalhar os conteúdos químicos relacionados às distribuições eletrônicas e à propriedade periódica Raio Atômico, a fim de levar a que os estudantes compreendessem por que o uso do Cloro potencializou o efeito do gás lacrimogêneo. A ideia central foi que os próprios alunos pudessem “encarnar” a Tabela Periódica, sendo essa a ferramenta capaz de ajudar os estudantes a solucionar o caso.

O caso criado recebeu o mesmo título que o capítulo que o inspirou, “Elementos em tempos de guerra”, como se poderá ver na Figura 1.

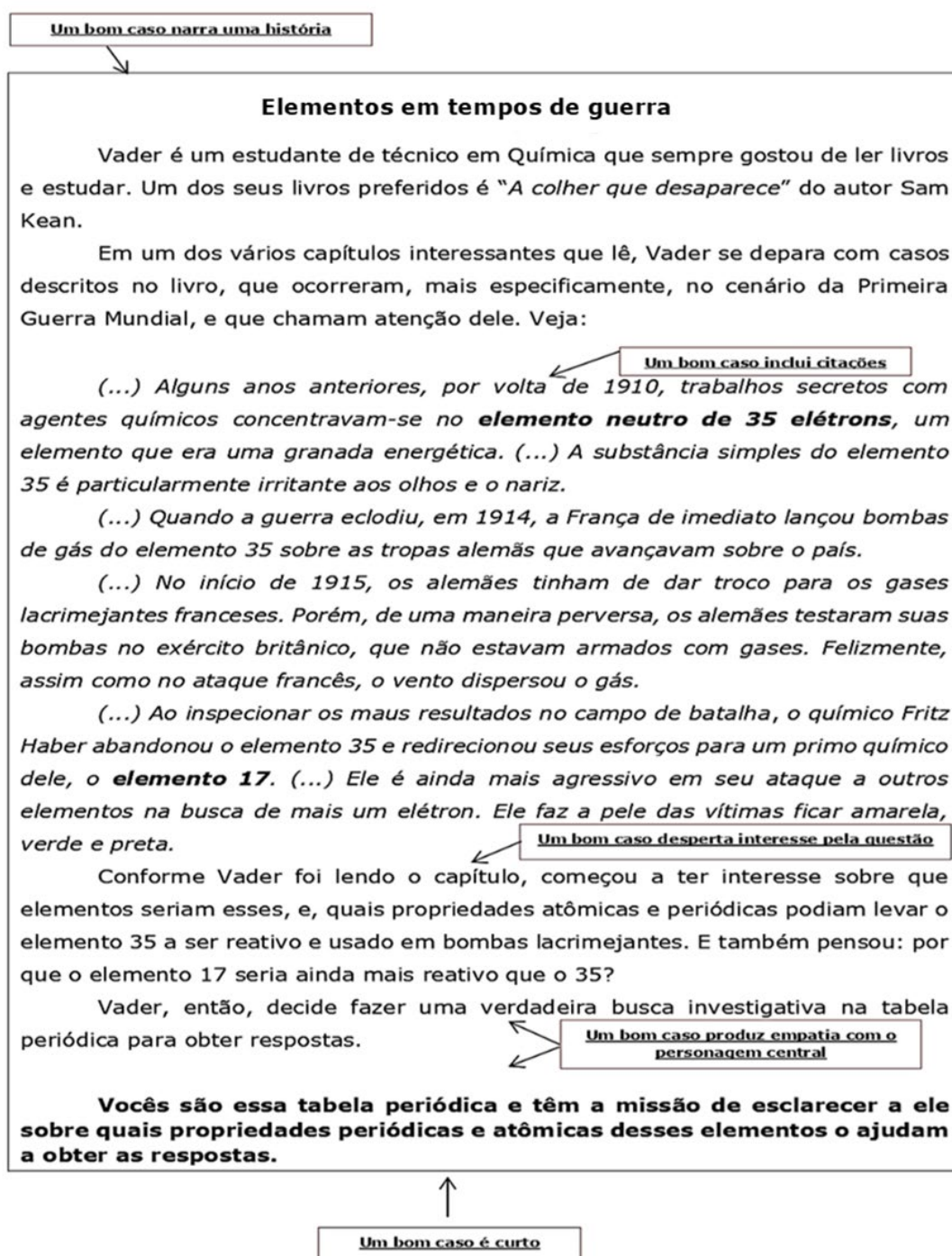


Figura 1. O caso com as respectivas indicações que devem ser consideradas para se elaborar um bom caso, segundo as definições de Herreid (1998a).

As partes transcritas diretamente do livro estão em itálico, adaptadas, retirando-se algumas frases não relevantes e as palavras "Bromo" e "Cloro", substituídas por "elemento neutro de 35 elétrons" e "elemento 17", respectivamente. Sendo assim, os alunos deveriam, de fato, utilizar a Tabela Periódica e ter conhecimentos sobre estrutura atômica e propriedades periódicas para encontrar quais seriam tais elementos e justificar a troca que ocorreu.

A dificuldade encontrada para seguir as definições de Herreid (1998a) se deu no aspecto de que "um bom caso é curto". Elaborar um caso que tenha algumas das suas definições, ainda ter como inspiração um livro, e ser curto exigiu cuidados para se saber quantos parágrafos seriam necessários do livro e como encaixar uma história que ao mesmo tempo tivesse algum fim pedagógico, sem parecer curiosidade, tivesse relevância aos alunos e não ficasse longo.

Em seguida, foi preciso escolher de que forma o texto seria abordado em sala de aula. A fim de que o trabalho aplicado pudesse ser dinâmico, oportunizando reflexões, colaborações e debates, a escolha recaiu sobre o formato de "atividades em pequenos grupos", a fim de que os estudantes se envolvessem em equipe na solução do problema (Herreid, 1998b).

A atividade desenvolvida

Esta proposta educativa se desenvolveu como Trabalho de Conclusão de Curso da graduação em Química, licenciatura, recebida em duas turmas da Educação Profissional Técnica de Nível Médio, Curso Técnico em Química, com 27 e 35 alunos, respectivamente. Da matriz curricular para o primeiro período deste curso consta a Química Geral I, cuja ementa apresenta, dentre outros conteúdos, a Classificação Periódica. O planejamento da atividade que seria realizada partiu desse direcionamento curricular e da análise do perfil dos alunos de cada turma: ainda adolescentes, recém-saídos do Ensino Fundamental.

Para se alcançar os objetivos pretendidos, o trabalho se iniciou com uma aula de cerca de 1h30min para a introdução de conceitos, da qual fez parte uma atividade prática na qual os estudantes, tendo o conhecimento químico que permite descrever a distribuição eletrônica dos diferentes átomos, foram convidados a organizá-los em razão de semelhanças em suas estruturas.

O início dessa aula foi tecido para questionar aos alunos sobre o que eles pensavam ser uma tabela periódica e qual sua utilidade; como eles achavam que sua construção havia sido feita e se alguma vez tinham pensado sobre isso. Algumas informações fizeram parte dessa aula: imagens das primeiras tentativas de organizar os elementos em tabelas; os principais cientistas envolvidos; a Tabela Periódica moderna, com esclarecimentos acerca de estar baseada nas configurações eletrônicas dos elementos; e uma linha do tempo para que os alunos pudessem fazer uma correlação temporal entre o desenvolvimento da Tabela Periódica e da teoria atomística.

Nesta etapa, procurou-se falar e discutir acerca da epistemologia dos conceitos químicos, mostrar que a Classificação Periódica tem história, foi

fruto de embates entre teorias. Com isso, houve a oportunidade para organizar debates que permitissem concluir que está equivocada a concepção, ainda muito presente no senso comum, de que conceitos científicos são “descobertos”, que estão prontos e são irrefutáveis, indo ao encontro da *necessária renovação do ensino de ciências*, de que falam Cachapuz e colaboradores (Cachapuz *et al.*, 2005).

A segunda etapa foi a construção, pelos alunos, de um modelo gráfico de organização dos elementos. Eles já haviam estudado a distribuição eletrônica dos elementos químicos e a própria história da Tabela, aspectos teóricos necessários à realização da atividade.

Cada aluno recebeu uma folha de papel em formato A4, quadriculada com 7 linhas e 32 colunas. Inicialmente, eles foram orientados a numerar cada linha, colocando os números de 1 a 7 à esquerda dessa tabela, indicando o número de camadas eletrônicas que teria cada elemento, e, acima de cada coluna, o número de elétrons contidos na(s) respectiva(s) camada(s) de valência (foi informado o nível eletrônico das camadas de valência, visto serem estudantes ainda muito jovens e iniciantes no curso de Química. Acreditamos que em cursos de graduação basta ser solicitado fazer a colocação de cada elemento na tabela usando lápis e borracha, porque deslocamentos serão necessários). Para esta atividade, em vista da lógica que está sendo usada, foi necessário considerar a Tabela Periódica em sua forma longa.

Em seguida, eles deveriam colocar o elemento que contém apenas um elétron (sendo indiferente que soubessem ser o Hidrogênio, ou não) na primeira linha e primeira coluna da tabela (quadrado superior, à esquerda). Com isso, a construção prosseguiria usando o Diagrama de Pauling, sempre acrescentando um elétron ao último elemento já colocado na tabela e localizando cada novo elemento respeitando as coincidências observadas, fosse quanto ao número de camadas eletrônicas, ou quanto à configuração eletrônica da camada de valência.

O objetivo da atividade foi que a tabela construída por eles transcendesse a ideia de ser somente uma fonte de consulta, ressignificando-a ao ver surgir o seu perfil característico, em vista de seus próprios conhecimentos sobre a configuração eletrônica dos elementos químicos.

Na Figura 2 consta como um exemplo do que estava sendo elaborado pelos alunos na atividade realizada.

Como resultado deste momento, temos que, quando a ideia de uma tabela periódica começava a tomar forma, muitos alunos ficavam encantados expressando verbalmente interjeições como “Ahhhh” “Ihhhhh” seguidos das gírias “Que maneiro!” “Muito legal!”, indicando que entenderam a atividade que estavam realizando e que estavam felizes ao recriar, com um novo significado para eles, uma ferramenta científica que já se tornou patrimônio de todas e todos (Adúriz-Bravo, 2010).

Ao término da aplicação desta atividade, os alunos foram informados sobre o estudo de caso que fariam dentro de duas semanas, depois que o professor da turma abordasse o conteúdo de propriedades periódicas. Após

essas duas semanas, o estudo do caso "Elementos em tempos de guerra" foi realizado com os alunos.

The image shows a hand-drawn periodic table on a grid. The elements are arranged in rows and columns. Above the table, the subshells $1s^1$ through $7s^1$ are written. Below the table, several chemical configurations are written, such as $C-1s^2 2s^2 2p^2$, $Ne-1s^2 2s^2 2p^6$, $P-[Ne] 3s^2 3p^3$, and $Ca-[Ar] 4s^2$. The table includes elements like H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Kr.

Figura 2. Tabela periódica construída durante a atividade

Nesta aula, os alunos foram divididos em 4 grupos, e uma folha em que estava impresso o caso foi distribuída a eles. Também foi disponibilizado um conjunto de orientações e perguntas que serviram como guia para a solução do caso: 1) Listem termos ou frases que pareçam ser importantes para a compreensão do assunto abordado no caso; 2) Discutam sucintamente: a) De que trata o caso? b) Quais são os temas principais do caso? c) O que nós sabemos sobre o caso? d) O que nós ainda precisamos saber para solucionar o caso?; 3) Usem seus conhecimentos químicos para atender ao que é solicitado; 4) Expliquem: Como vocês chegaram à resposta?

Inicialmente, os alunos demonstram muita insegurança, mas, com supervisão, apoio e encorajamento passaram a confiar no que estavam realizando. Durante cerca de 60 min os alunos utilizaram a Tabela Periódica e os conceitos químicos aprendidos (configurações eletrônicas e propriedades periódicas), como também sua criatividade, capacidade argumentativa e habilidades para o trabalho em equipe, como meios para solucionarem os casos. Assim que todos finalizaram, um representante de cada grupo explicou a todos como a resposta foi alcançada.

Segue-se a transcrição da fala da representante de um dos grupos. É possível observar que há um erro relacionado à propriedade periódica que levou ao uso do Cloro, em lugar do Bromo, na arma química que estava sendo analisada:

Eles começaram utilizando o elemento 35, que era o bromo. O bromo causava irritação nos olhos, e tal... (...) Eles precisavam de algo que fosse mais potente (...). Eles começaram a estudar e eles descobriram o elemento 17. Se você procurar ali na tabela, você vai ver que é o cloro. (...) E, tipo assim, o gás cloro é muito prejudicial, ele causa danos muito maiores (...). Então era uma arma muito mais propícia a ser utilizada naquela ocasião. A gente percebeu que nos

estudos que foram feitos, podem ser utilizados principalmente o raio atômico e energia de ionização, porque tem a ver com a energia fornecida para retirar os elétrons do cloro que é maior que a do bromo, então o cloro causa danos maiores no corpo que o bromo (sic).

Fica evidente, no erro cometido, que o grupo dessa aluna pensou na propriedade periódica *energia de ionização* como responsável pela substituição de Bromo por Cloro, interpretando a “energia maior” do cloro como um aspecto favorável à ocorrência de reação. Seria então necessário voltar ao conceito de energia de ionização, esclarecendo que esta energia, na verdade, por ser uma energia necessária para a remoção de um elétron do átomo em seu estado fundamental, não é a propriedade periódica que explica por que o Cloro apresenta vantagens em relação ao Bromo, na situação descrita. As propriedades que seriam aceitas como corretas seriam raio atômico e afinidade eletrônica.

Por ser uma curiosidade, trazemos a explicação conforme está no livro que inspirou o caso: “O cloro é mais agressivo em seu ataque a outros elementos na busca de mais um elétron e, por ser menor, [...] pode atacar células do corpo com muito mais rapidez” (Kean, 2011, pos. 1214).

Apesar do erro, considerou-se que logo após a fala da estudante não seria certo intervir, pois, além de atrapalhar a exposição dos demais grupos, poderia causar certo desconforto e algum constrangimento na situação. Some-se a isso que, durante essas explicações, eventuais erros conceituais foram confrontados com outras explicações, de outros grupos, o que, em muitos casos, já solucionou as dúvidas e dificuldades de interpretação quanto às propriedades periódicas envolvidas. Ao final, estes erros foram abordados como oportunidades para corrigir equívocos e reforçar as aprendizagens.

Levando-se em consideração que se tratava de duas turmas do 1º período, com alunos entre 13 e 15 anos, oriundos de realidades sociais e educacionais diferentes, as propriedades periódicas pensadas por eles, bem como o desenvolvimento dos argumentos na oralidade, foram bem apresentados, por se pronunciarem bem e buscarem, de fato, informações disponíveis na Tabela Periódica.

A avaliação da metodologia empregada e das aprendizagens

A avaliação do trabalho desenvolvido foi realizada mediante um debate ao final da discussão dos casos e da apresentação da solução encontrada por cada grupo. Nesta etapa, cada um, segundo sua própria vontade, disse o que achou da metodologia: se o caso era difícil; quais dificuldades tiveram; em que a metodologia os ajudou; e se eles acharam algum ponto negativo.

As frases que mais foram ouvidas diziam, por exemplo, “[...] foi muito legal, porque aprendi a trabalhar em grupo”, “[...] me ajudou a entender como a tabela funciona, como relacionar os elementos nela” e “Me ajudou a entender como que aquele cientista fez a relação dos elementos lá”. São afirmações que remetem ao que foi aprendido e que acabam por dar conta do sucesso da metodologia empregada.

Especificamente quanto à avaliação das aprendizagens, a própria solução do caso, pelos alunos, trouxe os dados a serem interpretados como resultados do trabalho. Com pequenas exceções, os alunos chegaram às respostas esperadas. Mostraram ter compreendido como a Tabela Periódica que usamos hoje está organizada e como poderão empregá-la, enquanto técnicos químicos, para explicar ou antecipar comportamentos dos elementos no ambiente que os circunda, a partir de suas configurações eletrônicas e de suas propriedades periódicas.

Esta experiência educativa vem referendar percepções expressas em outros trabalhos, desenvolvidos tanto na educação básica quanto na educação superior. As publicações analisadas, entre as quais esta procura se inserir, apontam vantagens para a contextualização das aprendizagens nas vivências dos estudantes (Grings, Passos, Pazinato, 2023; Kuchla, Souza, 2017), afirmando também o potencial do método para o aprendizado significativo, fundamentado em David Ausubel (Silva, Rosa, 2023) e abordando o valor da metodologia para englobar questões humanistas aos conceitos científicos, na perspectiva freireana (Francisco, 2013). Ressalte-se aqui, que identificamos as mesmas potencialidades no trabalho que apresentamos, sendo esse contextualizado na história do conhecimento químico, o que vem a somar uma nova possibilidade às abordagens contextualizadas nas situações presentes.

Queremos destacar dois trabalhos cujas características foram avaliar se houve sucessos, nas aprendizagens, com o uso de amostras mais amplas, menos localizadas. Foram estudos realizados em cursos de nível superior, mas acreditamos que a mesma potencialidade pode ser esperada em cursos de nível médio, desde que respeitadas as características apresentadas pelos estudantes, tais como conhecimentos anteriores e maturidade intelectual e emocional.

López-Silva *et al.* (2024), em estudo que durou 10 anos, aplicado a universidades de Cuba, Moçambique e Peru, vêm demonstrar que existem diferenças significativas quanto ao grau de aprendizagem adquirido pelos estudantes, quando se compara a Aprendizagem Baseada em Problemas - PBL (no caso, associada à sala de aula invertida) com a metodologia tradicional.

Já Gil-Galván, R., Martín-Espinosa e Gil-Galván, F.J. (2021) buscaram em uma larga amostra da Universidad de Sevilla a percepção de estudantes acerca da PBL, através da qual puderam concluir que há uma atitude geralmente positiva acerca da aplicação do método, com a atribuição de valores médios a altos às competências científicas adquiridas, sendo que as competências participativas e pessoais foram as que alcançaram menores graus. Quanto a esse último aspecto, em nosso trabalho observamos resultados diferentes, em respostas que expressaram satisfação ao “descobrir” o princípio que rege a Classificação Periódica e a alegria do trabalho em grupo, das aprendizagens colaborativas, como pudemos descrever acima.

Por fim, queremos retomar percepções de Silva e Rosa (2023), que observaram que nem todos os alunos reagem da mesma maneira ao método. Segundo os autores, para que a proposta seja bem-sucedida, é

preciso que os alunos estejam dispostos a aprender e que os professores também se mantenham ativos, como mediadores.

Enquanto reflexões docentes, podemos dizer, a partir da experiência descrita, o quanto foi importante compreender algumas dificuldades dos alunos (como o nervosismo, as inseguranças, os pequenos erros construtivos) e ajudá-los durante a solução do caso levado à turma, sem julgá-los e buscando mostrar que eles seriam capazes de realizar as tarefas propostas. Isso fez com que os alunos criassem um vínculo saudável entre o ambiente (sala de aula), a professora (licencianda) e o método em si.

Pensamos termos tido sucesso, quanto a esses aspectos, o que procuramos apontar e discutir ao longo do relato da experiência.

Conclusões

A experiência trazida aqui foi empreendida como parte da formação de uma professora de Química, a nível de Graduação. Acreditamos que a tarefa a ela proposta – abordar a estrutura da Classificação Periódica e as propriedades periódicas dos elementos químicos, em uma turma de Ensino Médio integrada à Educação Profissional de Nível Técnico - se configurou, ela mesma, como um “problema”; no limite, como um “caso” a ser estudado e solucionado pela Licencianda. Os resultados se mostram satisfatórios.

O estudo do caso “Elementos em tempos de guerra” mostrou-se promissor para a formação de técnicos em Química, que estão se preparando para serem, não apenas mão-de-obra habilidosa, mas profissionais qualificados, capazes de executar tarefas complexas com competência e responsabilidade. O método empregado também contribuiu para que os alunos pudessem perceber que a ciência não é algo pronto, tomando um novo significado, em que a ciência assume um papel de algo que é construído em sociedade, com muito empenho e dedicação dos cientistas.

Os resultados obtidos demonstram que os objetivos propostos foram alcançados. Com relação à atividade escolar desenvolvida, além da aprendizagem dos conceitos químicos, foi possível perceber que dar a voz aos estudantes, sem julgá-los, para que eles mesmos discutissem e resolvessem um caso, de forma independente, fez com que a aula pudesse ser mais leve e prazerosa e eles se sentissem mais seguros, explorando mais de suas capacidades, superando alguma vergonha que os pudessem impedir de se manifestarem e se exporem, evidenciando que eles são capazes, mais do que eles mesmos poderiam suspeitar. Quanto à formação inicial docente da primeira autora, acreditamos que a provocação para que abordasse o ensino de um tema do currículo do Ensino Médio com metodologia ativa e inovadora, levou à realização de estudos e ao desenvolvimento de práticas que contribuíram significativamente com a sua preparação profissional. Razão pela qual estimulamos que outros trabalhos de Conclusão de Curso de mesma natureza sejam propostos aos futuros professores.

Agradecimentos

Ao professor Antonio da Silva Florencio, agradecemos por permitir que este trabalho fosse aplicado em suas turmas.

Referências bibliográficas

Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., e Aragón-Méndez, M. M. (2017). *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia: Resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica*. Madrid: IBERCIENCIA/OEI.

Adúriz-Bravo, A. (2010). *Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos*. En Actes de II Congrès Internacional de Didàctiques. Girona (ESP), Universidad de Girona.

Bacich, L., e Moran, J. (2018). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso.

Bassoli, F. (2014). Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. *Ciência & Educação*, 20(3), 579-593. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000300005>. Recuperado de: <http://educa.fcc.org.br/pdf/ciedu/v20n03/v20n03a05.pdf>

Berbel, N. A. N. (2011). As metodologias ativas e a promoção da autonomia dos estudantes. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, 32(1), 25-40. DOI: 10.5433/1679-0383.2011v32n1p25. Recuperado de: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6236554/mod_resource/content/1/10326-49335-1-PB.pdf

Cachapuz, A., Gil-Pérez, D., Carvalho, A. M. P., Praia, J., e Vilches, A. (2005). *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez.

Cachapuz, A., Praia, J., e Jorge, M. (2004). Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. *Ciência & Educação*, 10(3), 363-381. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132004000300005>. Recuperado de: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/dJV3LpQrsL7LZXYkPX3xrwj/abstract/?lang=pt>

Camargo, F., e Daros, T. (2018). *A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo*. Porto Alegre: Penso.

Chassot, A. (2000). *Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação*. Ijuí: Unijuí.

Costa, T. P. A., Nogueira, C. S. M., e Cruz, A. F. (2023). As atividades práticas no ensino de ciências: limites e possibilidades sobre o uso desse recurso didático no processo de ensino-aprendizagem. *Revista Macambira*, 4(2), 1-21. DOI: 10.35642/rm.v4i2.501. Recuperado de: <https://revista.lapprudes.net/index.php/RM/article/view/501>

Forato, T. C. M., e Moura, B. A. (orgs). (2017). *Histórias das ciências, epistemologia, gênero e arte: ensaios para a formação de professores* [online]. São Bernardo do Campo: Editora UFABC.

Francisco, W. (2013). El uso de un caso de investigación para el estudio de los métodos electrolíticos: Una experiencia en la educación superior. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 419-439. Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen12/REEC_12_3_3_ex709.pdf

Freitas-Reis, I., e Faria, F. L. (2015). Abordando o Tema Alimentos Embutidos por Meio de uma Estratégia de Ensino Baseada na Resolução de Casos: Os Aditivos Alimentares em Foco. *Química Nova na Escola*, 37(1), 63-70. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20150009>. Recuperado de: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_1/10-AF-92-13.pdf

Gama, T. V., Santos, A. R., e Queiroz, S. L. (2020). Estudo de caso e aprendizagem cooperativa: contribuições para o desenvolvimento do pensamento crítico na educação básica. *Experiências em Ensino de Ciências*, 15(2), 1-21. Recuperado de: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID712/v15_n2_a2020.pdf

Gil-Galván, R., Martín-Espinosa, I., e Gil-Galván, F.J. (2021). Percepciones de los estudiantes universitarios sobre las competencias adquiridas mediante el aprendizaje basado en problemas. *Educación XXI*, 24(1), 271-295. DOI: 10.5944/educXX1.26800. Recuperado de: <https://revistas.uned.es/index.php/educacionXX1/article/view/26800/22165>

Glasgow, N. A. (2019). Ensino e aprendizagem hoje: modelos básicos e opções. Em R. M. Lopes, M. V. Silva Filho e N. G. Alves (Orgs.), *Aprendizagem baseada em problemas: fundamentos para a aplicação no ensino médio e na formação de professores*. (pp. 17-45). Rio de Janeiro: Publiki.

Grings, B., Passos, C. G., e Pazinato, M. S. (2023). *Resolução de problemas sobre a temática "Esportes - Olimpíada 2020" no ensino de Química Orgânica*. Em Anais do 42º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Herreid, C. F. (1998a). What makes a good case? *Journal of College Science Teaching*, 27(3), 163-169. Recuperado de: <https://www.ecsb.org/wp-content/uploads/2016/09/What-Makes-a-Good-Case.pdf>

Herreid, C. F. (1998b). Sorting potatoes for Miss Bonner: bringing order to case study methodology through a classification scheme. *Journal of College Science Teaching*, 27(4), 236-239. Recuperado de: https://static.nsta.org/case_study_docs/resources/Sorting_Potatoes.pdf

Hodson, D. (1988). Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 53-66. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-5812.1988.tb00144.x>

Kean, Sam. (2011). *A colher que desaparece: e outras histórias reais de loucura, amor e morte a partir dos elementos químicos*. Rio de Janeiro: Zahar, versão Kindle.

Kuchla, M., e Souza, L. B. P. (2017). Desenvolvimento de um caso simulado CTS através do uso da técnica de controvérsia no ensino de Química Orgânica. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(5), 68-81.

Recuperado de:
<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/640>

López-Silva, M., Carmenates-Hernández, D., Requejo-Pacheco, G., Brown-Manrique, O., Mujica-Cervantes, A., Brazao-Tembe, F., y Guivala, B. (2024). Aula invertida y el aprendizaje basado en problemas en la enseñanza de la hidrología a estudiantes de ingeniería civil en Cuba, Perú y Mozambique. *Tecnología y ciencias del agua*, 16(2), 1-33. DOI: 10.24850/tyca-16-2-6. Recuperado de <https://revistatyca.org.mx/index.php/tyca/libraryFiles/downloadPublic/261>

Lopes, R. M., Silva Filho, M. V., e Alves, N. G. (orgs.). (2019). *Aprendizagem baseada em problemas: fundamentos para a aplicação no ensino médio e na formação de professores*. Rio de Janeiro: Publiki.

Moran, J. (2015). Mudando a Educação com Metodologias Ativas. Em C. A. Souza e O. E. T. Morales (Orgs.). *Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens*. (pp. 15-33). Ponta Grossa: PROEX/UEPG.

Moran, J. (2019). *Metodologias ativas de bolso: Como os alunos podem aprender de forma ativa, simplificada e profunda*. São Paulo: Arco 43 Editora.

Pazinato, M. S., e Braibante, M. E. F. (2014). O estudo de caso como estratégia metodológica para o ensino de química no nível médio. *Revista Ciências & Ideias*, 5(2), 1-18. Recuperado de: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/reci/article/view/317>

Piccoli, F. (2016). *Aprendizagem baseada em problemas: uma estratégia para o ensino de química no ensino médio*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Recuperado de: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/153224>

Piletti, C. (2011). *Didática Geral*. São Paulo: Ática.

Praia, J., Gil-Pérez, D., e Vilches, A. (2007). O papel da Natureza da Ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, 13(2), 141-156. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000200001>. Recuperado de: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/t9dsTwTyrrbz5qC3y5gCVGb/?format=pdf&lang=pt>

Queiroz, S. L. (2016). *Estudo de Casos Aplicados ao Ensino de Ciências da Natureza: Ensino Médio*. São Paulo: Centro Paula Souza - Setec/MEC

Ribeiro, L. R. C. (2010). *Aprendizagem Baseada em Problemas: uma experiência no Ensino Superior*. São Carlos: EdUFSCar.

Sá, L. P., e Queiroz, S. L. (2017). *Estudos de Casos no Ensino de Química 1*. Curitiba: CRV.

Sá, L. P. e Queiroz, S. L. (2010). *Estudo de Casos no Ensino de Química*. Campinas: Átomo.

Salvador, D. F., Rolando, L. G. R., Oliveira, D. B., e Vasconcellos, R. F. R. (2014). Aplicando os princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas

como modelo instrucional no contexto de uma feira de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 292-317. Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen13/REEC_13_3_3_ex839.pdf

Silva, L. M., e Rosa, E. A. (2023). O caso dos rabiscos das canetas: Uma abordagem para o ensino de Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 362-385. Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen22/REEC_22_2_9_ex2067_896.pdf

Silva, L. C. P., Silva, V. J. V., Lopes, T. N., e Santos, A. M. (2022). A Temática dos Agrotóxicos para o Ensino de Química Orgânica: Uma Experiência com o Método do Estudo de Caso no Ensino Médio Regular. *Química Nova na Escola*, 44(2), 259-269. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160316>. Recuperado de: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc44_2/18-ODS-13-22.pdf

Souza, N. S., Cabral, P. F. O. e Queiroz, S. L. (2018). Ambiente Virtual de Aprendizagem para a aplicação de atividades didáticas pautadas na resolução de Estudos de Caso. *Química Nova na Escola*, 40(3), 153-159. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160125>. Recuperado de: <http://qnesc.sbq.org.br/online/artigos/04-EQM-11-18.pdf>

Tomaz, A. R., Novaes, S. M., Machado G. S., Crispim, C. V., e Massena, E. P. (2019). O Método de Estudo de Caso como alternativa para o ensino de Química: um olhar para o Ensino Médio noturno. *Química Nova na Escola*, 41(2), 171-178. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160158>. Recuperado de: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc41_2/09-RSA-48-18.pdf