

Análise de questões do Enem sobre funções inorgânicas à luz da Taxonomia de Bloom Revisada

Analysis of Enem questions on inorganic functions in light of the Revised Bloom's Taxonomy

Blanchard Silva Passos¹
Ana Karine Portela Vasconcelos²

Resumo

O Ensino da Química encontra desafios consideráveis no que se referem à compreensão dos conceitos pelos estudantes, causando frustração, haja vista que esses sujeitos não se veem capazes de aprender e, ao mesmo tempo, têm dificuldade em reconhecer a importância dessa disciplina em suas vidas. Neste sentido, o presente estudo analisou três questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) sobre funções inorgânicas, utilizando a Taxonomia de Bloom Revisada em uma abordagem qualitativa. O ENEM desempenha um papel importante como um instrumento de acesso ao ensino superior e como uma ferramenta de avaliação e aprimoramento do sistema educacional brasileiro. O objetivo do estudo foi identificar as dimensões do processo cognitivo e do conhecimento enfatizadas nas perguntas. A análise revelou que as questões priorizaram as dimensões "Lembrar", "Entender" e "Aplicar". Algumas incursões em "Analisar" e "Avaliar" foram observadas. Notavelmente, a categoria "Aplicar" foi enfatizada, desafiando os alunos a aplicar seus conhecimentos químicos de forma prática. Com relação a dimensão do conhecimento, as questões abordaram principalmente as dimensões de Conhecimento Conceitual e Conhecimento Procedural, com elementos de Conhecimento Metacognitivo.

Palavras chave: Ensino de Química; Taxonomia de Bloom Revisada; Funções Inorgânicas; Enem.

Abstract

The Teaching of Chemistry faces considerable challenges in terms of students' understanding of concepts, causing frustration, given that these subjects do not see themselves as capable of learning and, at the same time, have difficulty recognizing the importance of this discipline in their lives. In this sense, the present study analyzed three questions from the National High School Exam (NHSE) on inorganic functions, using the Revised Bloom's Taxonomy in a qualitative approach. NHSE plays an important role as an instrument for accessing higher education and as a tool for evaluating and improving the Brazilian educational system. The objective of the study was to identify the dimensions of the cognitive process and knowledge emphasized in the questions. The analysis revealed that the questions prioritized the dimensions "Remember", "Understand" and "Apply". Some

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará | blanchard.passos91@aluno.ifce.edu.br

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará | karine@ifce.edu.br

forays into "Analyze" and "Evaluate" were observed. Notably, the "Apply" category was emphasized, challenging students to apply their chemical knowledge in a practical way. Regarding the knowledge dimension, the questions mainly addressed the dimensions of Conceptual Knowledge and Procedural Knowledge, with elements of Metacognitive Knowledge..

Keywords: Chemistry teaching; Revised Bloom's Taxonomy; Inorganic Functions; NHSE.

Introdução

As funções inorgânicas desempenham um papel importante na Química, classificando e explicando uma ampla variedade de compostos químicos. Ácidos, bases, sais e óxidos são as principais funções inorgânicas, desempenhando papéis cruciais em diversos aspectos da vida cotidiana e têm ampla aplicação em diversos setores da ciência, da indústria e da vida cotidiana (Ruiz; Guerrero, 2003).

No ensino, as funções inorgânicas são uma parte importante do currículo de Química, mas frequentemente representam um desafio significativo para os alunos. Possivelmente, essa dificuldade ocorre devido a falta de conexão entre esses conceitos e a vida cotidiana desses sujeitos, podendo levar a uma aprendizagem superficial e à falta de compreensão (Passos, 2022).

Nesse contexto, pretende-se apresentar uma análise de questões presentes na Avaliação Nacional do Ensino Médio (ENEM) que tratem do tema funções inorgânicas, tendo por base a Taxonomia de Bloom Revisada, cujo principal objetivo foi identificar quais dimensões do processo cognitivo e do conhecimento estavam sendo enfatizadas nessas questões.

A Taxonomia de Bloom, originalmente proposta por Benjamin Bloom e colaboradores na década de 1950, estabeleceu-se como uma estrutura pedagógica fundamental na definição das capacidades e habilidades esperadas dos alunos ao longo de seu processo de aprendizado, concentrando-se na classificação de objetivos educacionais (Oliveira; Pontes; Marques, 2015; Pinto, 2016).

Em 2001, a Taxonomia de Bloom foi revisada por um grupo de psicólogos educacionais liderados por David Krathwohl e Lorin Anderson, resultando na chamada Taxonomia de Bloom Revisada. Essa revisão incluiu ajustes e considerações para torná-la mais flexível e adaptável às diversas necessidades e contextos educacionais (Anderson; Krathwohl, 2001; Ortiz; Dorneles, 2019).

Assim, este estudo busca promover uma compreensão mais aprofundada de como esses conceitos são abordados no ambiente educacional, particularmente no ENEM. Essa análise pode, por sua vez, orientar o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de ensino e avaliação, promovendo uma aprendizagem mais significativa e conectada com o cotidiano dos alunos.

O Ensino das Funções Inorgânicas

O estudo da Química enfrenta desafios significativos no que diz respeito à eficácia do ensino e à compreensão dos conceitos por parte dos alunos, onde muitos alunos sentem frustração por não se considerarem capazes de compreender a Química, ao mesmo tempo

em que têm dificuldade em perceber a relevância dessa disciplina em suas vidas cotidianas (Passos *et al.*, 2023).

Esse descolamento entre o conteúdo acadêmico e a realidade do aluno é um obstáculo notável para a aprendizagem significativa dos conteúdos de Química. Como ressaltado por Moraes e Webber (2017), o aprendizado tende a não se concretizar quando os alunos não conseguem associar os tópicos estudados à sua vida cotidiana e essa falta de conexão com a prática diária leva a uma aprendizagem superficial, na qual o conhecimento adquirido não é retido ou aplicado de maneira significativa.

Brito, Lucena e Vieira (2020), asseveram que a abordagem convencional de ensino, que consiste na apresentação seguida por exemplos e exercícios comuns, representa um desafio para aprimorar o aprendizado escolar, especialmente em disciplinas como ciências e matemática, devido à ausência de uma contextualização eficaz das situações de aprendizagem. Na prática, o que prevalece nas salas de aula são as exposições dos professores e a abordagem sistemática na resolução de exercícios, o que compromete a efetividade do processo de ensino.

De acordo com Moraes e Webber (2017), as funções inorgânicas são identificadas como um tópico que frequentemente apresenta desafios significativos na aprendizagem, onde a maior dificuldade está associada à nomenclatura dessas substâncias e à falta de compreensão sobre como elas se aplicam na vida cotidiana.

As funções inorgânicas são um conjunto de substâncias químicas que compartilham características e propriedades químicas semelhantes conforme sua classificação. Essas funções são a base para classificar e compreender uma ampla variedade de compostos químicos e desempenham um papel crucial em muitos aspectos da vida cotidiana. Por exemplo, segundo Garritz e Chamizo (2003), Ácidos e Bases estão envolvidos em processos de limpeza e sem eles não poderiam ser fabricados um grande número de substâncias, entre as quais fertilizantes, vidro, pigmentos, derivados de petróleo, sais, fibras sintéticas, etc.

As substâncias classificadas como Sais são amplamente empregados na indústria de alimentos para realçar o sabor e preservar produtos, e também desempenham um papel fundamental na agricultura. Por outro lado, os Óxidos desempenham uma função essencial em processos de oxidação e redução, como na respiração celular. Além disso, alguns exemplos notáveis incluem o óxido nítrico (NO), que está envolvido em processos de aprendizado e memória, e a magnetita (Fe_3O_4), que atua como catalisador no processo de Haber-Bosch de produção de amônia (NH_3) que é essencial na produção de fertilizantes, fabricação de xampus, medicamentos vasodilatadores cardíacos, anestésicos, antibióticos, germicidas, entre outros. (Cerqueira; Yoshida, 2002; Garritz; Chamizo, 2003; Oliveira; Fabris; Pereira, 2013).

Em resumo, as funções inorgânicas são uma parte fundamental do estudo da Química e têm ampla aplicação em diversos setores da ciência, da indústria e da vida cotidiana, desempenhando um papel vital na compreensão das propriedades e reações de substâncias químicas e são essenciais para o avanço da ciência e tecnologia..

Taxonomia de Bloom Revisada

A Taxonomia de Bloom, também conhecida como a Taxonomia dos Objetivos Educacionais, foi proposta por Benjamin Bloom e colaboradores na década de 1950,

consistindo em uma estrutura pedagógica que visa definir as capacidades e habilidades que se espera que os estudantes adquiram ao longo de seu processo de aprendizado (Oliveira; Pontes; Marques, 2015; Pinto, 2016).

Segundo Passos (2022), esse grupo de pesquisadores desenvolveu um sistema de classificação para três domínios, sendo eles: o cognitivo, o afetivo e o psicomotor. Jenoveva Neto, Santos e Assis (2012), ressaltam que, de forma geral, a taxonomia é muito utilizada no processo de ensino aprendizagem, com a predominância no domínio cognitivo, onde a aprendizagem ocorre com um maior nível de consciência por parte do estudante e, por isso, são mais fáceis de serem classificadas neste domínio.

De acordo com Rodrigues Júnior (2016), o domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom estrutura habilidades em seis níveis de complexidade, sendo eles: lembrar, compreender, aplicar, analisar, sintetizar e avaliar. Segundo Oliveira, Pontes e Marques (2015), essa hierarquia da aprendizagem, partindo de habilidades cognitivas mais simples, como o conhecimento memorizado, até as mais complexas, como o ato de analisar ou avaliar, é essencial para o desenvolvimento de competências e habilidades dos estudantes.

Segundo Galhardi e Azevedo (2013), a Taxonomia de Bloom pressupõe que cada nova conquista requer a habilidade exigida no nível imediatamente anterior. Ela pode ser bastante útil para mover um grupo de estudantes por meio de um processo de aprendizagem, utilizando uma estrutura organizada. Esta progressão hierárquica não apenas facilita o planejamento de aulas e objetivos educacionais, como também reflete a natureza cumulativa do aprendizado, enfatizando que para atingir níveis mais avançados de compreensão e aplicação, é fundamental que o estudante tenha uma base sólida nos níveis anteriores, promovendo uma aprendizagem progressiva.

Embora tenha sido originalmente desenvolvida na década de 1950, em 2001, a Taxonomia de Bloom foi revisada por um grupo de psicólogos educacionais liderados por David Krathwohl e Lorin Anderson, incorporando ajustes e considerações, com o objetivo de aprimorar sua utilidade para educadores e alunos, e tem sido amplamente aplicada em diferentes áreas da educação, auxiliando no planejamento de aulas e estabelecimento de objetivos mensuráveis (Ortiz; Dorneles, 2019).

Essa revisão resultou em ajustes e reorganização das dimensões do processo cognitivo de níveis superiores na taxonomia, incluindo substituições em diferentes tipos e níveis de conhecimento tornando a Taxonomia de Bloom, agora conhecida como Taxonomia de Bloom Revisada (TBR), mais flexível, abrangente e adaptável às diversas necessidades e contextos educacionais, refletindo uma compreensão mais moderna e refinada da aprendizagem e do pensamento.

Conforme Galhardi e Azevedo (2013), na revisão da Taxonomia de Bloom conduzida por Krathwohl e Anderson, a dimensão dos Processos Cognitivos continuou a abranger as seis dimensões do processo cognitivo presentes na taxonomia original, embora tenha havido renomeações em alguns casos, principalmente para refletir suas formas verbais. A categoria originalmente chamada "Conhecimento" passou a ser representada como "Lembrar", enquanto "Compreensão" tornou-se "Entender". Além disso, a categoria "Síntese" foi renomeada para "Criar" e promovida para a categoria mais elevada na hierarquia. As dimensões do processo cognitivo "Aplicação", "Análise" e "Avaliação" também passaram por alterações, sendo agora denominadas "Aplicar", "Analisar" e "Avaliar", respectivamente. Essas mudanças buscaram tornar a taxonomia mais clara e alinhada com

as práticas educacionais contemporâneas. O quadro 1 apresenta as dimensões do processo cognitivo da TBR para a dimensão dos Processos Cognitivos.

Quadro 1 - Estrutura do processo cognitivo na Taxonomia de Bloom Revisada.

Dimensão do processo cognitivo	Descrição
1. Lembrar:	Relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdos. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação e reproduzir ou recordar está mais relacionado à busca por uma informação relevante memorizada.
2. Entender:	Relacionado a estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. A informação é entendida quando o aprendiz consegue reproduzi-la com suas "próprias palavras".
3. Aplicar:	Relacionado a executar ou usar um procedimento numa situação específica e pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova.
4. Analisar:	Relacionado a dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender a inter-relação existente entre as partes.
5. Avaliar:	Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia.
6. Criar:	Significa colocar elementos junto com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimentos e habilidades previamente adquiridos. Envolve o desenvolvimento de ideias novas e originais, produtos e métodos por meio da percepção da interdisciplinaridade e da interdependência de conceitos.

Fonte: Ferraz e Belhot (2010, p. 429) - Adaptado.

No quadro 2, estão resumidas as quatro categorias que compõem a dimensão do conhecimento, cada uma acompanhada de suas respectivas descrições. A relevância das descrições é notável, pois oferecem diretrizes específicas para compreender cada elemento do conhecimento em questão.

Quadro 2 - Estrutura da dimensão do conhecimento na Taxonomia de Bloom Revisada.

Dimensão do conhecimento	Descrição
Conhecimento Factual/Efetivo	Refere-se ao conhecimento fundamental que os alunos precisam dominar para resolver problemas com base nesse entendimento. Relaciona-se a fatos que não requerem compreensão ou combinação, apenas a capacidade de reproduzi-los conforme apresentados. Inclui Conhecimento de terminologia, detalhes e elementos específicos.
Conhecimento Conceitual	Relaciona-se à compreensão das interconexões entre elementos básicos em um contexto mais elaborado, que os alunos devem ser capazes de identificar. Envolve a articulação de elementos simples, organização e explicação de esquemas, estruturas e modelos. Nesta fase, destaca-se não apenas a aplicação de um modelo, mas a consciência de sua existência. Inclui conhecimento de classificação e categorias, princípios e generalizações, e familiaridade com teorias,

	modelos e estruturas.
Conhecimento Processual/Procedural:	Relaciona-se ao conhecimento de "como realizar algo", utilizando métodos, critérios, algoritmos e técnicas. Neste estágio, estimula-se o conhecimento abstrato, embora dentro de um contexto específico e não interdisciplinar. Inclui subcategorias como conhecimento de conteúdos específicos, habilidades e algoritmos; conhecimento de técnicas específicas e métodos; e conhecimento de critérios e discernimento sobre como e quando usar um procedimento específico.
Conhecimento Metacognitivo	Relaciona-se ao reconhecimento da cognição em geral e à consciência da amplitude e profundidade do conhecimento adquirido em um determinado conteúdo. Ao contrário do conhecimento procedural, essa forma de conhecimento está vinculada à interdisciplinaridade. A ideia principal é utilizar conhecimentos previamente assimilados, especialmente aqueles de natureza interdisciplinar, para resolver problemas ou escolher o melhor método, teoria ou estrutura. As subcategorias incluem conhecimento estratégico, compreensão das atividades cognitivas, incluindo contextos preferenciais e estilos de aprendizagem, e autoconhecimento.

Fonte: Anderson e Krathwohl. (2002, p. 29).

A taxonomia cognitiva original de Bloom era uma forma unidimensional. Com a adição da dimensão do conhecimento, a Taxonomia de Bloom Revisada assume a forma de uma tabela bidimensional (quadro 3), onde uma das dimensões identifica a Dimensão do Conhecimento (ou o tipo de conhecimento a ser aprendido), enquanto a segunda identifica a Dimensão do Processo Cognitivo (ou o processo usado para aprender).

Quadro 3 - A Estrutura da Taxonomia de Bloom Revisada.

Dimensão do conhecimento	Dimensão do Processo Cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Conhecimento Factual/Efetivo						
Conhecimento Conceitual						
Conhecimento Processual/Procedural:						
Conhecimento Metacognitivo						

Fonte: Anderson e Krathwohl (2001, p. 28).

Metodologia

Para esse estudo, foi realizada a análise de três questões do ENEM que tratavam do tema funções inorgânicas utilizando para isso os pressupostos da Taxonomia de Bloom Revisada (TBR), cujo principal objetivo foi determinar quais dimensões do processo cognitivo e do conhecimento estavam sendo priorizadas nas perguntas.

Quanto à natureza da pesquisa, a mesma utiliza uma abordagem qualitativa, uma vez que a classificação das dimensões do processo cognitivo e do conhecimento é subjetiva, a

partir da compreensão dos pressupostos da TBR e na forma como as questões foram formuladas, incluindo a análise dos verbos utilizados e a definição das dimensões do processo cognitivo. Segundo Sampieri, Collado e Lucio (2013), a pesquisa qualitativa baseia-se em uma abordagem interpretativa que se concentra na compreensão do significado das ações, procurando interpretar ativamente o que está sendo observado.

Resultados e Discussão

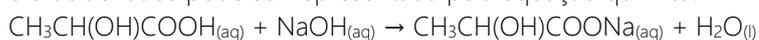
Considerando o que preconiza a Taxonomia de Bloom Revisada, foram examinados os seis níveis da dimensão do processo cognitivo e as quatro categorias da dimensão do conhecimento presentes na Questão 109 da prova azul do segundo dia do ENEM 2017 (Segunda Aplicação), Questão 110 da prova azul do segundo dia do ENEM 2020 Digital e Questão 91 da prova azul do segundo dia do ENEM 2021.

A escolha das três questões de Química do ENEM que abordavam o tema de funções inorgânicas para análise, embora não tenha seguido um método sistemático, foi orientada por critérios específicos que fundamentaram essa seleção. A justificativa para essa escolha baseou-se em dois pontos importantes: relevância temática e diversidade de níveis de complexidade conforme a TBR.

Na prova azul do segundo dia do Enem 2021, foi proposta a questão constante no Quadro 04:

Quadro 04 - Questão 109 da prova azul do segundo dia do Enem 2017 (Segunda Aplicação)

(Enem 2017 PPL) Alguns profissionais burlam a fiscalização quando adicionam quantidades controladas de solução aquosa de hidróxido de sódio a tambores de leite de validade vencida. Assim que o teor de acidez, em termos de ácido láctico, encontra-se na faixa permitida pela legislação, o leite adulterado passa a ser comercializado. A reação entre o hidróxido de sódio e o ácido láctico pode ser representada pela equação química:



A consequência dessa adulteração é o(a)

- Aumento do pH do leite.
- Diluição significativa do leite.
- Precipitação do lactato de sódio.
- Diminuição da concentração de sais.
- Aumento da concentração dos íons H^+ .

Fonte: Enem 2017 (Segunda Aplicação).

A resposta correta para essa questão é a alternativa "a. Aumento do pH do leite", onde a reação entre o hidróxido de sódio (NaOH) e o ácido láctico ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$) produz um sal ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COONa}$) e água (H_2O). Como hidróxido de sódio é uma base forte, a sua adição ao leite aumentaria o pH, tornando-o mais alcalino.

Diante do contexto apresentado, conforme a TBR, a questão envolve os níveis de aprendizagem "Lembrar", "Entender" e "Aplicar". Conforme Anderson e Krathwohl (2001), a habilidade de "Lembrar" diz respeito à capacidade de recuperar ou recordar informações previamente aprendidas, ou seja, está presente quando o aluno é solicitado a recuperar informações ou fatos sem a necessidade de interpretar ou aplicar conhecimento. Neste caso, a questão exige que o aluno lembre que o hidróxido de sódio é um composto alcalino e que por isso seu pH está acima de 7,0.

Para responder a essa questão, o aluno deve não apenas lembrar, mas também "entender" o que acontece quando o hidróxido de sódio é adicionado ao leite adulterado. Anderson e Krathwohl (2001) asseveram que a categoria "Entender" envolve a compreensão, tradução e interpretação de conceitos e princípios. Nesse caso, a compreensão envolve a relação entre a adulteração e as mudanças na composição do leite, entendendo que a reação química entre o hidróxido de sódio e o ácido láctico resulta na neutralização do composto ácido, afetando as propriedades do leite vencido.

Segundo Ferraz e Belhot (2010), a categoria "Aplicar" está relacionada à execução ou utilização de um procedimento em uma situação específica, podendo também abordar a aplicação de um conhecimento em uma situação nova ou familiar, necessitando da integração de informações e a transferência do conhecimento para uma situação prática.

Neste sentido, os estudantes precisam aplicar seu entendimento da reação química de neutralização em um contexto específico para responder à questão, reconhecendo que a adição do hidróxido de sódio neutraliza o ácido láctico, aumentando assim o pH do leite. Portanto, os níveis de aprendizagem predominantes nesta questão são "lembrar", "entender" e "aplicar", com foco na compreensão da reação química e suas consequências no pH do leite.

Conforme as dimensões do conhecimento da Taxonomia de Bloom Revisada (TBR), a questão não aborda diretamente a reprodução de fatos ou informações sem a necessidade de interpretação ou aplicação de conhecimento. No entanto, Ferraz e Belhot (2010) afirmam que não é possível promover ou avaliar um nível de conhecimento mais avançado sem antes ter adquirido todos os níveis anteriores, ou seja, o Conhecimento Factual é necessário para entender os detalhes específicos da reação química apresentada na equação.

Diante desse contexto, a questão exige que os estudantes compreendam a reação química entre o NaOH e o ácido láctico, identificando as mudanças na composição do leite resultantes dessa interação. Isso indica uma presença significativa da dimensão de Conhecimento Conceitual. Segundo Silva e Martins (2014), o Conhecimento Conceitual envolve a capacidade de identificar e relacionar os elementos básicos em um contexto mais elaborado. Essa dimensão está presente na compreensão mais ampla das transformações que ocorrem durante a reação química, resultando na formação de lactato de sódio e água.

Para sua resolução, a questão requer a aplicação do conhecimento sobre a reação química em um contexto específico, reconhecendo as consequências dessa reação no pH do leite. Isso implica a presença da dimensão de Conhecimento Processual. Silva e Martins (2014) ressaltam que o Conhecimento Processual se refere ao entendimento de como realizar determinadas atividades ou resolver problemas específicos. Ele se concentra nos procedimentos, sequências de passos e critérios utilizados para realizar tarefas, desde as rotineiras até a solução de problemas inéditos. Enquanto os conhecimentos factual e conceitual se ocupam do "o quê" do conhecimento, ou seja, dos fatos e conceitos em si, o conhecimento processual está voltado para o "como".

Em suma, enquanto os Conhecimentos Factual e Conceitual lidam com informações e conceitos estáticos, o Conhecimento Processual está mais relacionado às ações e aos métodos dinâmicos necessários para realizar determinadas atividades. Ele abrange a compreensão prática de como aplicar conceitos e informações para atingir um resultado específico.

Apesar de a questão envolver, em certa medida, a compreensão das implicações da reação química na qualidade do leite não há ênfase na reflexão sobre o próprio processo de

pensamento ou na aplicação de conhecimentos interdisciplinares para a resolução da mesma, sugerindo a ausência da dimensão de Conhecimento Metacognitivo.

Segundo Anderson e Krathwohl (2001), o Conhecimento Metacognitivo refere-se ao entendimento e à consciência que uma pessoa tem sobre seus próprios processos cognitivos, ou seja, o conhecimento sobre como pensa, aprende e soluciona problemas. Essa forma de conhecimento vai além do simples conhecimento do conteúdo específico de uma disciplina e envolve a compreensão dos processos mentais envolvidos na aprendizagem e no raciocínio.

Conforme destacado por Brabo (2018), as habilidades metacognitivas capacitam a pessoa a perceber de maneira mais eficaz suas afinidades e/ou dificuldades em relação a um determinado problema, possibilitando o planejamento e avaliação da execução das tarefas cognitivas necessárias para a aprendizagem em questão.

Neste sentido, quando o indivíduo utiliza o Conhecimento Metacognitivo, ele é capaz de refletir sobre suas próprias estratégias de aprendizagem, monitorar seu próprio entendimento, avaliar a eficácia de suas abordagens para resolver problemas e ajustar suas estratégias conforme necessário.

Na prova azul do segundo dia do Enem 2020, foi proposta a questão constante no quadro 05:

Quadro 05 - Questão 110 da prova azul do segundo dia do Enem 2020 Digital

(Enem Digital 2020) Reflorestamento é uma ação ambiental que visa repovoar áreas que tiveram a vegetação removida. Uma empresa deseja fazer um replantio de árvores e dispõe de cinco produtos que podem ser utilizados para corrigir o pH do solo que se encontra básico. As substâncias presentes nos produtos disponíveis são: CH_3COONa , NH_4Cl , NaBr , NaOH e KCl .

A substância a ser adicionada ao solo para neutralizá-lo é

- a. CH_3COONa
- b. NH_4Cl
- c. NaBr
- d. NaOH
- e. KCl .

Fonte: Enem Digital (2020).

A correção do solo consiste em aplicar substâncias que tenham o potencial de neutralizar a acidez ou alcalinidade do solo, ajustando seu pH para um nível adequado ao crescimento das plantas. Se o pH do solo se encontra básico, para neutralizá-lo, deve-se adicionar uma substância de caráter ácido.

Diante disso, a resposta correta para a questão é a alternativa "b. NH_4Cl ," pois o cloreto de amônio (NH_4Cl) é um sal de caráter ácido formado pela reação entre um ácido forte (HCl) e uma base fraca (NH_4OH) e, ao ser adicionado ao solo básico, neutraliza-o, tornando-o mais próximo do valor neutro. Portanto, o aluno está aplicando seu conhecimento sobre o NH_4Cl para escolher essa substância como a apropriada para neutralizar o pH do solo.

A questão apresentada envolve, de acordo com a Taxonomia de Bloom Revisada, as dimensões do processo cognitivo "Lembrar", "Entender", "Aplicar", "Analisar" e "Avaliar", com ênfase na categoria "Aplicar", haja vista que exige uma aplicação prática do conhecimento químico na resolução do problema apresentado.

A dimensão do processo cognitivo "Lembrar" está presente no enunciado, pois a questão exige que o aluno lembre-se das características das substâncias apresentadas e seu efeito no pH do solo recordando quais dessas substâncias são ácidas ou básicas, ou seja, quais têm a capacidade de neutralizar um solo básico.

No entanto, os estudantes precisam entender que o solo básico (alcalino) precisa ser neutralizado, ou seja, que o pH precisa ser ajustado para um valor mais próximo do neutro (pH= 7,0), requerendo para isso a compreensão das propriedades químicas das substâncias disponíveis. Conforme asseveram Trevisan e Amaral (2016), a dimensão do processo cognitivo "Entender" refere-se à capacidade dos alunos interpretarem as ideias e os conteúdos apresentados pelo professor em aula e serem capazes de reproduzi-los com suas próprias palavras, isto é, demonstrar um nível mais profundo de compreensão dos conceitos e informações.

Esse processo de entendimento é fundamental para uma aprendizagem significativa, pois demonstra que os alunos não apenas absorveram o conteúdo, mas também o integraram em seu próprio repertório cognitivo, tornando-o mais acessível e aplicável em diversas situações e contextos.

Já a dimensão do processo cognitivo "Aplicar" é a mais proeminente na questão, uma vez que o aluno é desafiado a aplicar seu conhecimento sobre propriedades químicas e ação de substâncias em uma situação prática. Resultado semelhante foi encontrado por Trevisan e Amaral (2016) ao analisarem provas elaboradas por professores do Ensino Fundamental II e do Ensino Médio em escolas públicas, utilizando a Taxonomia de Bloom Revisada. Eles observaram que a categoria de processo cognitivo "Aplicar" foi amplamente empregada, abrangendo 74% das questões analisadas nas provas, corroborando com o dado encontrado no presente estudo.

Conforme Anderson e Krathwohl (2001), a dimensão do processo cognitivo "Aplicar" refere-se à habilidade de utilizar o conhecimento adquirido para a resolução de problemas práticos e em novas situações. Para escolher a resposta correta, o aluno deve aplicar seu conhecimento de que um solo básico (alcalino) deve ser neutralizado com uma substância de caráter ácido. Portanto, ele precisa aplicar esse princípio para escolher a substância apropriada para corrigir o pH do solo básico.

A dimensão do processo cognitivo "Analisar" também está presente na resolução, uma vez que os alunos são obrigados a analisar as propriedades das substâncias apresentadas e identificar quais delas podem ser usadas para neutralizar o solo básico, considerando as propriedades ácido-base das substâncias.

Segundo Anderson e Krathwohl (2001), a dimensão cognitiva "Analisar" envolve a habilidade de desmembrar o conteúdo em partes menores, a fim de compreender a estrutura geral. Neste sentido o aluno deve ser capaz de identificar individualmente as substâncias disponíveis, compreender suas características e analisar como elas reagem com o solo alcalino. Trevisan e Amaral (2016) asseveram que questões dessa dimensão exigem que o aluno identifique padrões, relações e conexões entre diferentes elementos, bem como que faça inferências e generalizações a partir dessas análises.

Embora de maneira indireta, a dimensão do processo cognitivo "Avaliar" também pode ser identificada na questão, uma vez que os alunos precisam fazer uma avaliação das propriedades de cada substância em relação ao pH do solo e determinar qual delas é a mais apropriada para a correção, envolvendo uma avaliação crítica das opções disponíveis. A dimensão "Avaliar" envolve fazer julgamentos com base em critérios estabelecidos, onde

os alunos podem avaliar as opções disponíveis e tomar uma decisão com base em seu entendimento (Anderson; Krathwohl, 2001).

Em relação às dimensões do conhecimento da TBR, há a presença da dimensão de Conhecimento Factual nessa questão, haja vista que o mesmo se torna necessário para resolução da questão, porém, a questão exige que os estudantes compreendam as propriedades químicas das substâncias apresentadas, especialmente em relação ao ajuste do pH do solo. Isso indica uma presença significativa da dimensão de Conhecimento Conceitual.

A questão envolve também a aplicação prática do conhecimento químico na escolha da substância apropriada para corrigir o pH do solo, ou seja, os estudantes precisam saber como as substâncias químicas interagem com o solo para neutralizá-lo, exigindo o uso de métodos e procedimentos específicos, implicando assim, conforme assevera a TBR, na presença clara da dimensão do Conhecimento Processual.

A questão não destaca a reflexão sobre o próprio processo de pensamento ou a aplicação de conhecimentos interdisciplinares, sugerindo assim a ausência da dimensão de Conhecimento Metacognitivo.

Na questão 91 da prova azul do segundo dia do Enem 2021, foi proposto o seguinte problema:

Quadro 6 - Questão 91 da prova azul do segundo dia do Enem 2021

No cultivo por hidroponia, são utilizadas soluções nutritivas contendo micronutrientes e macronutrientes essenciais. Além dos nutrientes, o pH é um parâmetro de extrema importância, uma vez que ele afeta a preparação da solução nutritiva e a absorção dos nutrientes pelas plantas. Para o cultivo de alface, os valores de pH entre 5,5 e 6,5 são ideais para o seu desenvolvimento. As correções de pH são feitas pela adição de compostos ácidos ou básicos, mas não devem introduzir elementos nocivos às plantas. Na tabela, são apresentados alguns dados da composição da solução nutritiva de referência para esse cultivo. Também é apresentada a composição de uma solução preparada por um produtor de cultivo hidropônico.

Espécies químicas		Concentração, mmol/L	
		Composição de referência (5,5 < pH < 6,5)	Solução nutritiva preparada (pH = 4,3)
Macronutrientes	N (NH ₄ ⁺)	1,0	0,8
	P (H ₂ PO ₄ ⁻)	1,0	1,0
	K ⁺	6,0	3,5
	Ca ²⁺	4,0	3,0
	SO ₄ ²⁻	2,0	1,0
Micronutrientes	Fe ²⁺	90 x 10 ⁻³	70 x 10 ⁻³
	Cl ⁻	-	4,5 x 10 ⁻³

LENZI, E; FAVERO, L. O. B; LUCHESE, E. B. Introdução à química da água: ciência, vida e sobrevivência. Rio de Janeiro: LTC, 2012 (adaptado).

Para correção do pH da solução nutritiva preparada, esse produtor pode empregar uma solução de

- ácido fosfórico, H₃PO₄.
- sulfato de cálcio, CaSO₄.
- óxido de alumínio, Al₂O₃.
- cloreto de ferro (II), FeCl₂.
- hidróxido de potássio, KOH.

Fonte: Enem, 2020

Conforme as informações fornecidas pela questão, é crucial manter o pH da solução dentro da faixa de 5,5 a 6,5. Porém, a solução nutritiva apresenta um valor de pH de 4,3, o que está abaixo do ideal. Portanto, é necessário adicionar uma substância que eleve o pH sem causar danos ao meio ambiente.

Neste sentido, o aluno precisava compreender que o ácido fosfórico (H_3PO_4) diminuirá o pH, afastando-o ainda mais do valor desejado e que o sulfato de cálcio (CaSO_4) é um sal neutro e não contribuirá para o aumento do pH necessário. A adição de óxido de alumínio (Al_2O_3) liberaria íons Al^{3+} que seriam prejudiciais ao meio ambiente e o cloreto de ferro (FeCl_2) liberaria íons Cl^- , o que não é apropriado, conforme as informações da tabela, indicando que essa espécie não deve ser adicionada para se atingir o pH ideal.

Diante disso, a questão tem com resposta correta o item "e. hidróxido de potássio, KOH". Segundo Mattos *et al.* (2020), o KOH é uma base forte e essa caracterização demonstra que essa substância tem o potencial para aumentar o pH da solução, atingindo assim o objetivo desejado. Além disso, ele libera os íons K^+ que permitem ajustar a concentração ideal dessa espécie na composição de referência, visto que na solução preparada, a concentração está abaixo do ideal.

Diante do exposto, a questão apresentada envolve, de acordo com a Taxonomia de Bloom Revisada, as dimensões do processo cognitivo "Entender", "Aplicar" e "Analisar".

A categoria "Entender" envolve a compreensão de conceitos e princípios. Os estudantes devem entender a relação entre o pH e o cultivo hidropônico, bem como a importância de manter o pH dentro da faixa ideal para o desenvolvimento das plantas. Demonstrando assim a compreensão de que é importante manter o pH dentro da faixa ideal e evitar elementos nocivos às plantas.

A categoria "Aplicar" é central na resolução da questão, uma vez que os alunos são desafiados a aplicar seu conhecimento sobre pH, ácidos e bases para selecionar a substância adequada (hidróxido de potássio, KOH) para corrigir o pH inadequado da solução, utilizando o entendimento sobre o conceito de ácidos e bases na prática.

A categoria "Analisar" é requerida na questão, visto os estudantes precisam analisar a composição química das opções apresentadas para determinar qual delas é apropriada para a correção do pH. Conforme a tabela, a solução nutritiva apresenta pH = 4,3 e, como a composição de referência precisa ter um pH entre 5,5 e 6,5, sendo necessário aumentar o pH. Para que haja a correção do pH, deve-se adicionar uma substância básica, que não seja tóxica, à planta. Assim, é necessário inserir KOH, por ser tratar de uma substância básica e que ainda possui K^+ como macronutriente.

A categoria "Avaliar" não é explicitamente necessária na resolução da questão, pois os alunos não estão sendo solicitados a fazer julgamentos ou escolhas entre várias alternativas, mas sim a identificar a substância correta para corrigir o pH. No entanto, eles estão avaliando de forma implícita as propriedades das substâncias químicas apresentadas para determinar qual delas é apropriada para corrigir o pH, o que envolve uma forma de avaliação prática.

A análise da questão com base na TBR mostra uma abordagem multifacetada das dimensões do conhecimento e dos processos cognitivos. Neste sentido, ao examinar as dimensões específicas em relação à dimensão do conhecimento, tem-se que embora a questão envolva a compreensão do conceito de pH e a necessidade de ajustá-lo para o cultivo hidropônico, não há uma ênfase direta na reprodução de fatos ou informações

básicas, ou seja, a dimensão de Conhecimento Efetivo pode ser considerada de forma limitada.

De forma substancial, a questão requer a compreensão dos conceitos de pH, ácidos, bases e a relação deles com o cultivo hidropônico. Os alunos precisam conectar elementos básicos para entender por que o pH precisa ser ajustado e como escolher a substância correta para essa correção. Dessa forma, a dimensão de Conhecimento Conceitual se faz presente.

A resolução da questão exige também a aplicação prática do conhecimento sobre ácidos, bases e pH para tomar uma decisão específica sobre a substância a ser adicionada à solução nutritiva. Portanto, a dimensão de Conhecimento Procedural está claramente presente.

Embora não seja explicitamente enfatizado, os alunos podem aplicar conhecimentos interdisciplinares ao considerar os efeitos ambientais e a segurança das substâncias adicionadas. Além disso, eles podem refletir sobre a importância de manter o pH ideal para o cultivo. Portanto, há elementos da dimensão de Conhecimento Metacognitivo.

Considerações finais

As questões de Química abordadas revelaram uma variedade de dimensões do processo cognitivo da Taxonomia de Bloom Revisada. A análise detalhada das questões demonstrou que elas estavam predominantemente focadas nas dimensões do processo cognitivo de "Lembrar", "Entender", "Aplicar" e, em alguns casos, envolviam também as dimensões do processo cognitivo "Analisar" e "Avaliar". Além disso, a ênfase estava claramente na categoria "Aplicar", onde os candidatos foram desafiados a aplicar seus conhecimentos químicos de maneira prática na resolução de problemas específicos.

Essas observações ressaltam a necessidade de preparar os estudantes não apenas para adquirir conhecimento teórico, mas também para aplicá-lo de maneira prática em situações do mundo real, como as questões relacionadas à Química. Isso destaca a importância de abordar o ensino desse componente curricular de forma abrangente, garantindo que os alunos estejam aptos a compreender, aplicar, analisar e avaliar informações químicas em contextos diversos.

Além disso, o estudo revela a importância de os educadores estarem cientes das dimensões do processo cognitivo de aprendizado enfatizadas nas questões do Enem, o que pode orientar futuras estratégias de ensino e avaliação. O desenvolvimento de habilidades que abrangem todas as dimensões do processo cognitivo da Taxonomia de Bloom Revisada pode contribuir para uma educação mais abrangente e eficaz, preparando os alunos para lidar com problemas complexos e aplicar seu conhecimento de forma prática no mundo real.

No que diz respeito à dimensão do conhecimento, observou-se uma aparente ausência do uso direto do Conhecimento Factual nas questões analisadas, embora esse conhecimento seja necessário para entender os detalhes específicos das questões. Essa lacuna sugere que o ENEM utiliza uma abordagem voltada para a avaliação de habilidades cognitivas mais avançadas, haja vista que a ênfase nas questões parece estar na promoção de uma compreensão mais profunda e contextualizada dos temas, visando preparar os estudantes para os desafios do mundo real. Isso fica evidente pelo destaque dado

principalmente ao Conhecimento Conceitual e ao Conhecimento Processual, com inclusão de alguns elementos relacionados ao Conhecimento Metacognitivo.

É importante ressaltar que a avaliação do Conhecimento Metacognitivo apresenta desafios quando feita por meio de medidas simples de papel e lápis. A eficácia é maior ao avaliar os aspectos relacionados ao Conhecimento Metacognitivo no ambiente de sala de aula, durante atividades práticas e discussões que abordem uma variedade de estratégias. Por essa razão, embora as questões possuam, em certo grau, elementos desse conhecimento, não enfatizam essa dimensão de maneira significativa.

Sugere-se que estudos futuros explorem a eficácia de estratégias específicas de ensino para desenvolver as diversas dimensões do processo cognitivo e do conhecimento identificadas na análise das questões do ENEM, investigando abordagens pedagógicas que promovam não apenas a memorização de conceitos, mas também a compreensão profunda, a aplicação prática, a análise crítica e a avaliação reflexiva.

Referências

- ANDERSON, Lorin. W.; KRATHWOHL, David R. A. *Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman, 2001.
- BRABO, Jesus Cardoso. Metacognição, ensino-aprendizagem e formação de professores de ciências. *Amazonia: Revista de educação em ciências e matemáticas*, v. 14, n. 29, p. 1-9, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/5898/4764> Acesso em: 29 dez. 2023.
- BRITO, Maria Augusta Raposo de Barros; LUCENA, Isabel Cristina Rodrigues de; VIEIRA, Eduardo Paiva da Ponte. Avaliação e pressupostos bachelardianos: tecendo relações para a formação docente em Ciências e Matemática. *Amazonia: Revista de educação em ciências e matemáticas*, v. 16, n. 36, p. 181-189, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/7308/6338> Acesso em: 30 dez. 2023.
- CERQUEIRA, Nereide Freire; YOSHIDA, Winston Bonetti. Óxido nítrico: revisão. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 17, p. 417-423, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/acb/a/MQrjXffSZQTpGZy3fqrSLNH/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 10 set. 2023.
- FERRAZ, Ana Paula do Carmo Marcheti; BELHOT, Renato Vairo. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & produção*, v. 17, p. 421-431, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/bRkFgcJqbGCDp3HjQqFdqBm/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 17 out. 2023.
- GALHARDI, Antonio César; AZEVEDO, Marília Macorin de. Avaliações de aprendizagem: o uso da taxonomia de Bloom. In: *Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza*, p. 237-247, 2013. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5938765/mod_resource/content/1/Avalia%C3%A7%C3%B5es%20de%20aprendizagem-%20o%20uso%20da%20taxonomia%20de%20Bloom.pdf Acesso em: 14 out. 2023.

JENOVEVA NETO, Roseli; SANTOS, Neri dos; ASSIS, Beatriz Casagrande de. Análise das Habilidades Cognitivas Fundamentados na Taxionomia de Bloom: Uma Análise no Curso de Ciências Contábeis. Anais Seminário de Ciências Sociais Aplicadas, v. 3, n. 3, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.unesc.net/ojs/index.php/seminariocsa/article/view/659/650> Acesso em: 21 set. 2023.

MATTOS, Irani Clezar et al. Resistência ao ataque químico de granitos ornamentais do stock Serra do Barriga - Sobral/CE. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, v. 36, n. 2, p. 25-39, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/64602/1/2020_art_icmattos.pdf Acesso em: 17 out. 2023.

MORAES, Renata S.; WEBBER, Carine G. Uso das Tecnologias da Informação na Motivação dos Alunos para as Aulas de Química. Scientia cum Industria, v. 5, n. 2, p. 95-102, 2017. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/236125758.pdf> Acesso em: 14 out. 2023.

OLIVEIRA, Luiz C. A.; FABRIS, José D.; PEREIRA, Márcio C. Óxidos de ferro e suas aplicações em processos catalíticos: uma revisão. Química Nova, v. 36, p. 123-130, 2013. Disponível em: <http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2013/vol36n1/21-RV12151.pdf> Acesso em: 10 set. 2023.

OLIVEIRA, Ana Paula Salgado Beleza; PONTES, José Nelciclébio de Aguiar; MARQUES, Marcos Aurélio. O uso da taxionomia de Bloom no contexto da avaliação por competência. Revista Pleiade, v. 10, n. 20, p. 12-22, 2016. Disponível em: <https://pleiade.uniamerica.br/index.php/pleiade/article/view/306> Acesso em: 09 out. 2023.

ORTIZ, José Oxlei de Souza; DORNELES, Aline Machado. Uso da taxonomia de Bloom digital gamificada em atividades coletivas no ensino de química: reflexões teóricas e possibilidades. Revista Eletrônica Ludus Scientiae, v. 2, n. 2, 2018. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/relus/article/view/1475> Acesso em: 12 out. 2023.

PASSOS, Blanchard Silva. Aprendizagem significativa e atividades experimentais: um diálogo metodológico para o ensino das funções ácido e base. 2022. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/ Campus Fortaleza, Fortaleza, 2022.

PASSOS, Blanchard Silva et al. Mapas Conceituais: uma proposta de intervenção no ensino de Química com alunos da 2ª série do ensino médio. Conexões-Ciência e Tecnologia, v. 17, p. 022007, 2023. Disponível em: <https://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/2425> Acesso em: 24 set. 2023.

PINTO, Rosilaine Aparecida. Métodos de Ensino e Aprendizagem sob a Perspectiva da Taxonomia de Bloom. Revista Contexto & Educação, v. 30, n. 96, p. 126-155, 2015. Disponível em: <https://revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/4290> Acesso em: 08 out. 2023.

RODRIGUES JÚNIOR, José Florêncio. A taxonomia de objetivos educacionais. Brasília: Editora UnB, 20016.

RUIZ, Andoni Garritz; GUERRERO, José Antonio Chamizo. Química. Editora Pearson Education do Brasil. São Paulo. 2003.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Maria del Pilar Baptista. Metodologia de pesquisa. Porto Alegre: Penso, 2013.

SILVA, Vailton Afonso da; MARTINS, Maria Inês. Análise de questões de Física do Enem pela taxonomia de Bloom revisada. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 16, p. 189-202, 2014. Disponível em:

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/article/view/34031> Acesso em: 22 out. 2023.

TREVISAN, André Luis; AMARAL, Roseli Gall do. A Taxionomia revisada de Bloom aplicada à avaliação: um estudo de provas escritas de Matemática. Ciência Educacional, [S.l.], v. 22, n. 2, p. 451-464, 2016. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/PGX4mJD5LKdqbpPpTZgYTN/?lang=pt>. Acesso em: 21 out. 2023.