

**Avaliação da aprendizagem dos aspectos quantitativos das transformações químicas
através de mapas conceituais**

*Assessment of learning on quantitative aspects of chemical transformations through concept
maps*

Argeu Cavalcante Fernandes
Ewerton Lopes Pires Neto
Luiz Eduardo Freitas de Moura
Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN)
Currais Novos-RN-Brasil

Resumo

O presente artigo tem como objetivo investigar as contribuições da construção de mapas conceituais como ferramenta para avaliar o processo de ensino-aprendizagem, numa perspectiva de avaliação formativa, sobre o conteúdo dos aspectos quantitativos das transformações químicas. Para tanto, recorreremos aos estudos sobre avaliação da aprendizagem, na perspectiva de Luckesi (2011) e Hoffmann (2009), como subsídios às discussões tecidas neste trabalho. A pesquisa possui natureza qualitativa e considerou as intensas interações entre os sujeitos pesquisados, pesquisador e o objeto em estudo, dada a finalidade de explorar as relações de significados e a interpretação do objetivo pretendido. Como resultado, foi possível perceber que os mapas conceituais construídos pelos estudantes, em grande parte, mostraram vinculações potencialmente significativas e articuladas à construção do conhecimento durante a aplicação do que chamamos de “resolução de problemas estequiométricos” selecionados.

Palavras-chave: Avaliação; Mapas Conceituais; Educação Química.

Abstract

This article aims to investigate the contributions of the construction of conceptual maps as a tool to evaluate the teaching-learning process, in a formative evaluation perspective, on the content of the quantitative aspects of chemical transformations. To this end, we resort to studies on learning assessment, from the perspective of Luckesi (2011) and Hoffmann (2009), as subsidies to the discussions in this work. The research has a qualitative nature and considered the intense interactions between the researched subjects, the researcher and the object under study, given the purpose of exploring the relationships of meanings and the interpretation of the intended objective. As a result, it was possible to perceive that the conceptual maps constructed by the students, to a large extent, showed potentially significant and articulated links to the construction of knowledge during the application of what we call “solving stoichiometric problems” selected.

Keywords: Evaluation; Concept Maps; Chemical Education.

Introdução

No Brasil, a forma predominante de avaliação da aprendizagem ainda é baseada na classificação dos estudantes. Sousa (2018) explica que é um modelo centrado nas ferramentas instrumentais de avaliação – como provas e seminários – e busca gerar uma pontuação que dirá quais estudantes são aptos ou inaptos para o prosseguimento dos níveis posteriores, geralmente no final de bimestres, semestres ou ciclos. Ou seja, é uma visão tradicional do processo avaliativo que almeja identificar, em aspectos quantitativos, a aptidão ou não do discente à aprovação.

A avaliação tradicional categoriza os alunos pela quantidade de erros cometidos. No entanto, Taille (1997) argumenta que não é suficiente apenas saber que errou, mas, sobretudo, contar com a análise do erro; sua qualidade. Por conseguinte, é notório o caráter classificatório da avaliação clássica, bem como a supervalorização das notas escolares.

Nesse sentido, é imprescindível ao professor lançar mão de instrumentos avaliativos apropriados para qualificar o conhecimento adquirido pelos alunos ao longo de determinado período. Com isso, o professor será capaz de traçar estratégias para suprir a necessidade ou a carência diagnosticada no processo de ensino.

Nesse contexto, os mapas conceituais podem ser considerados como ferramentas adequadas para avaliar determinados conteúdos no ensino de Química. Dentre os conteúdos estudados, os aspectos quantitativos das transformações químicas sempre foram vistos como percalços pelos estudantes, ao passo que as provas aplicadas revelam a necessidade de repensar a avaliação do processo de ensino-aprendizagem, haja vista os baixos rendimentos, quando comparados com outros conteúdos (SANTOS; SILVA, 2013). Assim, o presente artigo tem como objetivo investigar as contribuições da construção de mapas conceituais como ferramenta para avaliar o processo de ensino-aprendizagem, numa perspectiva de avaliação formativa, sobre o conteúdo dos aspectos quantitativos das transformações químicas.

O Processo de Avaliação e a Necessidade de Avaliar em Detrimento de Examinar

A avaliação da aprendizagem escolar é uma das atribuições dos professores mais importantes e, na maioria das vezes, objetiva aferir o quanto os alunos aprenderam acerca de

determinados conteúdos. Entretanto, a avaliação da aprendizagem como integrante do fazer pedagógico e, portanto, das práticas docentes não deve preocupar-se somente com os resultados obtidos, em termos de notas, para promover ou reter o estudante na mesma série ou nível, mas constitui-se de um processo cujo foco principal é a formação do educando numa perspectiva construtivista da aprendizagem, que privilegia o desenvolvimento e a individualização do sujeito (HOFFMANN, 2009; LUCKESI, 2011; CAVALCANTI, 2018).

Nesse sentido, Antunes (2013) revela que, na educação brasileira, o processo de avaliar era visto como instrumento punitivo/sádico nas mãos de alguns professores que, de maneira narcisista, selecionavam os bons e os maus alunos. Com efeito, na tentativa de diminuir o ônus causado pelas reprovações em massa, o estado promoveu um sistema de aprovações automáticas, que, entretanto, garantiu apenas a minimização do real sentido da avaliação da aprendizagem, ao invés de investir na formação continuada de professores, o que é coerente com a proposta pedagógica da avaliação formativa.

De acordo com Antunes (2013), precisamos passar por uma mudança que pressupõe ao professor melhoria em suas expectativas, no que tange às respectivas capacidades, inteligências e competências, uma vez que considera não existir avaliação sem expectativa por resultados.

Nesse contexto, Hoffmann (2017, p.25) esclarece que os professores “parecem conceber a ação avaliativa como um procedimento que se resume a um momento definido do processo educativo, ocorrido a intervalos estabelecidos e exigidos burocraticamente”. Conseqüentemente, o processo de avaliação é reduzido apenas à prática de registrar uma nota ou conceito, de modo a separar os estudantes aptos dos inaptos para o ciclo escolar seguinte, uma visão de avaliar em estreita relação ao ato de examinar praticado em exames de seleção.

Nessa ótica, Luckesi (2011b) destaca que o ato de examinar distingue do ato de avaliar. O primeiro é *pontual* (está interessado somente no momento e não considera o processo realizado pelo estudante/candidato); *classificatório* (estabelece uma escala para classificar os estudantes em torno de uma média, por exemplo, 6,0); e *seletivo/excludente* (serve de trampolim para promover, muitas vezes de forma desigual ou injusta, candidatos que concorrem uma vaga). O segundo é *impontual* (preocupa-se com o percurso da aprendizagem e considera o que ocorre antes, durante e depois do processo); *dinâmico* (diagnostica o que

está ocorrendo, para que haja a possibilidade de perspectiva de resultados mais satisfatórios); e *incluyente* (está preocupado em propiciar mecanismos para que o aluno consiga superar as dificuldades e avançar na aprendizagem).

Perrenoud (1998) destaca a importância de uma avaliação formativa em detrimento da avaliação tradicional somativa, de modo a caracterizar como formativa toda prática avaliativa contínua que pretenda contribuir para melhorar as aprendizagens e o desenvolvimento dos discentes. Por conseguinte, uma avaliação formativa, que busca o constante desenvolvimento dos estudantes e avalia o geral – erros e acertos –, necessita de instrumentos que permitam uma análise panorâmica.

As ferramentas avaliativas são imprescindíveis para a ação de avaliar, porém, como argumenta Luckesi (2000), precisam demonstrar qualidade, caso contrário, estaríamos construindo uma base inadequada para qualificar determinado discente; a avaliação deve, ainda, retratar o estado de aprendizagem do educando. A simples aplicação de exames pode condicionar os docentes a decisões errôneas e injustas para com os discentes, ação habitual nos modelos pedagógicos tradicionais ainda comuns no Brasil. Decerto, cada vez mais, “tem-se almejado a aproximação da interpretação das informações coletadas nas práticas avaliativas, tendo como fundamento o diálogo entre os envolvidos e a reflexão compromissada com o aperfeiçoamento do processo de ensino e aprendizagem” (SOUZA, BORUCHOVITCH, 2010 p. 174).

Nascimento, Barbosa e Oliveira (2017) frisam que uma diversificação dos instrumentos avaliativos oportuniza maior clareza ao professor na sua tomada de decisão, pois possibilita uma visão mais detalhada da realidade. Para além da efetivação do processo de avaliar, há uma diminuição dos índices de reprovação, uma vez que a avaliação é contínua e recusa o uso apenas dos exames. Com efeito, essa visão é condizente com o processo harmonioso de mediação dos conhecimentos, uma vez que “a avaliação da aprendizagem, por ser avaliação, é amorosa, inclusiva, dinâmica e construtiva, diversa dos exames, que não são amorosos, são excludentes, não são construtivos, mas classificatórios. A avaliação inclui, traz para dentro; os exames selecionam, excluem, marginalizam.” (LUCKESI, 2000, p. 1). Em suma, a avaliação está além do caráter quantitativo que os exames proporcionam, ou seja, mantém ênfase nos aspectos qualitativos.

Aprendizagem Significativa e Mapas Conceituais

Os mapas conceituais podem ser excelentes aliados na aprendizagem dos estudantes, de modo que os de conhecimentos progressivos apresentam melhor desempenho. Ademais, eles seguem uma hierarquia de conteúdo a ser escrita, ao passo que o fator mais importante da aprendizagem é o conhecimento prévio do educando, pois é nele que a construção do saber começa hierarquizando e sequenciando os conteúdos (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980). Decerto, da mesma forma que a construção de conhecimento precisa ser sequencial e hierarquizada, a moldagem do mapa conceitual também deve seguir esse modelo, no sentido de, posteriormente, servir como ferramenta e auxílio ao estudante no momento dos seus estudos. Ademais, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel parte da predisposição de aprender determinado assunto e está entrelaçada à perspectiva do interesse do aprendiz (MOREIRA, 2020).

Na concepção de Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aprendizagem significativa pode ocorrer por meio de movimentos de diferenciação progressiva (quando um conceito novo é ancorado a conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz) ou por reconciliação integrativa (quando os conceitos apreendidos são organizados gerando novos conceitos potencialmente significativos). Desse modo, os conceitos subsunçores, fundamentais para a aprendizagem significativa, são estabelecidos pelas relações que o educando possui em momentos anteriores ao momento da aprendizagem.

A esse respeito, Tavares (2007) postula que, ao fazer uso de um mapa conceitual durante o processo de aprendizagem de um determinado tema, o aluno vai tornando claras suas dificuldades na compreensão desse assunto. Consequentemente, após perceber sua deficiência acadêmica, ele poderá buscar novos subsídios para sanar suas dúvidas e voltar à construção do mapa conceitual. Ou seja, a elaboração do mapa conceitual pode ser precedida de mapas mentais que, por sua vez, auxiliam o aluno na organização sistemática dos conceitos a serem mapeados.

Certamente, essa relação de dificuldades de aprendizagem do conhecimento com o ato investigativo de procurar respostas para sanar as dúvidas permite que o aluno consiga aperfeiçoar seus conhecimentos prévios e instruir-se com novos saberes. Para Velori (2014),

o ser humano é capaz de aprender melhor conceitos vinculados, ou seja, aprendemos significativamente quando o conhecimento que adquirimos está diretamente relacionado às informações relevantes. Dessa forma, a fim de otimizar ao máximo a aprendizagem do aluno, o mapa conceitual é o instrumento mais adequado para facilitar a meta da aprendizagem. Sobre isso, Tavares (2007, p.03) mostra que “o mapa conceitual hierárquico se coloca como um instrumento adequado para estruturar o conhecimento que está sendo construído pelo aprendiz”. Dessa maneira, o mapa conceitual é firmado como uma ferramenta facilitadora na aprendizagem significativa dos alunos.

Metodologia

O presente artigo é de natureza qualitativa e considerou as intensas interações entre os sujeitos pesquisados (estudantes), pesquisador (docente da disciplina de Química) e o objeto de estudo (transformações químicas), com a finalidade de qualificar as relações de significados e alcance do objetivo pretendido. A pesquisa qualitativa privilegia, sobretudo, os resultados analíticos em detrimento dos resultados numéricos, à medida que considera o contexto da pesquisa e os seus resultados refletem o caráter social da investigação (GIL, 2009).

A respeito do *lócus*, a pesquisa foi desenvolvida numa turma de 2º ano do ensino médio, de uma escola pública federal, durante o ensino remoto, devido às restrições impostas pela pandemia da Covid-19. A referida turma, com característica heterogênea, tinha encontros síncronos duas vezes por semana, com interação e execução de atividades imediatas. A investigação ocorreu com aplicação de um instrumento avaliativo que privilegia a construção ativa do conhecimento pelos alunos. Logo, o conteúdo abordado para o diagnóstico da aprendizagem foi “aspectos quantitativos das transformações químicas”, também conhecido pelos alunos como cálculo estequiométrico e de difícil compreensão.

O conteúdo foi ministrado através de aulas expositivas e dialogadas, no formato *on-line*, pela plataforma *Google Meet*. Em seguida, foram demonstrados aos estudantes os fundamentos e as aplicações dos mapas conceituais, bem como a sua distinção dos mapas mentais. Assim sendo, embora existam outras formas, a ferramenta escolhida para criação dos mapas conceituais foi a *Cmap Tools*.

Na primeira etapa da atividade avaliativa proposta, foram escolhidos e sorteados, entre grupos, sete “problemas estequiométricos”, retirados de Atkins, Jones e Laverman (2018), autores de um dos livros de Química geral mais utilizados, inclusive como base para a elaboração de questões e itens avaliativos do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). Os “problemas estequiométricos” tinham como característica a contextualização dos processos químicos de produção de algumas matérias-primas utilizadas pelos estudantes e pela sociedade em geral. Ou seja, a referida atividade mostrou a necessidade do conhecimento sobre a estequiometria no processo de produção de muitos produtos consumidos e de aplicação científica. O Quadro 01, a seguir, ilustra os contextos e os conhecimentos avaliados:

Quadro 01. Relação entre o contexto e os conhecimentos avaliados nos “problemas estequiométricos”

| “Problema Estequiométrico” | Contextualização | Conhecimentos avaliados |
|----------------------------|--|---|
| 1 | Refino do alumínio a partir do mineral criolita; Formação de subprodutos que diminuem o rendimento | Rendimento reacional; relação massa/mol; reagente limitante. |
| 2 | Combustível veicular para uso espacial | Relação mol/massa; relações estequiométricas. |
| 3 | Armazenamento de energia | Balanceamento; relação massa/mol; massa molar. |
| 4 | Compostos destinados ao acúmulo de hidrogênio e utilização como combustível de foguete | Relações estequiométricas; massa molar; balanceamento. |
| 5 | A queima da gasolina e dos produtos formados | Relações estequiométricas; massa molar; balanceamento. |
| 6 | Armazenamento de triestearina em camelos para uso como fonte de energia e água | Relação mol/massa; relações estequiométricas. |
| 7 | Síntese de amônia, um dos principais produtos usados na produção de fertilizantes | Rendimento da reação; reagente limitante e em excesso; relação massa/mol. |

Fonte: Acervo dos autores (2021).

Na segunda etapa, ocorreu a produção dos mapas conceituais e a mobilização dos conhecimentos na resolução do “problema estequiométrico” de cada grupo. Os grupos ficaram à vontade para discutir se o mapa conceitual precederia à resolução do “problema estequiométrico” (como forma de facilitar a chegada de um resultado adequado) ou se a construção seria feita, à posteriori, pelo mapeamento dos conhecimentos exigidos nas etapas

de resolução do “problema estequiométrico”. Assim, a mediação ocorreu em encontros virtuais de cada grupo e com o docente da disciplina dentro dos Centros de Aprendizagem (CAs), no contraturno, de modo que os estudantes puderam dialogar, argumentar e tirar dúvidas sobre a construção coletiva do mapa conceitual. Ao final, houve a socialização dos mapas conceituais construídos pelos grupos.

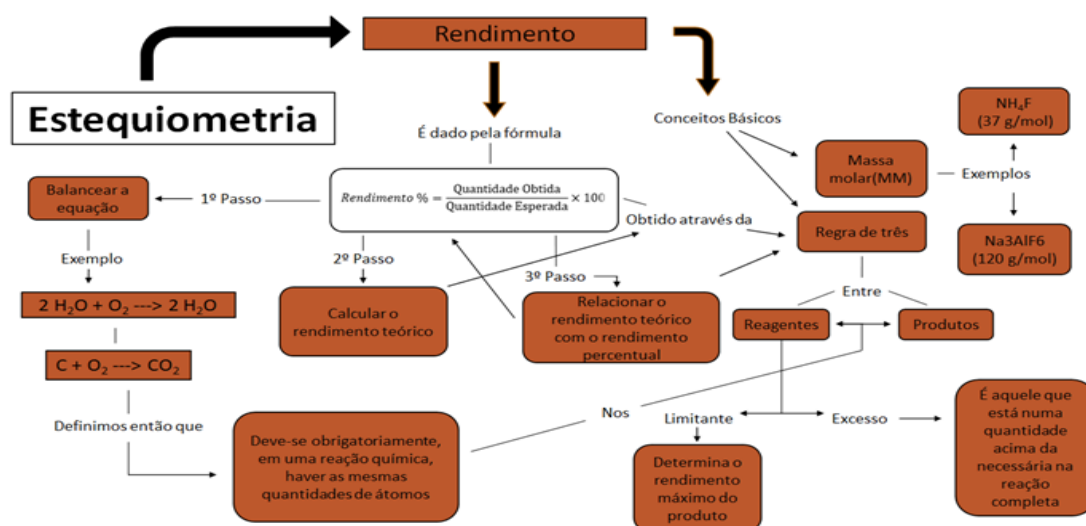
Quanto aos critérios de avaliação, foi realizada a análise dos mapas conceituais construídos considerando alguns atributos, a saber: os aspectos de interpretação correta dos dados fornecidos nos “problemas estequiométricos”; a relação potencialmente significativa entre conceitos chaves; o uso de conectores para ligar um conceito a outro; a relação hierárquica entre os conceitos mapeados; o desenvolvimento argumentativo na exposição/apresentação do mapa conceitual; e a resolução do “problema estequiométrico”.

Resultados e discussão

Como podemos observar na análise das Figuras 1, 2, e 3, os mapas produzidos pelos estudantes mostram-se adequados para compor as redes de conexão entre os conceitos mapeados. De modo específico, os grupos partiram de um conceito mais geral para conceitos mais específicos, inserindo, inclusive, exemplos de reações químicas presentes no “problema estequiométrico”. Esse movimento, na construção dos significados entre os conceitos, é conhecido por diferenciação progressiva e sucede da inclusão e ampliação de conceitos novos. Nesse caso, a aprendizagem ocorre sempre do geral para o particular (RIBEIRO; NUÑEZ, 2004; MOREIRA, 2010).

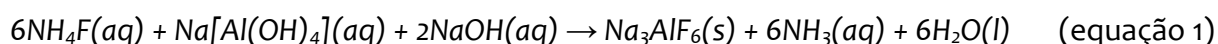
Esses mapas foram construídos pelo *software Cmap Tools*, específico para a construção de mapas conceituais. No geral, os grupos que optaram por utilizar esse *software* não relataram dificuldades, o que demonstra habilidade dos alunos na condução de ferramentas tecnológicas. Para Machado e Carvalho (2020), os mapas conceituais, quando aliados às novas tecnologias digitais, revelam-se como potenciais instrumentos para o desenvolvimento de habilidades e a promoção da aprendizagem significativa.

Figura 1: Mapa conceitual construído pelos alunos para resolução do problema 01



Fonte: Acervo dos autores (2021).

Numa análise da Figura 1, podemos perceber que os estudantes relacionaram conceitos sobre o rendimento dos processos químicos de produção de novos materiais. Nisso, as indústrias manipulam os fatores que podem alterar o rendimento das reações químicas, no intuito de conseguir produzir mais da substância formada, como, por exemplo: a pureza dos reagentes, as alterações na pressão dos sistemas e a temperatura. Assim, o “problema estequiométrico 1” versa justamente sobre o processo industrial de refino do metal alumínio, que tem a manufatura do mineral criolita Na_3AlF_6 como uma das etapas mais importantes (ATIKINS e JONES, 2012). Com efeito, a partir de dados fornecidos sobre a massa da criolita obtida no processo, os alunos puderam aplicar os conhecimentos mobilizados na construção do mapa conceitual, dada a finalidade de encontrar o rendimento da reação. Esta, envolvida na manufatura da criolita, é elucidada na equação química 1 que segue:



Os “problemas estequiométricos 02 e 07” (Figuras 2 e 3) apresentam a mobilização de conhecimentos sobre a quantidade de matéria (mol), o balanceamento de equações

Avaliação da aprendizagem dos aspectos quantitativos das transformações químicas através de mapas conceituais

químicas e o estabelecimento de proporções estequiométricas, considerando o objetivo de calcular a quantidade de determinado produto formado e o seu rendimento, respectivamente. A Figura 2, em específico, expõe a produção de um mapa conceitual para contextualizar o problema estequiométrico 02, que, de forma geral, evidencia o armazenamento de gás hidrogênio, utilizado como combustível veicular em substituição às substâncias fósseis. Dentro do contexto de produção de combustíveis que reduzem o percentual de gases nocivos, o grupo estabeleceu as relações conceituais coerentes, embora alguns conceitos não foram ligados por palavras-chave, o que é imprescindível para manter as relações estreitas e potencialmente significativas entre eles. Assim, as principais reações envolvidas nos processos citados estão representadas pelas equações 2 e 3, a seguir:

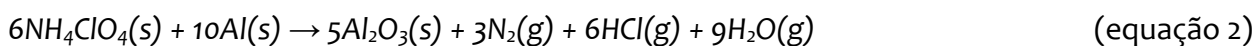
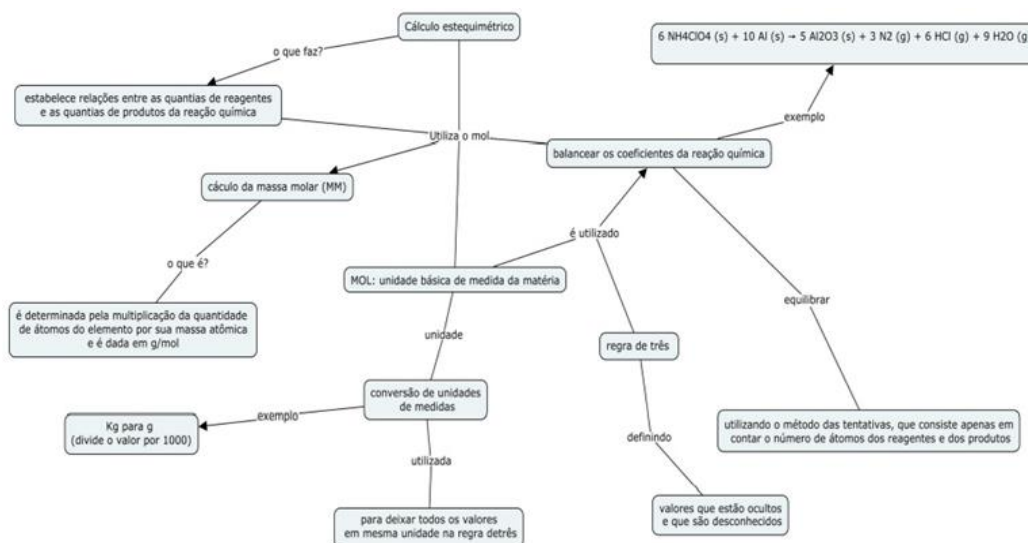


Figura 2: Mapa conceitual construído pelos alunos para resolução do problema 02



Fonte: Acervo dos autores (2021).

traçados objetivos específicos à aprendizagem dos estudantes, considerando seus conhecimentos prévios e perpassando a aprendizagem significativa e a mudança conceitual, de modo que possam associar seus conhecimentos de mundo aos novos conceitos aceitos cientificamente (POZO e CRESPO, 2009).

Ademais, vale enfatizar a aplicação de metodologias ativas de ensino que, segundo Mitra et al. (2007), estão fundamentadas na liberdade e na pressuposição de um discente capaz de autogerenciar seu próprio processo de formação, a exemplo da produção dos mapas, que propiciou autonomia e criatividade aos estudantes, no sentido de torná-los o centro do processo de ensino-avaliativo.

Segundo Ribeiro e Nuñez (2004), as palavras-chave ou palavras de enlaces devem ligar os conceitos e mostrar explicitamente a relação estabelecida. Para Moreira (2010), a importância das palavras-chave reside no fato de sugerirem proposições adequadas que expressem significativamente a relação entre os conceitos. Na verdade, essas proposições “constam de dois ou mais termos conceituais, unidos por uma ou mais palavras de enlace, para formar uma unidade semântica (significado), afirmando ou negando algo de um conceito” (RIBEIRO; NUÑEZ, 2004, p. 204).

Na perspectiva tradicional de ensino, frequentemente, o conteúdo sobre cálculos estequiométricos tem sua aprendizagem avaliada por meio de provas individuais e sem consulta, o que impera a necessidade dos estudantes decorarem fórmulas matemáticas através da repetição, sem reflexão ou criticidade, culminando, portanto, no interesse de apenas adquirirem uma nota ou conceito que lhe promova o acesso à série seguinte, invalidando a importância do ensino de Química para sua vida. Nesse contexto, ao invés de avaliar, a escola simplesmente examina de forma classificatória, à medida que separa os alunos que “sabem mais” dos estudantes que “sabem menos” (LUCKESI, 2011).

Em contrapartida, Luckesi (2011) defende a avaliação formativa para promover e não para classificar. Sobre isso, segundo Rutz, Marinho e Pessano (2021), nas escolas, de forma geral, ainda é predominante o ensino tradicional, em que a pedagogia da avaliação classificatória se sobressai em detrimento da compreensão de que a avaliação é um ato “plural, amoroso, inclusivo, dinâmico e construtivo, relacionando-se ao Modelo Pedagógico Relacional” (RUTZ, MARINHO; PESSANO, 2021, p. 18).

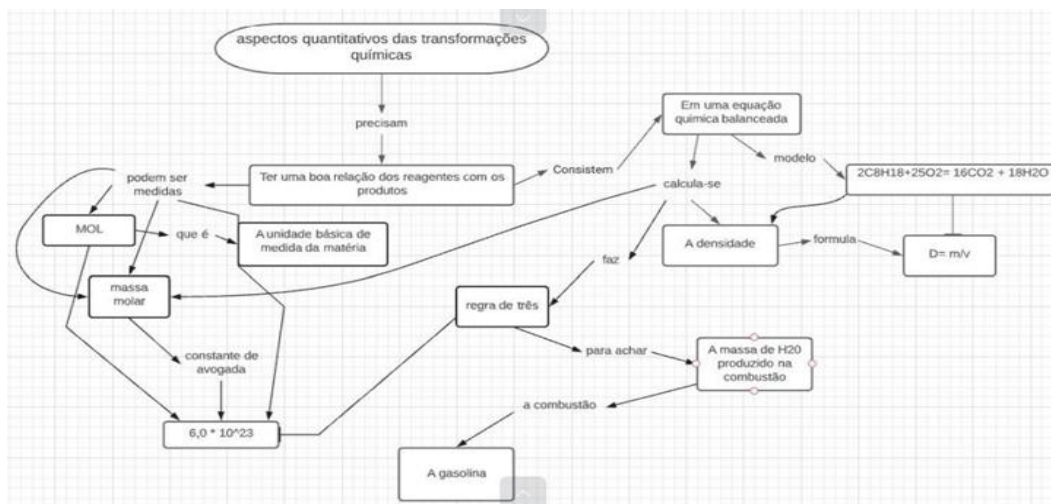
Fernandes, Carvalho e Batista (2021) relatam a experiência exitosa da aplicação de mapas conceituais sobre o conteúdo de zoologia. Para os autores, os estudantes encararam

a atividade como estimulante, por despertar a curiosidade, à medida que esquematizavam os conceitos novos a partir de conceitos-chave e palavras-chave já pré-definidos pela professora. Assim, a conclusão é de “que para a maioria dos estudantes o mapa conceitual no formato *Fill-in* teve grande potencial na avaliação da aprendizagem de conceitos” (FERNANDES, CARVALHO; BATISTA, 2021, p. 16).

A esse respeito, pontuamos que, devido ao tempo escasso (característica do ensino remoto modular), os mapas produzidos não passaram por redefinições ou adequações posteriores. Entretanto, Moreira (2010) defende que, depois de construídos, os mapas devem passar por melhorias, sempre partindo do pressuposto de que a sua primeira produção é um rascunho. Com efeito, os diálogos entre os próprios alunos do grupo e o professor favorecem o esclarecimento de novas perspectivas para aprimorar o mapa produzido.

O “problema estequiométrico 5” (Figura 4) é contextualizado pela formação de gás carbônico (CO_2) e água (H_2O) a partir da combustão da gasolina, composto formado pela mistura de hidrocarbonetos, em maior quantidade no octano (C_8H_{18}).

Figura 4: Mapa conceitual construído pelos alunos para resolução do problema 05



Fonte: Acervo dos autores (2021).

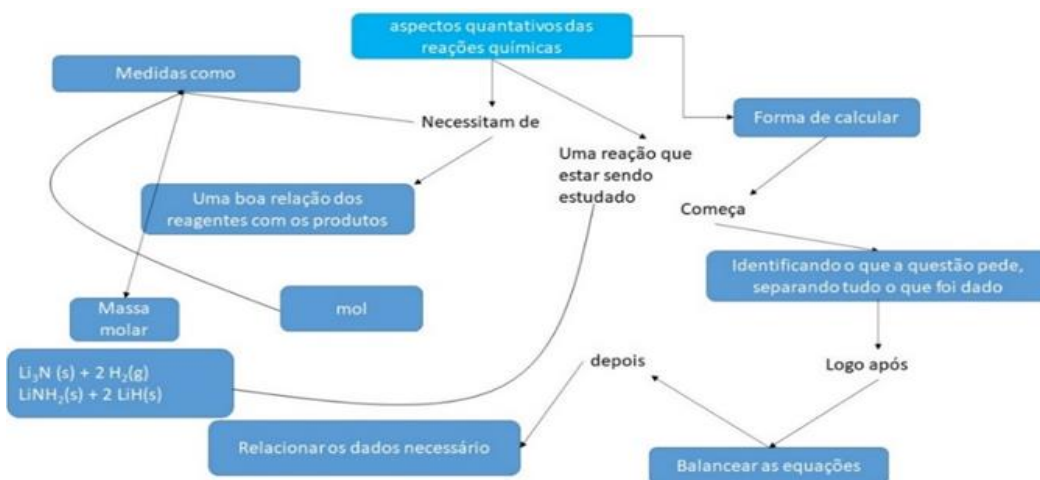
Ao analisar o mapa conceitual acima, é possível inferir que vários conhecimentos conceituais foram mobilizados pelo grupo, tais como: número de mol, densidade da gasolina, balanceamento da equação química e regra de três (proporção, levando em conta a estequiometria da reação), dada a finalidade de calcular a massa de água formada na combustão de determinada quantidade de gasolina. A reação da combustão supracitada é mostrada na equação 4, a seguir:



Ademais, podemos ver que um dos produtos da reação é exemplo de gases estufas, CO_2 , associado ao aquecimento global e advindo, sobretudo, das atividades antropogênicas. Segundo Tolentino e Rocha-filho (1998, p. 11), na atmosfera, “o teor de CO_2 oscila em torno de 365 mL/m^3 , com uma tendência de crescimento que teve seu início no final do século XVIII em decorrência do aumento no uso de combustíveis fósseis.” Em pesquisa realizada por Leite, Debone e Miraglia (2020), na cidade de São Paulo, o setor de transporte revelou a maior fonte de emissão de CO_2 e, associado à sua emissão, o aumento da mortalidade por causas cardiovasculares e respiratórias. Diante disso, fez-se necessária a discussão entre os grupos no momento da apresentação dos mapas conceituais.

Por outro lado, pela análise da Figura 5, é possível perceber que os conceitos não estabelecem bem a relação entre eles, dada a preocupação dos estudantes de apenas mostrar as setas de ligação entre pontos específicos. Nesse contexto, as concepções que deveriam ser “categorias simbólicas, generalizadas pelas propriedades necessárias e suficientes dos objetos, que provocam imagens mentais e permitem a operacionalização com objetos do mundo real e do mundo simbólico” (RIBEIRO e NUÑUZ, 2004, p. 204) não passam de conceitos desconexos que não exprimem a realidade do “problema estequiométrico” proposto para ser solucionado.

Figura 3: Mapa conceitual construído pelos alunos para resolução do problema 04

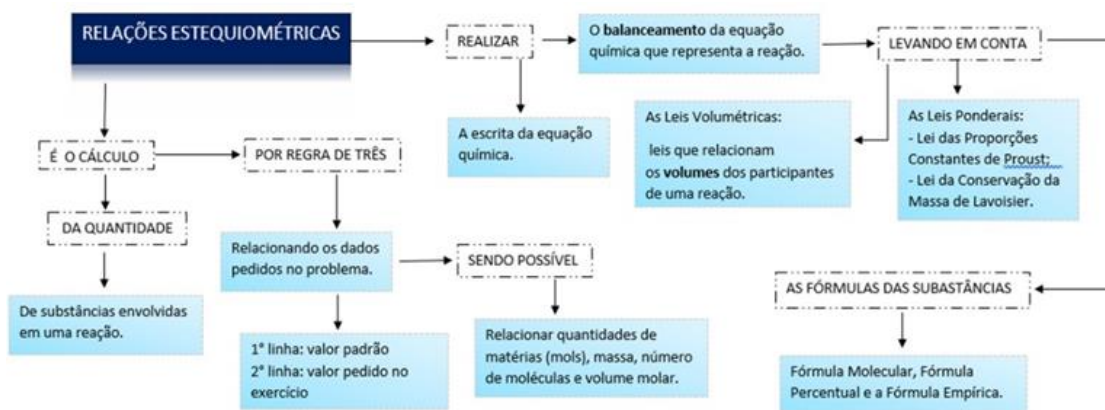


Fonte: Acervo dos autores (2021).

Vemos, pois, a importância dos conectores ou palavras-chave para o estabelecimento correto das relações potencialmente significativas e esperadas em um mapa conceitual. Como o processo de avaliação não tem cunho punitivo, tampouco excludente, o grupo foi orientado a melhorar o mapa conceitual e, posteriormente, entregá-lo. Decerto, o acompanhamento desse processo ocorreu dentro de um encontro, no contraturno, durante um CA.

Com efeito, ao analisarmos a Figura 6, percebemos que o grupo responsável pela resolução do “problema estequiométrico 3” elaborou apenas associações livres de palavras ou frases vindas à tona pela mobilização das ideias iniciais do grupo. Para Moreira (2010), essas associações, ao invés de representar mapas conceituais, basicamente, são mapas mentais, redes semânticas, organograma ou até mesmo diagramas de fluxos. Não obstante, essa produção é fruto da mente humana, que possui a capacidade de associar “qualquer coisa com qualquer outra coisa”, tornando o mapa mental potencialmente infinito, embora não existam relações conceituais importantes para viabilizar o processo de ensino-aprendizagem.

Figura 4: Mapa conceitual construído pelos alunos para resolução do problema 03

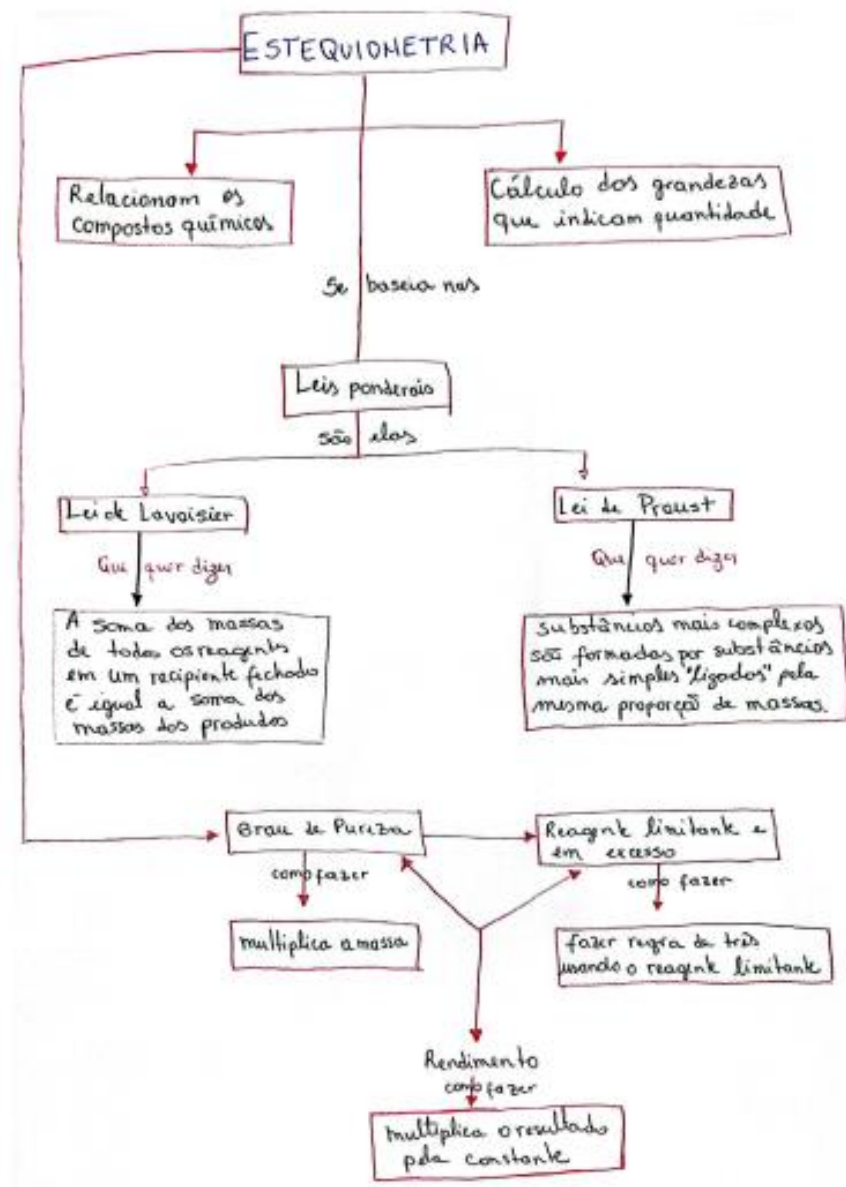


Fonte: Acervo dos autores (2021).

Por último, ressaltamos a produção do grupo responsável pela resolução do problema 7. Como é possível observar na análise da Figura 7, o grupo, que não utilizou nenhum recurso tecnológico ou mídia digital, preferiu construir um “mapa conceitual” a partir de uma folha de papel A4 e canetas coloridas, o que demonstra a versatilidade da ferramenta para promoção da avaliação da aprendizagem pretendida. Na prática, assim como as figuras 5 e 6,

é possível notarmos a falta de alguns elementos básicos dos mapas conceituais, como, por exemplo, as proposições e as palavras-chave corretamente elaboradas.

Figura 5: Mapa conceitual construído para resolução do problema 07



Fonte: Acervo dos autores (2021).

Como podemos observar, alguns grupos tiveram dificuldades inerentes ao conhecimento da natureza da matéria. Para Crespo, Pozo e Julián (2004), essas dificuldades subsistem porque as representações simbólicas usadas no ensino de Química, a partir das teorias microscópicas, não ajudam na integração e na diferenciação das teorias macroscópicas. Dessa maneira, não há mudança conceitual, e os estudantes não conseguem

substituir (ou inserir, em algum grau), por teorias científicas, suas experiências cotidianas para explicar a matéria.

Em linhas gerais, quanto ao estudo da estequiometria, as dificuldades apresentadas pelos estudantes residem no fato de que é necessária a compreensão dos níveis descritivo (macroscópico), simbólico (representacional) e explicativo (microscópico), inerentes à Química a partir de uma linguagem que é própria da sua natureza. Em estudo realizado por Santos e Silva (2013, p. 3208) sobre estratégias para o ensino do conteúdo cálculo estequiométrico, revelou que “a percepção de dificuldades dos estudantes ao resolver problemas que envolvem estequiometria leva ao desenvolvimento de estratégias de ensino que auxiliem no aprendizado dos alunos” para facilitar a compreensão dos diferentes níveis aplicados aos cálculos estequiométricos.

Considerações Finais

A incessante busca por uma diversificação dos instrumentos avaliativos tem sido uma ampla área de pesquisa, cujo objetivo é adotar uma análise qualitativa dos processos de ensino-aprendizagem e do desempenho dos estudantes. Os mapas conceituais, valendo-se da metodologia aplicada, revelaram-se bons instrumentos avaliativos, ao passo que propuseram uma visão panorâmica – utilizando parâmetros avaliativos pré-estabelecidos – dos conhecimentos construídos pelos discentes. Decerto, a metodologia escolhida mostrou resultados relevantes, uma vez que a maioria dos parâmetros foram alcançados, afora poucas exceções; permitiu a análise dos mapas construídos pelos alunos, tornando possível identificar equívocos ou concepções conceituais errôneas; e possibilitou a análise dos erros contidos nos mapas.

Dessa forma, por todos os postulados apresentados, as ferramentas digitais são aliadas importantes na construção dos mapas conceituais, e os estudantes, em geral, compreenderam bem a necessidade de sua utilização. Ademais, é válido destacar que os jovens, no contexto de ensino remoto, precisam cada vez mais das tecnologias digitais para compreensão dos processos que levam ao conhecimento, demanda que resultou na intensificação das tecnologias de informação e comunicação nos últimos dois anos. Portanto, o professor deve ter um olhar crítico e reflexivo sobre avaliação formativa, sobretudo, como um momento de autorreflexão de suas próprias práticas pedagógicas.

Referências

- ANTUNES, Celso. **A avaliação da aprendizagem escolar**. 10. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2013.
- AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald e HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro, 1980.
- ATKINS, Peter; JONES, Loretta e LAVERMAN, Leroy. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2018.
- CAVALCANTI, Eduardo Luiz Dias. O lúdico e avaliação da aprendizagem: relações e diálogos possíveis. In: CLEOPHAS, Maria das Graças; SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa (orgs.). **Didatização lúdica no ensino de química/ciências: teorias de aprendizagem e outras interfaces**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.
- FERNANDES, Tatiana Ribeiro; CARVALHO, Adelson Siqueira e BATISTA, Sílvia Cristina Freitas. Ensino de Zoologia no Ensino Fundamental: sequência didática com uso de tecnologias digitais e mapas conceituais. **REVISTA COCAR (ONLINE)**, v. 15, p. 1-20, 2021.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. – São Paulo: Atlas, 2009.
- HOFFMANN, Jussara. **Avaliação mediadora: uma prática da construção da pré-escola à universidade**. Porto Alegre: Mediação, 2009.
- HOFFMANN, Jussara. **Avaliação mito e desafio: Uma perspectiva construtivista**. 45. ed. Porto Alegre: Mediação, 2017.
- LEITE, Vinicius Pazini; DEBONE, Daniela e MIRAGLIA, Simone Georges El Khouri. Emissões de gases de efeito estufa no estado de São Paulo: análise do setor de transportes e impactos na saúde. **VITTALLE - Revista De Ciências Da Saúde**, 32(3), p. 143–153, 2020.
- LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem componente do ato pedagógico**. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- LUCKESI, Cipriano Carlos. O que é mesmo o ato de avaliar a aprendizagem? **Revista Pedagógica Pátio**, 12(3), 1-12, 2000. Disponível em: <https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/2511.pdf>. Acesso em: 04 out. 2021.
- MACENO, Nicole Glock; GUIMARÃES, Orliney Maciel. Concepções de ensino e de avaliação de professores de química de ensino médio. **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 12, p. 24-44, 2013.
- MITRE, Sandra Minardi; BATISTA, Rodrigo Siqueira; MENDONÇA, José Márcio Girardi; PINTO, Neila Maria de Moraes; MEIRELLES, Cynthia de Almeida Brandão; HOFFMANN, Leandro

Marcial Amaral. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, p. 2133-2144, 2007.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizaje Significativo: la visión clásica, otras visiones e interés. **Revista Proyecciones**, v. 14, p. 24-30, 2020.

NASCIMENTO, Mari Clair Moro; BARBOSA, Raquel Lazzari Leite; OLIVEIRA, Anelise Martinelli Borges de. Formação docente: contribuições da diversificação dos instrumentos avaliativos. **Revista comunicações**. v. 24, n. 1, p. 156. 2017.

NUÑEZ, Izauro Beltran; RAMALHO, Betania Leite. **Fundamentos do Ensino-Aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: O Novo Ensino Médio**. Porto Alegre: Sulina, 2004. 300p.

PERRENOUD, Phillipe. **A avaliação: da excelência à regularização das aprendizagens: entre duas lógicas**. Porto Alegre, Artmed, 1998.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REIS, Jucimar Silva dos; MENEGAZZO, Renato Fernando; COELHO, João Gouveia; SOUZA, Carla Bianca Santana de; RODRIGUES, Maria José. Avaliação das aprendizagens: concepções e práticas de professores de Ciências Naturais de Bragança (Portugal) e Colorado do Oeste (Brasil). **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 18, p. 432-457, 2019.

RIBEIRO, Raimunda Porfírio; NUÑEZ, Isauro Betran. Pensando a aprendizagem significativa: dos mapas conceituais às redes conceituais. In: **Fundamentos do Ensino-Aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: O Novo Ensino Médio / Isauro Beltrán Nuñez e Betania Leite Ramalho (orgs.)**. - Porto Alegre: Sulina, 2004. 300p.

RUTZ, Karla Pereira.; MARINHO, Julio Cesar Bresolin; PESSANO, Edward Frederico Castro. Avaliação da aprendizagem: pressupostos teóricos e problematizações. **REVISTA COCAR (ONLINE)**, v. 15, p. 1-20, 2021.

SANTOS, Livia Cristina; SILVA, Márcia Gorette Lima da. O estado da arte sobre estequiometria: dificuldades de aprendizagem e estratégias de ensino. **Ensenanza de Las Ciencias**, v. EXTRA, p. 1-12, 2013.

SOUZA, Genario Ferreira De. **Avaliação x instrumentos avaliativos: reflexões acerca da avaliação escolar**. Anais V CONEDU. Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/46603>>. Acesso em: 01/11/2021.

SOUZA, Nadia Aparecida de; BORUCHOVITCH, Evely . Mapas conceituais e avaliação formativa: tecendo aproximações. **Educação e Pesquisa (USP. Impresso)**, v. 36, p. 795-810, 2010.

TAVARES, Romero. Construindo mapas conceituais. **Ciências & cognição**, v. 12, 2007.

TAILLE, Yves de La. O Erro Na Perspectiva Piagetiana. In: Julio Aquino. (Org.). **Erro e fracasso na escola**: alternativas teóricas e práticas. 2. ed. São Paulo: SUMMUS, 1996, v., p. 25-45.

TOLENTINO, Mario e ROCHA-FILHO, Romeu. A química no efeito estufa. **Química Nova na Escola**, nº 8, p. 10-14, 1998.

VALLORI, Antoni Ballester. Meaningful learning in practice. **Journal of education and human development**, v. 3, n. 4, p. 199-209, 2014.

CRESPO, Miguel Ángel Gómez; POZO, Juan Ignacio; JULIÁN, María Sagrario Gutiérrez. Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. **Educación Química**, v. 15, n. 3, p. 198-209, 2004.

Sobre os autores

Argeu Cavalcante Fernandes

Doutor em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Educação (Ensino de Ciências Exatas e Ambientais) pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) em parceria com IFRN e UFERSA. Licenciado em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Professor de Química EBTT do IFRN *campus* Currais Novos, com atuação nos níveis médio e superior. Realiza pesquisa na área de ensino de química na perspectiva do ensino mediado pelas tecnologias, metodologias ativas, experimentação investigativa e processo de avaliação. E-mail: argeu.fernandes@ifrn.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0222-9883>

Ewerton Lopes Pires Neto

Licenciando em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), *campus* Currais Novos. Monitor da disciplina de Química Inorgânica de Coordenação e aluno bolsista do Programa Residência Pedagógica, financiado pela CAPES. E-mail: ewerton.n@academico.ifrn.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6155-4782>

Luiz Eduardo Freitas de Moura

Licenciando em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), *campus* Currais Novos. Monitor da disciplina de cálculo integral e diferencial II. E-mail: moura.freitas@academico.ifrn.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6784-9469>

Recebido em: 02/04/2022

Aceito para publicação em: 05/04/2022