



CATEGORIZAÇÃO DE RESULTADOS DE APRENDIZAGEM EM QUÍMICA UTILIZANDO MAPAS CONCEITUAIS

CATEGORIZING LEARNING OUTCOMES IN CHEMISTRY WITH THE USE OF CONCEPTUAL MAPS

CATEGORIZACIÓN DE RESULTADOS DE APRENDIZAJE EN QUÍMICA MEDIANTE EL USO DE MAPAS CONCEPTUALES

Alex Mazzuco^{✉*}, Aliane Loureiro Krassmann^{✉**}, Eliseo Reategui^{✉***},
Raquel Salcedo Gomes^{✉****}

Cómo citar este artículo: Mazzuco, A.; Krassmann, A. L.; Reategui, E.; Gomes, R. S. (2023). Categorização de resultados de aprendizagem em química utilizando mapas conceituais. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 18(3), 389-404. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.17970>

Resumo

A disciplina de Química caracteriza-se por sua essência abstrata e conceitual, dificultando a identificação objetiva de resultados de aprendizagem. O interesse em investigações relacionadas ao uso de técnicas para apoiar este processo é crescente, visto que, também pode contribuir substancialmente em aspectos importantes, como na concepção de materiais didáticos mais significativos e na adequação de procedimentos pedagógicos. Este trabalho propõe a utilização de mapas conceituais com o objetivo de categorizar resultados de aprendizagem em Química. Um estudo piloto foi conduzido com a participação de quatro estudantes do ensino médio. Na tentativa de evidenciar a incidência de padrões condizentes à aprendizagem profunda, superficial e não-aprendizagem, consideraram-se mapas conceituais produzidos antes e depois de uma intervenção didática. Os resultados mostraram o potencial do método para categorizar resultados de aprendizagem em Química, por meio da análise de pares de mapas conceituais, empregando padrões fundamentados por critérios específicos.

Palavras chave: Padrões de aprendizagem. Ensino de química. Mapas conceituais. Resultados de aprendizagem.

Recibido: Mayo de 2021; aprobado: Junio de 2023

* Doutor em Informática na Educação. Instituto Federal Farroupilha (IFFar). Brasil. alexmazzuco@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4888-7005>.

** Doutora em Informática na Educação. Instituto Federal Farroupilha (IFFar). Brasil. alkrassmann@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7553-5518>.

*** Doutor em Informática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Brasil. eliseoreategui@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5025-9710>.

**** Doutora em Informática na Educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Brasil. raquel.salcedo@ufrgs.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9497-513X>.

Abstract

The field of Chemistry is characterized by its abstract and conceptual essence, making it difficult to objectively identify learning results. The interest in investigations related to the use of different techniques to support this process is growing, since it can also contribute substantially to important aspects, such as the design of more effective teaching material and the alignment of pedagogical procedures. This paper proposes the use of concept maps for categorizing learning outcomes in Chemistry. A pilot study was conducted with the participation of four high school students. Concept maps produced before and after a pedagogical intervention were used in an attempt to identify patterns consistent with deep, superficial and non-learning categories. Results demonstrated the potential of concept maps to evaluate learning outcomes in Chemistry, employing standards based on specific criteria.

Keywords: Learning standards. Chemistry teaching. Conceptual maps. Learning outcomes.

Resumen

La disciplina Química se caracteriza por su esencia abstracta y conceptual, lo que dificulta la identificación objetiva de los resultados del aprendizaje. El interés por las investigaciones relacionadas con el uso de técnicas para apoyar este proceso es creciente, ya que también puede contribuir sustancialmente en aspectos importantes, como en el diseño de materiales didácticos más significativos y en la adecuación de procedimientos pedagógicos. Este trabajo propone el uso de mapas conceptuales para categorizar los resultados del aprendizaje en Química. Se realizó un estudio piloto con la participación de cuatro estudiantes de secundaria. En un intento por mostrar la incidencia de patrones consistentes con el aprendizaje profundo, superficial y no aprendizaje, se consideraron mapas conceptuales producidos antes y después de una intervención didáctica. Los resultados mostraron el potencial del método para categorizar los resultados del aprendizaje en Química, a través del análisis de pares de mapas conceptuales, por medio de patrones basados en criterios específicos.

Palabras clave: patrones de aprendizaje, enseñanza de la química, mapas conceptuales, resultados del aprendizaje.

1. Introdução

A aprendizagem de Química exige muito da capacidade de abstração conceitual do estudante, pois as explicações propiciadas para os fenômenos observados no “mundo real” são estabelecidas por propostas que abrangem interações submicroscópicas, como relações entre moléculas, átomos e partículas subatômicas (DE FARIAS et al., 2015). Nesse sentido, não somente o conteúdo impõe desafios aos alunos, mas o processo de acompanhamento e de avaliação da aprendizagem também se torna complexo.

Muitos estudos têm sido desenvolvidos com o objetivo de monitorar o processo de aprendizagem por meio da identificação de evidências de alterações em estruturas cognitivas (HAY, 2007; NOVAK, 2010a; JARVIS, 2012; KINCHIN, MÖLLITS, REISKA, 2019). Nesses estudos, assume-se que a identificação de mudanças nessas estruturas pode se tornar um importante elemento para a concepção de métodos de ensino mais específicos e direcionados a cada perfil de estudante, visto que, conforme BIGGS (1978), os alunos apresentam motivações e estratégias de aprendizagem singulares.

A aprendizagem, por sua vez, é influenciada pelo conhecimento prévio e somente será bem-sucedida caso o estudante consiga estabelecer relações entre os novos conceitos a serem aprendidos e os que já domina. Nesse sentido, em consonância com os argumentos da teoria da Aprendizagem Significativa, no momento em que se defronta com uma nova informação, o aluno procura incorporá-la à sua estrutura cognitiva relacionando-a a saberes anteriores (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1978). Percebe-se, assim, que a estrutura cognitiva não é estática, permitindo que o aluno seja, progressivamente, capaz de ampliar seus conhecimentos (FREZZA, MARQUES, 2009).

De acordo com NOVAK (2010a), mapas conceituais podem ser empregados com a finalidade de apontar modificações na estrutura cognitiva. Considerando critérios pré-estabelecidos, são capazes de propiciar uma representação de resultados de aprendizagem.

Tais representações podem abranger desde evidências da existência de conhecimento prévio antes do evento de aprendizagem, até constatações de que o conhecimento construído após o evento seja significativo no domínio cognitivo prévio. Podem, ainda, envolver indicadores de integração ativa de novos conceitos aos antigos.

Assim, admitida a possibilidade de exteriorização de estruturas de conhecimento por meio de mapas conceituais, pode-se também proceder a essa análise estabelecendo gradações, como na proposta de HAY (2007). O autor classifica os resultados de aprendizagem em três níveis, a saber: aprendizagem profunda, aprendizagem superficial e não-aprendizagem.

Nesse contexto, análises qualitativas de mapas conceituais, mediante a comparação entre mapas concebidos antes e depois de eventos de aprendizagem, permitem gerar evidências de diferentes estados de conhecimento. Com este propósito, análises e avaliações qualitativas são aplicadas em diversas áreas do conhecimento, como nas Ciências Biológicas (KINCHIN, 2000) e na Química (FRANCISCO et al., 2002). Esta, por sua vez, é considerada complexa, pois explora um grande número de princípios e definições abstratas, exigindo, para sua compreensão, que os estudantes entendam múltiplos conceitos e ideias inter-relacionados (BURROWS, MOORING, 2015).

A área de ensino em Química, assim como outras áreas da educação científica, também pode se beneficiar de métodos capazes de revelar modificações nas estruturas cognitivas dos estudantes. A análise destas modificações por meio do monitoramento de resultados de aprendizagem pode apoiar o desenvolvimento de estratégias que possibilitem um melhor acompanhamento dos processos de construção de conhecimento. Nesse cenário, esta pesquisa objetiva verificar de que maneira a análise de mapas conceituais, utilizando padrões específicos (HAY, 2007), pode permitir a categorização de resultados de aprendizagem em Química, evidenciando a ocorrência de aprendizagem profunda, aprendizagem superficial e não-aprendizagem.

2. Mapas conceituais

Muitas das teorias cognitivas de aprendizagem pressupõem que a inter-relação de conceitos é uma propriedade essencial do conhecimento, sendo que seus elementos se tornam cada vez mais interconectados conforme a experiência em um domínio é ampliada. Admitindo-se que o conhecimento em determinado campo seja organizado em torno de conceitos centrais por meio de uma estrutura altamente integrada, essa propriedade organizacional, que pode representar a estrutura cognitiva do indivíduo, pode ser capturada utilizando-se representações estruturais como mapas conceituais (RUIZ-PRIMO, SHAVELSON, 1996).

Estes mapas são compostos de nós que correspondem a termos importantes (significando conceitos) no domínio, conectados com setas rotuladas para designar a relação entre eles (NOVAK, 2010a; KAYE, KIM, 2023). As conexões rotuladas entre nós são chamadas de links e, cada composição “nó-link-nó” produz uma proposição, que pode ser interpretada como uma expressão significativa independente. Assim, como as proposições podem estar dispostas nas mais diversas formas, permitem representar o conhecimento de maneira mais flexível e não linear (KINCHIN et al., 2019; KRIEGLSTEIN et al., 2022). Diferentes terminologias têm sido utilizadas com o propósito de definir um mapa conceitual. Por exemplo: tipo de diagrama empregado como ferramenta para a realização de pesquisas (CONCEIÇÃO, SAMUEL, YELICH BINIECKI, 2017); meio de representação visual de estruturas cognitivas (HAY, 2007); ou ainda, instrumento de avaliação de aprendizagem (KINCHIN, 2000; PESTANA et al., 2023).

De acordo com KILIC, ÇAKMAK (2013), um dos campos que pode se beneficiar do uso de mapas conceituais é o ensino de Química. Para comprovar esse potencial, os autores definiram sua aplicabilidade em quatro categorias procedimentais. A primeira é como método de aprendizado, em que os mapas conceituais auxiliam o aprendizado de Química nas salas de aula e nos laboratórios, permitindo que os estudantes pensem com profundidade, ajudando-os

a compreender e a organizar melhor o que aprendem, bem como a representar informações e recuperá-las com maior eficiência.

A segunda é como método de ensino, sugerindo que os mapas conceituais são importantes instrumentos para os professores, pois fornecem subsídios visuais em relação à compreensão e aos conceitos dos alunos, permitindo observar o quanto um estudante entende de Química pela análise das características de seu mapa conceitual. A terceira categoria é como método de planejamento, pressupondo apoiar especialistas no desenvolvimento de currículos, pois os mapas partem dos conceitos mais gerais e inclusivos para as informações mais específicas. Podem contribuir tanto para relacionar inúmeras ideias em um formato de unidade, tornando a instrução “conceitualmente transparente” para os alunos, quanto para planejar instruções interdisciplinares, desenvolvendo um programa compatível e congruente. Por fim, a quarta categoria em que mapas conceituais se aplicam é como método de avaliação da aprendizagem, enquanto instrumento eficiente para avaliações de desempenho. O estudante pode, por exemplo, receber um conjunto de conceitos desvinculados com os quais necessita construir um mapa, ou ser desafiado a produzir um mapa conceitual após o ensino de algum um tópico, a fim de analisar sua compreensão conceitual. Outros autores também corroboram a potencialidade do uso de mapas conceituais para avaliação no ensino de Química, como BURROWS, MOORING (2015); PAREEK (2015) e EKINCI, ŞEN (2020). Outro autor que propõe o uso de mapas conceituais como método de categorização dos níveis de aprendizagem é HAY (2007), cuja abordagem é adotada neste trabalho.

3. Aprendizagem profunda, superficial e não-aprendizagem

A teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1978) propõe difundir as bases para a compreensão de como o ser humano constrói significados. A teoria distingue entre o aprender de forma mecânica e o aprender de forma significativa.

Quando o estudante aprende mecanicamente, nenhum esforço é realizado para relacionar novas concepções às ideias relevantes existentes em sua estrutura cognitiva. Por outro lado, na aprendizagem significativa, o aprendiz integra de forma substantiva, em sua estrutura cognitiva, novos conceitos e proposições com ideias relevantes já existentes (NOVAK, 2010b).

Assim, de acordo com BURROWS, MOORING (2015), para que seja permitida a construção do conhecimento dos estudantes de forma significativa, três componentes são cogentes: primeiro, o aluno deve possuir algum conhecimento prévio (e relevante) para ancorar novos conhecimentos; segundo, o material a ser utilizado deve ser potencialmente significativo para si mesmo e; terceiro, o estudante deve optar por incorporar, de maneira não arbitrária, o conhecimento presente no material ao seu conhecimento prévio (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1978; NOVAK, 2010b).

No entanto, caso a aprendizagem significativa não ocorra, a aprendizagem mecânica terá precedência (HAY, 2007). Como consequência dessa simples memorização, os estudantes não conseguirão conectar efetivamente as novas informações ao conhecimento prévio. Dessa forma, a aprendizagem ocorre de maneira totalmente literal, o aluno aprende exatamente como foi proferido ou escrito, não havendo interpretação própria. Como resultado, o novo material é meramente memorizado, sendo facilmente esquecido (perdido) e incapaz de ser transferido (BRETZ, 2001).

Pode-se complementar a distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica com as abordagens de JARVIS (2012), de forma análoga ao trabalho de HAY (2007). Para JARVIS (2012), a definição de aprendizagem significativa de NOVAK (2010a) baseia-se em evidências de mudança no conhecimento e compreensão individuais. JARVIS (2012) sugere que a aprendizagem pode ser verificada pela identificação de mudanças na estrutura do conhecimento individual. Na ausência dessas mudanças, não se pode considerar que tenha ocorrido aprendizagem.

A abordagem de HAY (2007), cuja estrutura foi concebida para definir a aprendizagem em níveis, foi planejada e desenvolvida no contexto de aprendizagem profunda (provinda da aprendizagem significativa) e aprendizagem superficial (derivada da aprendizagem mecânica), sendo complementada pelo conceito de não-aprendizagem de JARVIS (2012). Ainda, com o intuito de realizar a adequada distinção e tipificação de profundidade, superfície e não-aprendizagem, critérios específicos são utilizados.

Para a classificação da aprendizagem nestes níveis, são consideradas alterações de estruturas cognitivas representadas visualmente por mapas conceituais. Desse modo, possibilita-se a exposição de estruturas de conhecimento, objetivando sua comparação em diferentes estágios do processo de instrução, com a intenção de identificar mudanças que indiquem aprendizagem, bem como a análise de seu grau.

Há inúmeros trabalhos relacionados ao uso de mapas conceituais na tentativa de expressar modificações de estruturas cognitivas, como KINCHIN (2008); EKINCI, ŞEN (2020); KINCHIN, MÖLLITS, REISKA (2019); NOVAK (2010a), REISKA, SOIKA, CAÑAS (2018); YILDIRIR (2020), e BARTA et al. (2022). Alguns são direcionados a áreas específicas do conhecimento, como o de KINCHIN (2000), voltado à aplicação de mapas conceituais no processo de aprendizagem nas Ciências Biológicas ou, ainda, os trabalhos de BOUJAOUDE, ATTIEH (2008) e de BURROWS, MOORING (2015), direcionados à área de Química. O trabalho de HAY (2007) distingue-se destes por propor uma metodologia de classificação da aprendizagem em níveis, possibilitando o emprego de mapas conceituais para a análise de mudanças de estruturas cognitivas de maneira sistemática. Assim, no contexto desta pesquisa, essa metodologia é utilizada considerando um Recurso Educacional Digital (RED) em Química.

3. Procedimentos metodológicos

O propósito deste estudo reside na identificação dos resultados de aprendizagem na disciplina de

Química, por meio da aplicação de mapas conceituais. Isso implica na consideração dos padrões de aprendizagem profunda, aprendizagem superficial e não-aprendizagem, como categorizados por HAY (2007). Nesse sentido, foi empreendida uma pesquisa empírica, abrangendo a coleta de dados qualitativos. Tal abordagem visou propiciar uma compreensão minuciosa do processo subjacente à construção do conhecimento em Química.

A pesquisa teve como base o emprego de um Recurso Educacional Digital elaborado com o sistema MMAR – *Molecular Modeling with Augmented Reality* (MAZZUCO, 2017; MAZZUCO et al., 2018), projetado e desenvolvido para apoiar o aprendizado de estruturas moleculares tridimensionais. O RED foi utilizado por quatro estudantes do ensino técnico integrado ao ensino médio durante cinco aulas. O estudo foi dividido em quatro etapas, conforme descrito a seguir.

a. Etapa 1 – Sujeitos da pesquisa

A pesquisa foi aplicada no âmbito da disciplina de Química, com alunos do terceiro ano do curso técnico em informática integrado ao ensino médio de uma instituição pública de ensino, com faixa etária de 17 a 18 anos. As escolhas, em relação à instituição de ensino e ao curso, ocorreram por conveniência, como disponibilidade e acesso. Já a preferência pelo terceiro ano resultou da orientação do professor titular da disciplina de Química, por contemplar tópicos que envolviam a observação e a análise molecular 3D.

Inicialmente foi realizada uma reunião virtual entre o professor titular da disciplina e os pesquisadores, contemplando a apresentação e a contextualização do sistema MMAR. Também foi discutida e adaptada a proposta de aplicação do estudo piloto com um grupo de alunos. Em uma nova reunião, na semana seguinte, foi demonstrado ao professor o uso prático do sistema, no qual foram exemplificados os registros de moléculas, usuários e aulas.

Neste encontro, o professor propôs que a abordagem pudesse contemplar assuntos apresentados em aulas anteriores ministradas por ele. Assim, foram

elaboradas cinco aulas no sistema, adaptando o conteúdo anteriormente apresentado de maneira convencional em sala de aula e incluindo moléculas similares às estudadas na disciplina. Cada aula foi planejada para ter 30 minutos de duração.

b. Etapa 2 – Concepção do recurso educacional digital

O RED foi planejado e elaborado utilizando o sistema MMAR. Foram registradas cinquenta e duas moléculas com suas respectivas descrições, imagens e arquivos X3D (padrão aberto para distribuir conteúdo 3D), divididas em cinco categorias, sendo seu nome o mesmo das aulas. Primeiramente, com a seleção e adequação do conteúdo ao sistema, foram criadas três aulas, denominadas: “Função Ácido Carboxílico”, “Função Aldeído” e “Função Cetona”. A Tabela 1 apresenta as informações relacionadas a cada aula, bem como o conteúdo discutido, a carga horária e os exemplos de moléculas utilizados.

Tabela 1. Lista de aulas criadas no sistema MMAR.

| Aula | Conteúdo | Carga Horária | Exemplos de Moléculas |
|--------------------------|---|---------------|--|
| Função Ácido Carboxílico | Conceitos, aplicações, nomenclaturas e exemplos | 30 min | Ácido 2,4,6-Trimetilbenzoico, Ácido Benzoico, Ácido Etanoico, Ácido Metanoico e Ácido Propanoico |
| Função Aldeído | Conceitos, aplicações, nomenclaturas e exemplos | 30 min | 3-Etilpentanal, 3-Hidroxiopropanal, Metanal, Nonanal e Pentanal |
| Função Cetona | Conceitos, aplicações, nomenclaturas e exemplos | 30 min | 2,4-Dimetilpentan-3-ona, 4-Metilpentan-2-ona, Cicloheptanona, Pentan-2-ona e Propanona |
| Proteína Hemoglobina | Contextualização | 10 min | Proteína Hemoglobina |
| Vírus Ebola | Contextualização | 10 min | Vírus Ebola |

Fonte: Autores.

Na tentativa de demonstrar a complexidade da análise de moléculas maiores (com um grande número de átomos), foram acrescentadas duas aulas adicionais:

“Proteína Hemoglobina” e “Vírus Ebola”. Foram denominadas como “adicionais” porque não tinham sido inicialmente previstas na disciplina de Química. Assim, apenas uma breve contextualização (como a origem da molécula, número de átomos etc.) foi apresentada, contemplando uma carga horária de trabalho reduzida de 10 minutos para cada uma.

c. Etapa 3 – Condução do experimento

O estudo foi conduzido utilizando, inicialmente, 1 hora e 20 minutos do período de aula da disciplina de Química, estendendo-se por mais 1 hora e 20 minutos (após o horário de aula). Primeiramente, em sala de aula, o professor fez uma breve explicação do experimento, relacionando-o às aulas de Química já ministradas e convidando os alunos a participarem do estudo de forma voluntária (sem recompensa).

Quatro estudantes manifestaram interesse e foram conduzidos a um laboratório contendo dez microcomputadores do tipo all-in-one, onde foram recepcionados pelos pesquisadores. Foram então convidados a escolher, aleatoriamente, um computador. Após se acomodarem, foi explicado como o experimento seria conduzido. Foi distribuído um material impresso aos estudantes, contendo informações referentes a mapas conceituais, como: definições, aplicações, forma de elaboração e exemplos. Apesar de todos já conhecerem os mapas, o material foi explicado e complementado pela demonstração de como os conceitos podem ser organizados graficamente e de maneira hierárquica (conceitos mais inclusivos na parte superior, com detalhes e exemplos na parte inferior). Argumentou-se que os mapas podem servir de recurso visual para representar o conhecimento e compreensão que eles próprios têm sobre determinado assunto.

Na sequência, foram abordados os primeiros três tópicos “Função Ácido Carboxílico”, “Função Aldeído” e “Função Cetona”. Solicitou-se então que cada aluno escolhesse o tópico com o qual tivesse maior familiaridade, para elaborar o primeiro mapa conceitual. Reservaram-se 20 minutos para essa

tarefa. Para desenhar os mapas conceituais, os estudantes utilizaram caneta e papel. Posteriormente, os estudantes foram convidados a acessar o sistema MMAR, sendo direcionados para a seção “Minhas Aulas”. Os alunos permaneceram livres para explorar o conteúdo de cada aula. Ao utilizarem essa interface, foi solicitado aos estudantes que respondessem perguntas como: “Liste as funções orgânicas desta molécula”, “Identifique os grupos funcionais presentes nesta molécula”, “Escreva a fórmula molecular dos compostos desta molécula” e “Escreva o nome dos compostos que apresentam apenas um grupo funcional”.

Após essa atividade, os alunos foram convidados a sair do sistema, desligar os computadores e, individualmente, elaborar um segundo mapa conceitual sobre o mesmo assunto escolhido para o primeiro mapa. Mais uma vez, foram reservados 20 minutos para essa tarefa.

d. Etapa 4 – Metodologia de análise de dados

Com o objetivo de estabelecer critérios para diferenciar os níveis de aprendizagem, foram adotadas as definições de HAY (2007), descritas na Tabela 2. No estudo realizado, cada aluno elaborou dois mapas conceituais, um prévio e um posterior às aulas desenvolvidas com o apoio do RED. A análise desses mapas foi baseada na comparação das estruturas dos mapas conceituais elaborados pelo mesmo aluno, antes e depois do período de aprendizagem, considerando os critérios apresentados na Tabela 2. Conceitos vinculados a setas, mas sem declarações explicativas (rótulos), foram tratados como ausência de vínculo e proposições que não puderam ser compreendidas pelos pesquisadores foram descartadas.

4. Resultados e discussão

Os critérios propostos por HAY (2007) e utilizados nesta pesquisa são fundamentalmente dirigidos a: evidenciar a inclusão (ou não) de novos conceitos ao conhecimento prévio dos estudantes; observar a forma como os conceitos foram vinculados entre si

Tabela 2. Critérios para classificação dos tipos de aprendizagens.

| Aprendizagem Profunda | |
|--------------------------|---|
| 1 | O segundo mapa deve mostrar os conceitos recém-aprendidos (que não foram incluídos no primeiro) e as concepções originais (anteriores). |
| 2 | O segundo mapa deve mostrar que o novo conhecimento foi vinculado ao conhecimento anterior de forma significativa (ou seja, as declarações de vinculação são válidas e explicativas, e fornecem evidências de significado no entendimento do autor do mapa). |
| 3 | A estrutura geral de conhecimento do segundo mapa apresenta uma melhoria significativa em relação ao primeiro (isto é, mostra melhor organização, maior vínculo e mais rica exposição de significado). |
| Aprendizagem Superficial | |
| 4 | O segundo mapa deve mostrar um número significativo de conceitos recém-introduzidos (que não eram evidentes no primeiro), mas eles não são integrados ao conhecimento prévio por meio de vinculação a conceitos que são persistentes do primeiro ao segundo mapa. |
| 5 | O segundo mapa deve conter novos conceitos, mas a ligação conceitual do mapa como um todo não será aumentada como resultado. |
| 6 | O segundo mapa não apresenta uma melhoria significativa em relação ao primeiro, seja em termos de riqueza estrutural (com ligações) ou capacidade de explicação (com significados). |
| Não-Aprendizagem | |
| 7 | Persistência do conhecimento prévio do primeiro mapa para o segundo. |
| 8 | Falta de evidência de reorganização significativa das estruturas conceituais de um mapa para o outro. |
| 9 | Ausência de conceitos recém-introduzidos no segundo mapa. |
| 10 | Ausência de links recém-desenvolvidos no segundo mapa. |
| 11 | Ausência de exposições de significado recém-desenvolvidas entre as instruções de vinculação. |

Fonte: Autores.

e conectados ao conhecimento prévio; identificar melhorias significativas na construção do segundo mapa conceitual com relação ao primeiro. Como o autor não considera o fator tempo na identificação de episódios com diferentes níveis de aprendizagem, compreendeu-se apropriada a utilização do método mesmo se tratando de um estudo desenvolvido num período relativamente curto (2 horas e 40 minutos). Neste intervalo, é aceitável que ocorram mudanças nas estruturas cognitivas dos participantes, envolvendo ligações fortes e suficientemente organizadas, para caracterizá-las como Aprendizagem Profunda.

Da mesma forma, é possível que também ocorram mudanças que caracterizem a Aprendizagem Superficial ou, ainda, a Não-Aprendizagem.

Foram coletados oito mapas conceituais, compondo quatro pares, com as iniciais dos estudantes: “G.S.”, “L.V.”, “L.S.” e “M.S.”. Para elaborá-los, os alunos usaram caneta e papel e, na maior parte dos casos, ocuparam a totalidade de uma folha A4. No entanto, para melhorar sua visualização neste artigo, optou-se por reproduzi-los utilizando o software CmapTools. Todos os mapas foram detalhadamente descritos, buscando-se aproximá-los ao máximo dos originais, com as mesmas disposições espaciais dos conceitos e dos links, bem como sua **transcrição *ipsis litteris***. Duas alterações, contudo, foram acrescentadas para auxiliar na análise: a coloração preta para identificar o conceito principal e a tonalidade cinza para destacar os novos conceitos. A seguir são descritos episódios de aprendizagem profunda, superficial e não-aprendizagem, apresentados nessa ordem.

a. Aprendizagem profunda

O primeiro mapa, do aluno com iniciais “G.S.”, apresenta sete conceitos para explicar o assunto “Cetona”, sendo que “prefixo + infixo + sufixo” e “carbonila” tiveram um importante papel organizacional, com detalhes resumidos (“1º Mapa”, Figura 1). Entretanto, o primeiro conceito está incompleto, visto não ser possível definir a nomenclatura somente por meio de “an] en] in]” e suas representações; já o segundo apresenta somente o grupo funcional “C=O” para sua explicação. De forma geral, o primeiro mapa permite observar uma exposição trivial do tópico principal “Cetona”, fornecendo apenas uma breve descrição. Além disso, os detalhes reduzidos de “prefixo + infixo + sufixo” sugerem que este aluno possuía um conhecimento prévio do assunto, mas seu entendimento não era profundo.

Após a realização das atividades com o uso do sistema MMAR, o segundo mapa tornou-se mais explicativo (Figura 1, “2º Mapa”), manifestando conhecimento melhor estruturado. Assim, é possível corroborar a ideia de BRETZ (2001), de que a

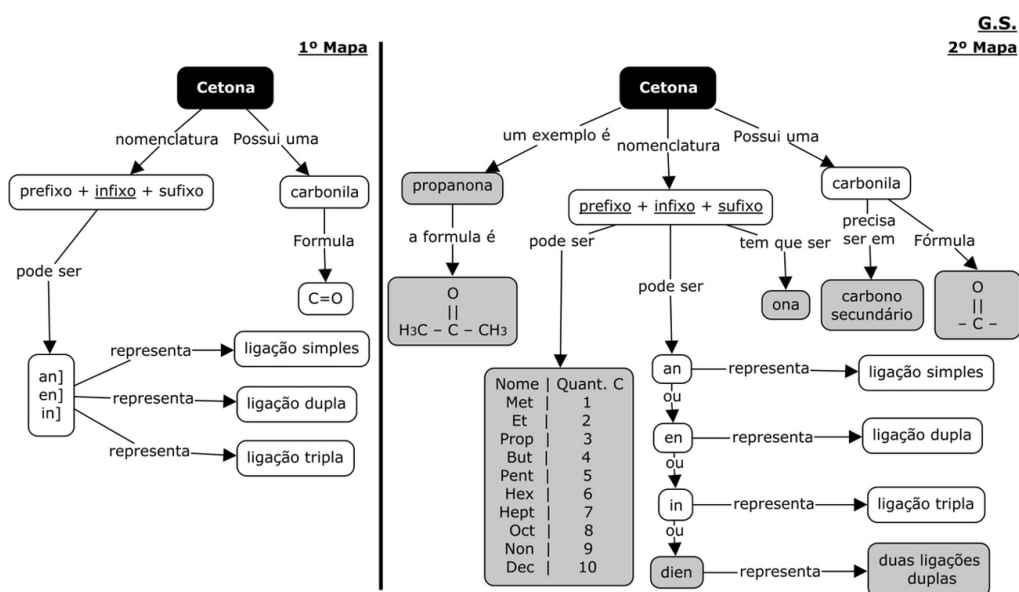


Figura 1. Mapas conceituais “G.S.”.
Fonte: Os Autores.

aprendizagem será bem-sucedida somente quando o processo educativo proporcionar experiências que vão além da simples leitura de conceitos, abrangendo diferentes tipos de projetos e experimentos tecnológicos. Neste mapa, foram esboçados dezesseis conceitos para descrever o tópico “Cetona”. O conteúdo explicativo foi significativamente aprimorado, e o aluno demonstrou uma compreensão mais abrangente do assunto, relacionando-se com o conceito de aprendizagem significativa de AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN (1978) e NOVAK (2010a), em que as novas informações (novos conhecimentos, em cinza) associaram-se de forma não arbitrária e substantiva (não literal) à sua estrutura cognitiva. É possível, além disso, observar, na Figura 1, 2º mapa, que o conceito “prefixo + infix + sufixo” foi expandido, permitindo a correta compreensão da nomenclatura da função “Cetona”. Foi acrescentado um novo conceito contendo todas as definições relacionadas ao prefixo, bem como o conceito “ona”, condizente ao sufixo. Para explicar o infix, foi adicionado à lista o conceito “dien”, que representa duas ligações duplas. O conceito “carbonila” também foi melhorado, o grupo funcional “C=O” foi representado de forma mais detalhada (o “C”

possuindo mais duas ligações), sendo acrescentado o conceito “carbono secundário”, com o rótulo “precisa ser em”. Outro aspecto importante é a presença do conceito “propanona” e sua fórmula estrutural, que representam um exemplo do assunto principal. Assim, os critérios 1, 2 e 3 da Tabela 2 foram atendidos pelo mapa elaborado pelo aluno com iniciais “G.S.”, sugerindo um padrão de aprendizagem profunda. Observa-se, ainda, a alteração do quantitativo de informações entre o primeiro e o segundo mapa, com um acréscimo de sete para dezesseis conceitos. Isso permite expor não somente a complexidade da disciplina, que envolve tópicos e definições abstratas, mas também demonstra que, para a compreensão destes, não basta o entendimento individual de conceitos, mas a necessidade de inter-relacioná-los de forma significativa, como afirmam BOUJAOUDE, ATTIEH (2008) e BURROWS, MOORING (2015). Os mapas conceituais com iniciais “M.S.” (Figura 2) apresentam características semelhantes aos mapas com iniciais “G.S.”, permitindo também observar um padrão de aprendizagem profunda. No primeiro mapa, foram utilizados nove conceitos, na tentativa de explicar o assunto “Ácido Carboxílico”,

basicamente abordando: um exemplo de “participação de reação orgânica de transesterificação”; um conceito contendo sua formação “Carbonila + Hidroxila”; um esclarecimento mais detalhado, com quatro conceitos, referente à “parte apolar e polar” e; por fim, uma nomenclatura reduzida à terminação “óico”.

No segundo mapa conceitual do aluno “M.S.” (Figura 2), estão presentes dezesseis novos conceitos, mostrando uma compreensão mais abrangente e completa do assunto. Para explicar a formação do “Ácido Carboxílico”, foram inseridos quatro conceitos, sendo que “Carbonila + Hidroxila” foi dividido em dois (“Carbonila” e “Hidroxila”) e, realocados para as extremidades da árvore. Da mesma forma, foi acrescentado o conceito “Cadeia” e, logo abaixo, outros seis, para definir seu tipo. Já a explicação limitada da nomenclatura, formada somente com a terminação “óico” (no primeiro mapa), foi resolvida com a inclusão do conceito “Ácido + Prefixo + infixo + óico” e, de outros três vinculados a este. Assim, observa-se que a nomenclatura foi detalhadamente apresentada no segundo mapa, com a especificação do prefixo, relacionado ao número de carbonos e, com o infixo associado ao número de ligações, sendo complementada por exemplos. Portanto, a adição e a organização dos novos conceitos sugerem indícios de um padrão de aprendizagem profunda do aluno “M.S.”, na medida em que a

estrutura geral de conhecimento do segundo mapa apresenta uma melhoria significativa em relação ao primeiro (HAY, 2007). Dessa forma, como nos mapas com iniciais “G.S.”, é admissível aproximar-se do conceito de aprendizagem significativa de AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN (1978) e NOVAK (2010a). É possível, do mesmo modo, associar as especificidades dos mapas conceituais com iniciais “G.S.” e “M.S.”, com a pesquisa de YILDIRIR (2020), que buscou determinar o estado das estruturas cognitivas de alunos do ensino médio sobre determinado argumento e conceitos relacionados. Como resultado, no trabalho do autor, foi observado que as estruturas cognitivas dos alunos evoluíram do pré-teste para o pós-teste realizado, havendo um aumento no número de termos apresentados pelos estudantes e de conexões entre eles. Observaram-se ainda mudanças na natureza dessas conexões. Semelhante ao estudo aqui apresentado, no trabalho de YILDIRIR (2020), a análise realizada sobre as mudanças nas estruturas cognitivas dos estudantes se aproxima dos conceitos de aprendizagem profunda aqui utilizados, na medida em que os alunos manifestaram indícios de associações consideráveis e significativas entre as palavras-estímulo em suas estruturas cognitivas. O principal diferencial, contudo, entre os mapas conceituais com iniciais “G.S.” e “M.S.”, encontra-se na retirada de um conceito (denominado “parte polar e apolar”), seguido de outros quatro conceitos

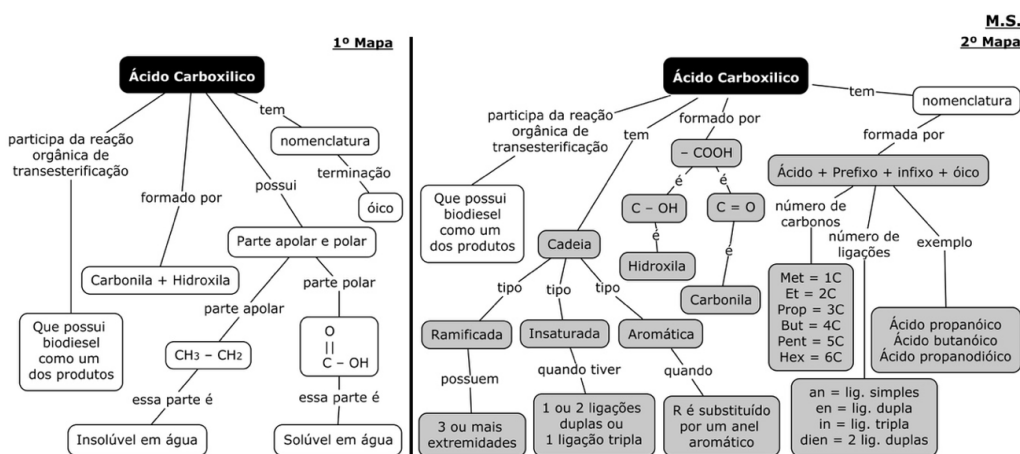


Figura 2. Mapas conceituais “M.S.”.

Fonte: Os Autores.

que explicam o primeiro (Figura 2, “2º Mapa”). Essa ausência de conceitos foi percebida no momento da entrega do segundo mapa, quando o aluno foi questionado sobre o motivo dessa remoção. O estudante informou que, mesmo os conceitos estando corretos, ele não encontrava razão para repeti-los, pois se tornaram “triviais”, diante dos novos conceitos aprendidos. Assim, também é possível inferir que essa “trivialidade” expressada pelo aluno seja um indício de aprendizagem significativa, visto que ele pode ter incorporado o assunto de modo tão substantivo à sua estrutura cognitiva que não sentiu mais necessidade de expor tais conceitos no mapa. Ratifica-se, dessa forma, a perspectiva de FREZZA, MARQUES (2009) em relação à constante mudança e desenvolvimento da estrutura cognitiva, admitindo que o aluno seja, progressivamente, capaz de ampliar seus conhecimentos.

b. Aprendizagem superficial

Os mapas conceituais com iniciais “L.S.” (Figura 3) apresentam sinais de aprendizagem superficial. No primeiro mapa, estão presentes oito conceitos exíguos, referentes ao tipo de cadeia, como “cadeia aberta”, “cadeia fechada”, “ramificada”, “saturada” e “insaturada”, bem como outros dois relacionados à quantidade de hidrogênio e ao equilíbrio dinâmico, na tentativa de explicar o conceito central “Função Cetona”.

Com exceção do rótulo “carboxila C=O”, é possível observar que o aluno não conseguiu adicionar conexões explicativas que teriam completado e enriquecido essa estrutura, evidenciando seu conhecimento apenas superficial sobre o conjunto de tópicos que constituem o assunto principal. Neste contexto, compreende-se que o aluno detinha pouco conhecimento relacionado aos princípios subjacentes necessários para que entendesse o assunto por completo ou de forma mais abrangente.

No segundo mapa do aluno “L.S.” (Figura 3, 2º Mapa), foram incluídos nove novos conceitos. Mas de modo semelhante ao que ocorreu na construção do primeiro mapa, a tentativa de explicar o assunto principal foi predominantemente sem vincular outras declarações. Assim, estes novos conceitos não foram integrados ao conhecimento prévio por meio de vinculação a conceitos persistentes do primeiro mapa (considerando que conceitos conectados por setas, mas sem rótulos, foram tratados como ausência de vínculo). Dessa forma, é possível aproximar-se da definição de aprendizagem mecânica de AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN (1978) e NOVAK (2010a), sendo possível, também, concordar com BRETZ (2001); KINCHIN (2000) e NOVAK (2010b) quanto ao fato de que uma das principais características deste tipo de aprendizagem é a memorização do conteúdo novo, o qual pode ser facilmente esquecido e dificilmente será transferido.

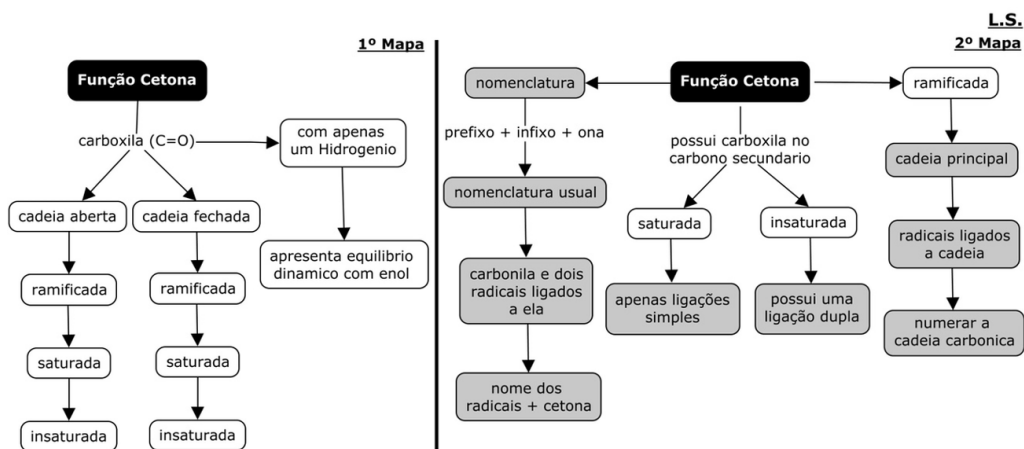


Figura 3. Mapas conceituais “L.S.”.
Fonte: Os Autores.

Ainda no segundo mapa do aluno “L.S.”, houve o acréscimo do conceito “nomenclatura” e, na tentativa de descrevê-lo, outros três foram incluídos, mas de forma breve e desconexa. Do mesmo modo, a intenção de especificar os conceitos “ramificada”, “saturada” e “insaturada”, tornou-se insuficiente. Assim, diferentemente das representações dos alunos “G.S.” e “M.S.”, o segundo mapa do estudante “L.S.” compreende novos conceitos. Porém, não traz melhorias estruturais expressivas em comparação ao primeiro, tampouco aumenta sua capacidade de explicação. Com base nesses aspectos, conclui-se que os mapas do aluno “L.S.” contemplem os itens 4, 5 e 6 da Tabela 2, caracterizando um padrão de aprendizagem superficial.

A identificação desse padrão de aprendizagem pode ser relacionada ao trabalho de REISKA, SOIKA, CAÑAS (2018), que empregou mapas conceituais para comparar as diferenças e mudanças no nível de compreensão interdisciplinar das Ciências entre alunos de escolas diferentes. Os resultados da pesquisa demonstraram que os mapas conceituais de alunos de uma escola onde a média dos resultados dos exames nacionais é alta não melhoraram expressivamente ao longo dos estudos no ensino médio. Isso indicava que, provavelmente, esses estudantes estavam mais próximos do nível “especialista”, com base nas competências definidas no currículo ou nas expectativas em sala de aula. Portanto, esses estudantes não se desenvolveram tanto quanto os alunos de escolas onde o resultado médio dos exames nacionais era inferior. Dessa forma, por não aprimorarem significativamente seus mapas conceituais, apresentaram evidências de um padrão de aprendizagem superficial.

c. Não-aprendizagem

Os mapas conceituais do aluno com iniciais “L.V.” (Figura 4) denotam a não-aprendizagem. O primeiro mapa apresenta uma descrição simplificada, contendo apenas cinco conceitos para explicar o tópico principal “Ácido Carboxílico”. Apesar de possuir vinculações, elas não possibilitam ilustrar

a adequada relação entre os conceitos. O conceito “Ácido Carboxílico” possui três ligações; a primeira com “Na produção de ésteres orgânicos” e a segunda com “Compostos orgânicos que possuem o grupo carbonila ligado a um Grupo Carboxila”, conceitos que não apresentam outras conexões. A terceira ligação, com o conceito “Estiver ligado ao substituinte alquila ou arila”, é complementada por outros dois, na tentativa de exemplificar a criação do “Sal de ácido carboxílico”.

No segundo mapa conceitual do aluno “L.V.” (Figura 4, 2º Mapa), foram incorporados novos conceitos, totalizando doze. Aparentemente, poderia julgar-se haver uma tendência a apresentar características peculiares de um padrão de aprendizagem profunda, tendo em vista a presença de ligações rotuladas entre os novos conceitos e os que persistiram do primeiro mapa. Com uma análise mais aprofundada, contudo, observa-se que a estrutura organizacional não foi significativamente melhorada ou desenvolvida. Foi acrescentado apenas um conceito vinculado ao conceito “Na produção de ésteres orgânicos”, na tentativa de exemplificar seu uso em produções. A ligação do conceito “Estiver ligado ao substituinte alquila ou arila” com “O grupo carbonila” e, a conexão deste com “Sal de ácido carboxílico” foram conservadas.

Observa-se ainda, na Figura 4, 2º Mapa, que três novos conceitos foram vinculados a “Compostos orgânicos que possuem o grupo carbonila ligado a um Grupo Carboxila”, mas que não permitem tornar compreensível o conceito “Ácido Carboxílico”. Isto ocorre devido ao grau de especificidade destes conceitos. Eles ilustram somente exemplos, como “Ácido de cadeia normal”, ligado a “Ácido butanoico” ou “Ácido com duas cadeias”, vinculado a “Ácido propanoico”. Possivelmente, o acréscimo de novos conceitos também permitiria evidenciar a ocorrência da aprendizagem superficial, seguindo uma perspectiva relacionada à aprendizagem mecânica de AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN (1978) e NOVAK (2010a).

No entanto, o segundo mapa conceitual (Figura 4) não pode ser considerado uma real evolução em

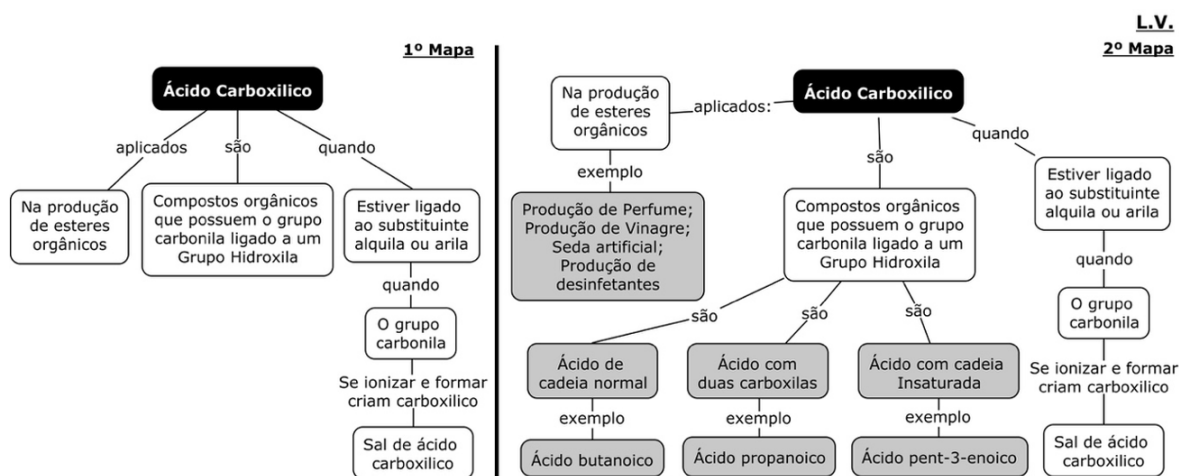


Figura 4. Mapas conceituais "L.V.".

Fonte: Os Autores.

relação ao primeiro, pois, mesmo que tenham sido acrescentados novos conceitos, a relação e a associação conceitual não foi adequada, tampouco sua hierarquização ou quantidade de vínculos expuseram evidências de um padrão de aprendizagem significativa, como no caso dos mapas dos alunos "G.S." e "M.S.". A compreensão do aluno em relação ao conceito principal "Ácido Carboxílico", de forma geral, foi ampliada, mas não mudou de maneira significativa. Portanto, para este aluno não foi possível identificar a ocorrência de aprendizagem superficial ou aprendizagem profunda.

Observam-se, assim, indícios de que os mapas do aluno com iniciais "L.V." condizem com um padrão de não-aprendizagem, pois, alinhado às definições de HAY (2007), no segundo mapa, houve a persistência do conhecimento do primeiro, com ausência de evidências de reorganização significativa das estruturas conceituais. Ratifica-se, também, a concepção de JARVIS (2012), que sugere que só há evidência de aprendizagem quando mudanças são percebidas na estrutura do conhecimento prévio. Tal resultado permite traçar um paralelo com a pesquisa de EKINCI, ŞEN (2020), que objetivou exteriorizar, por meio de mapas conceituais, estruturas cognitivas de estudantes relacionadas à compreensão de estruturas atômicas. O referido estudo evidenciou que os alunos não conseguiram associar

apropriadamente conceitos para construir proposições ou para gerar novos significados relacionados à natureza do átomo. Deste modo, não houve indícios do padrão de aprendizagem profunda ou do padrão de aprendizagem superficial, levando à evidência de um padrão de não-aprendizagem.

Pesquisas anteriores também fizeram uso de mapas conceituais como meio para identificação de evidências de aprendizagem em áreas como a Matemática (DE ALMEIDA, FONTANINI, 2010), Física (MARTINS, LINHARES, REIS, 2009), Ciências (ROCHA, SPOHR, 2016), Cálculo (FERRÃO, MANRIQUE, 2014) e Estatística (ROBERTS, 1999). Do ponto de vista conceitual, estes estudos tiveram como foco a teoria da aprendizagem significativa, buscando evidências de ocorrências deste tipo de aprendizagem em mapas conceituais elaborados pelos estudantes. No estudo aqui apresentado, o foco foi um pouco distinto na medida em que as análises não foram fundamentadas estritamente no conceito da aprendizagem significativa de AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN (1978). Buscou-se, nas definições de HAY (2007), mostrar como os mapas conceituais poderiam ser utilizados na área de Química para categorizar os episódios de aprendizagem em 3 níveis, estabelecendo uma hierarquia que os próprios autores, em outro trabalho, chamaram de "qualidade da aprendizagem" (HAY, KINCHIN, 2008).

5. Considerações finais

Este trabalho teve o objetivo de identificar resultados de aprendizagem em Química por meio da análise de mapas conceituais produzidos pelos estudantes. Três padrões de aprendizagem foram considerados, de acordo com definições propostas por HAY (2007): padrões de aprendizagem profunda, aprendizagem superficial e não-aprendizagem.

Os resultados do estudo desenvolvido demonstraram o potencial do emprego de mapas conceituais na categorização dos resultados de aprendizagem dos estudantes. Por meio da identificação de mudanças na estrutura prévia de conhecimento apresentada por cada estudante, o método utilizado também possibilitou identificar o quão significativas foram essas mudanças.

As contribuições deste trabalho vão além de um cenário de apresentação e aplicação de um modelo distinto de classificação de resultados de aprendizagem em Química. Elas mostram a possibilidade de uso dos mapas conceituais para proporcionar um melhor entendimento da estrutura cognitiva dos estudantes em relação aos assuntos estudados. Tal compreensão pode apoiar a elaboração de materiais didáticos e estratégias educacionais fundamentadas em um acompanhamento sistematizado dos processos de aprendizagem.

Este estudo faz parte de uma pesquisa maior, que tem como objetivo o desenvolvimento de tecnologia educacional para apoio ao ensino e aprendizagem em Química. Os resultados desta etapa da pesquisa permitiram formalizar procedimentos de coleta e análise de dados no que diz respeito ao processo de aprendizagem dos estudantes. Em trabalhos futuros, estes procedimentos serão empregados para avaliar em que medida os recursos tecnológicos desenvolvidos contribuíram no processo de aprendizagem dos participantes da pesquisa. Também, estima-se relevante, em futuros estudos, considerar espaços de tempo maior entre uma atividade e outra, possibilitando a identificação de resultados de aprendizagem mais duradouros.

As principais limitações do estudo aqui apresentado

estão relacionadas fundamentalmente ao número de participantes envolvidos, o que poderia implicar em questionamentos relacionados à possibilidade de generalização de resultados. Observa-se, no entanto, que a análise realizada cumpriu o objetivo de mostrar o potencial do emprego de mapas conceituais para categorizar os níveis de aprendizagem dos estudantes em Química, sem que se tivesse que trabalhar com um número maior de participantes.

6. Referências

- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view** (2nd. ed.). Holt Rinehart and Winston. New York: USA. 1978.
- BARTA, A.; FODOR, L. A.; TAMAS, B.; SZAMOSKOZI, I. The development of students' critical thinking abilities and dispositions through the concept mapping learning method—A meta-analysis. **Educational Research Review**, v. 37, art. 100481. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100481>
- BIGGS, J. B. Individual and group differences in study processes. **British Journal of Educational Psychology**, London, v. 48, n. 3, pp. 266-279. 1978. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1978.tb03013.x>
- BOUJAOUDE, S.; ATTIEH, M. The effect of using concept maps as study tools on achievement in chemistry. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, Philadelphia, v. 4, n. 3, pp. 233-246. 2008 <https://doi.org/10.12973/ejmste/75345>
- BRETZ, S. L. Novak's theory of education: Human constructivism and meaningful learning. **Journal of Chemical Education**, Washington, v. 78, n. 8, p. 1107. 2001. <https://doi.org/10.1021/ed078p1107.6>
- BURROWS, N. L.; MOORING, S. R. Using concept mapping to uncover students' knowledge structures of chemical bonding concepts. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 16, n. 1, pp. 53-66. 2015. <https://doi.org/10.1039/c4rp00180j>
- CONCEIÇÃO, S. C. O., SAMUEL, A.; YELICH BINIECKI, S. M. Using concept mapping as a tool for conducting research: An analysis of three approaches. **Cogent Social Sciences**, London, v. 3, n. 1, art. 1404753. 2017. <https://doi.org/10.1080/23311886.2017.1404753>

- DE ALMEIDA, L. M. W.; FONTANINI, M. L. C. Aprendizagem significativa em atividades de modelagem matemática: uma investigação usando mapas conceituais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, pp. 403-425. 2010.
- DE FARIAS, F. M. C.; DEL-VECCHIO, R. R.; CALDAS, F. R. R.; GOUVEIA-MATOS, J. A. de M. Construção de um modelo molecular: uma abordagem interdisciplinar Química-Matemática no ensino médio. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 7, n. 3, pp. 849-863. 2015. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150043>
- EKINCI, S.; ŞEN, A. İ. Investigating grade-12 students' cognitive structures about the atomic structure: A content analysis of student concept maps. **International Journal of Science Education**, London, v. 42, n. 6, pp. 977-996. 2020. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1744045>
- FERRÃO, N. S.; MANRIQUE, A. L. O uso de mapas conceituais como elemento sinalizador da aprendizagem significativa em Cálculo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, pp. 193-216. 2014.
- FRANCISCO, J. S.; NAKHLEH, M. B.; NURRENBERN, S. C.; MILLER, M. L. Assessing student understanding of General Chemistry with concept mapping. **Journal of Chemical Education**, Washington, v. 79, n. 2, p. 248. 2002. <https://doi.org/10.1021/ed079p248>
- FREZZA, J. S.; MARQUES, T. B. I. A evolução das estruturas cognitivas e o papel do senso comum. **Schème: Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**, Marília, v. 2, n. 3, pp. 278-294. 2009. <https://doi.org/10.36311/1984-1655.2009.v2n3.583>.
- HAY, D. B. Using concept maps to measure deep, surface and non-learning outcomes. **Studies in Higher Education**, London, v. 32, n. 1, pp. 39-57. 2007. <https://doi.org/10.1080/03075070601099432>
- HAY, D.; KINCHIN, I. Using concept mapping to measure learning quality. **Education + Training**, England, v. 50, n. 2, pp. 167-182. 2008. <https://doi.org/10.1108/00400910810862146>
- JARVIS, P. **Paradoxes of learning: On becoming an individual in society**. (1st. ed.). Routledge. 2012.
- KAYE, M. P.; KIM, B. K. Promoting student success in the flipped online classroom: Learning and accountability through homework strategies. **Journal of Occupational Therapy Education**, Richmond, v. 7, n. 1, p. 10. 2023. <https://encompass.eku.edu/jote/vol7/iss1/10/>
- KILIC, M.; CAKMAK, M. Concept maps as a tool for meaningful learning and teaching in chemistry education. **International Journal on New Trends in Education and Their Implications**, Aydin, v. 4, n. 4, pp. 152-164. 2013.
- KINCHIN, I. M. The active use of concept mapping to promote meaningful learning in biological science. 353 p. (School of Educational Studies). School of Educational Studies, University of Surrey, Guildford. 2000.
- KINCHIN, I. M. The qualitative analysis of concept maps: Some unforeseen consequences and emerging opportunities. In: CAÑAS, A. J.; REISKA, P.; ÅHLBERG, M.; NOVAK J. D. (Eds.) **Concept Mapping: Connecting Educators Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping**. Tallinn, Estonia. Tallinn University and University of Helsinki. pp. 1-7. 2008.
- KINCHIN, I. M.; MÖLLITS, A.; REISKA, P. Uncovering types of knowledge in concept maps. **Education Sciences**, Basel, v. 9, n. 2, p. 131. 2019. <https://doi.org/10.3390/educsci9020131>
- KRIEGLSTEIN, F.; SCHNEIDER, S.; BEEGE, M.; REY, G. D. How the design and complexity of concept maps influence cognitive learning processes. **Educational Technology Research and Development**, Wien, v. 70, n. 1, pp. 99-118. 2022. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10083-2>
- MARTINS, R. L. C.; LINHARES, M. P.; REIS, E. M. Mapas conceituais como instrumento de avaliação e aprendizagem de conceitos físicos sobre mecânica do vôo. **Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1. 2009.
- MAZZUCO, A. E. R. MMAR: sistema web para modelagem molecular tridimensional utilizando realidade aumentada. 183 p. Dissertação de Mestrado profissional em Tecnologias Educacionais em Rede. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Brasil. 2017,
- MAZZUCO, A. E. R.; KRASSMANN, A. L.; GARCIA, D. S.; BERNARDI, G. Molecular modeling with augmented

- reality (MMAR). **International Journal for Innovation Education and Research**, Dhaka, v. 6, n. 10, pp. 187-205. 2018. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol6.iss10.1178>
- NOVAK, J. D. **Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations**. (2nd ed.). Routledge. Londres: UK. 2010a.
- NOVAK, J. D. Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. **Journal of e-Learning and Knowledge Society**. Italian e-Learning Association, Módena, v. 6, n. 3, pp. 21-30. 2010b. <https://doi.org/10.20368/1971-8829/441>
- PAREEK, R. B. Concept maps in Organic Chemistry practicals. **World**, Ajmer, v. 3, n. 1, pp. 22-26. 2015. <https://doi.org/10.12691/wjce-3-1-3>
- PESTANA, S. C. C.; PEIXOTO, F.; ROSADO PINTO, P. Academic achievement and intrinsic motivation in higher education students: An analysis of the impact of using concept maps. **Journal of Applied Research in Higher Education**, London, v. 15, n. 3, pp. 663-680. 2023. <https://doi.org/10.1108/JARHE-09-2021-0352>
- REISKA, P.; SOIKA, K.; CAÑAS, A. J. Using concept mapping to measure changes in interdisciplinary learning during high school. **Knowledge Management & E-Learning: An International Journal**, Hong Kong, v. 10, n. 1, pp. 1-24. 2018. <https://doi.org/10.34105/j.kmel.2018.10.001>
- ROBERTS, L. Using concept maps to measure statistical understanding. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, London, v. 30, n. 5, pp. 707-717. 1999. <https://doi.org/10.1080/002073999287707>
- ROCHA, C. E. S.; SPOHR, C. B. O uso de mapas conceituais como instrumento didático para identificar indícios de aprendizagem significativa em diferentes níveis de ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 21, n. 3, pp. 23-52. 2016.
- RUIZ-PRIMO, M. A.; SHAVELSON, R. J. Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. **Journal of Research in Science Teaching**, London, v. 33, n. 6, pp. 569-600. 1996. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199608\)33:6%3C569::AID-TEA1%3E3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199608)33:6%3C569::AID-TEA1%3E3.0.CO;2-M)
- YILDIRIR, H. E. Secondary school students' initial and changes in cognitive structures of argument and related concepts. **International Journal of Research in Education and Science**, Konya, v. 6, n. 2, pp. 231-249. 2020.

