



MAPAS CONCEITUAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ESTAGNAÇÃO OU CRESCIMENTO?

Concept maps in Science Teaching: stagnant or growth?

Paulo Rogério Miranda Correia [prmc@usp.br]
*Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Universidade de São Paulo
Rua Arlindo Béttio, 1000, São Paulo, SP, Brasil*

Joana Guilaes de Aguiar [joana_aguiar@id.uff.br]
*Instituto de Química e Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza
Universidade Federal Fluminense
Outeiro de São João Batista, sn, Centro, Niterói, RJ, Brasil*

Resumo

As origens históricas dos mapas conceituais se localizam na área de Ensino de Ciências. Em 1972, Joseph Novak criou esta técnica de representação do conhecimento para identificar mudanças conceituais sobre temas da Biologia. Passados 50 anos, os mapas conceituais se aproximam da maturidade num momento de enormes transformações sociais provocadas pela pandemia de Covid-19 que impactam a Educação. Os autores aproveitam a celebração dos 50 anos de criação dos mapas conceituais para refletir sobre a estagnação ou crescimento das pesquisas sobre os mapas conceituais, considerando a produção específica da área de Ensino de Ciências. O objetivo do artigo é refletir sobre o atual momento das pesquisas sobre mapas conceituais a partir da análise da literatura acadêmica e de uma perspectiva histórica do desenvolvimento e da aplicação dos mapas conceituais. As perspectivas que se encontram no horizonte sugerem que o crescimento é mais provável do que a estagnação, desde que duas condições sejam observadas por pesquisadores e professores: (1) a ampliação das perspectivas teóricas que informam o uso dos mapas conceituais e (2) a adoção de um novo conjunto de valores que enfatizem a práxis educativa como um processo, evitando o foco no produto que caracteriza um ponto de chegada no processo de aprendizagem.

Palavras-Chave: Mapas conceituais; Aprendizagem significativa; Ensino; Construtivismo; Avaliação.

Abstract

The historical origins of concept maps are in Science Education. In 1972, Joseph Novak created this knowledge representation technique to identify conceptual changes in topics in Biology. After 50 years, concept maps are approaching maturity at a time of enormous social transformations caused by the Covid-19 pandemic that impact Education. The authors take advantage of the celebration of the 50th anniversary of concept maps to reflect on the stagnation or growth of research on concept maps, considering the specific production in Science Education. This paper aims to reflect on the current moment of research on concept maps from the analysis of academic literature and a historical perspective of the development and application of concept maps. The perspectives on the horizon suggest that growth is more likely than stagnation if two conditions are fulfilled by researchers and professors: (1) the expansion of theoretical perspectives that inform the use of concept maps and (2) the adoption of a new set of values that emphasize educational praxis as a process, avoiding the focus on the product that characterizes a final point in the learning process.

Keywords: Concept maps; meaningful learning; teaching; constructivism; evaluation.

INTRODUÇÃO

Os mapas conceituais estão presentes no Ensino de Ciências há 50 anos, desde quando eles foram criados por Joseph Novak. As formas de utilização do mapeamento conceitual são diversificadas e contemplam desde a avaliação da aprendizagem, passando pelo desenvolvimento de materiais de estudo e pela caracterização do conteúdo conceitual de sequências de aulas. Ainda que exista várias possibilidades de uso dos mapas conceituais, eles ainda não aparecem incorporados no repertório didático-metodológico dos professores. Será esse um sinal de desinteresse pelos mapas conceituais?

As pesquisas acadêmicas envolvendo essa técnica de representação do conhecimento continuam acontecendo e, em vários casos, o Ensino de Ciência está presente. Uma apreciação superficial da literatura pode apontar para a estagnação das pesquisas, gerando um sentimento de que os artigos atuais apresentam mais do mesmo. Essa situação se torna ainda mais explícita diante de um contexto marcado por rápidas e profundas transformações sociais, causadas pela pandemia de Covid-19. Como, por exemplo, pensar em práticas educacionais usando os mapas conceituais em ambientes virtuais, sem contato presencial com os alunos? Como, treinar os alunos na elaboração de mapas conceituais se o tempo das aulas é insuficiente para dar conta da aprendizagem de uma quantidade crescente de conteúdos escolares?

Os autores aproveitam a celebração dos 50 anos de criação dos mapas conceituais para refletir sobre as pesquisas que envolvem essa técnica de representação de conhecimento, considerando a produção específica da área de Ensino de Ciências. Sendo assim, o objetivo do artigo é refletir sobre o atual momento das pesquisas sobre mapas conceituais a partir da análise da literatura acadêmica (trabalhos de revisão e meta-análise) e de uma perspectiva histórica do desenvolvimento e da aplicação dos mapas conceituais.

A próxima seção do texto apresenta acontecimentos relevantes que marcam a trajetória dos mapas conceituais, destacando a existência dos períodos de consolidação, disseminação e transformação. A descrição das características de cada período é acompanhada de referências bibliográficas que sustentam e ilustram as diferenças entre eles. Em seguida, é apresentada uma análise da literatura acadêmica que destaca as abordagens teóricas associadas aos mapas conceituais e as principais aplicações práticas. Para isso, serão considerados os trabalhos de revisão e meta-análise sobre o tema para informar uma visão panorâmica da literatura acadêmica. A partir desses elementos, discutiremos algumas perspectivas que estão no horizonte. O impacto que essas perspectivas poderão produzir depende da:

- ampliação das abordagens teóricas que informam as práticas pedagógicas que utilizam os mapas conceituais, e
- adoção de um novo conjunto de valores que enfatizem a práxis educativa como um processo, evitando o foco no produto que caracteriza um ponto de chegada.

COMO CHEGAMOS ATÉ AQUI?

A Figura 1 apresenta uma visão panorâmica dos principais acontecimentos que marcaram a trajetória da técnica de mapeamento conceitual. Esta seleção complementa a sistematização feita por Kinchin (2015, 2016), a partir de um trabalho apresentado pelos autores na 5ª Conferência Internacional sobre Mapeamento Conceitual (Cordeiro, Aguiar, Cicuto, & Correia, 2012). O principal mérito do esforço atual foi detalhar como os acontecimentos do passado nos trouxeram até aqui. A distribuição dos acontecimentos selecionados foi organizada em quatro categorias:

- *Ausubel/Novak*, protagonistas da formulação teórica (David Ausubel) e da criação dos mapas conceituais (Joseph Novak).
- *Moreira* (Marco Antônio Moreira), responsável por disseminar e desenvolver as contribuições de Ausubel e Novak entre os brasileiros e a comunidade latino-americana.
- *Soluções tecnológicas*, resultantes do esforço de vários pesquisadores e professores na busca por ferramentas para a elaboração, utilização e compartilhamento de mapas conceituais e atividades didáticas que utilizam mapas.
- *Eventos científicos*, veículos importantes para disseminar a técnica de mapeamento conceitual entre pesquisadores e professores.

A análise dos acontecimentos permite identificar três períodos distintos que marcam os 50 anos da técnica de mapeamento conceitual: consolidação (1963-1997), disseminação (1997-2014) e transformação (2014-presente).

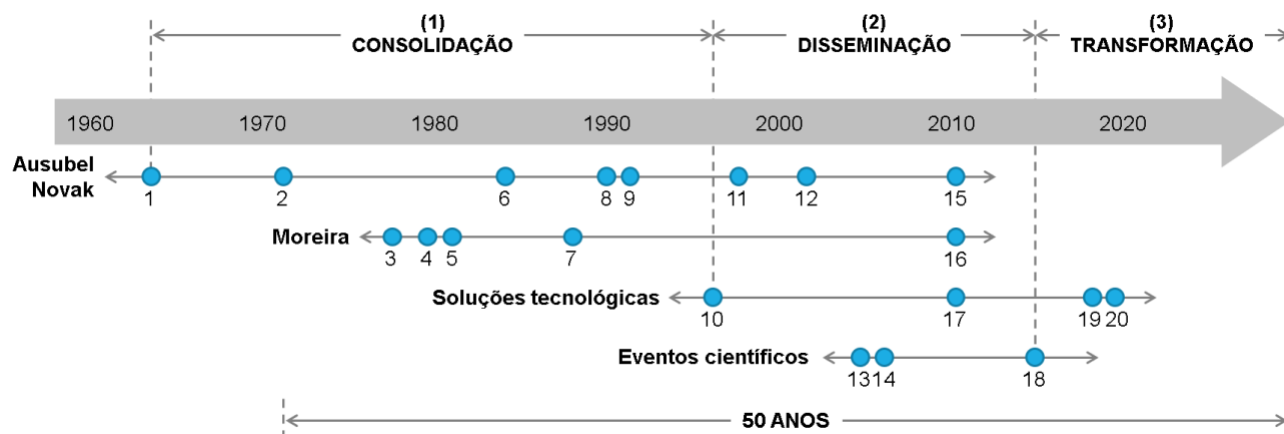


Figura 1 – Como chegamos até aqui? A organização temporal de acontecimentos relevantes oferece indícios para responder esta questão.

O período de consolidação

A criação dos mapas conceituais foi uma consequência da pesquisa desenvolvida por Joseph Novak e colaboradores no início da década de 1970 (ver nº 2 na Figura 1) na Cornell University (Novak & Cañas, 2006). Inicialmente, os mapas serviram para representar o entendimento conceitual das crianças que participavam de uma investigação envolvendo a instrução tutorial por áudio. Alunos do ensino fundamental desenvolviam atividades a partir da orientação recebida por meio de fitas de áudio, com o objetivo de compreender conceitos da Biologia relacionados com matéria e energia, crescimento vegetal e animal. Periodicamente, os alunos participantes eram entrevistados para verificar a ocorrência de alterações no entendimento conceitual. Ainda que o progresso das crianças fosse evidente, a gravação das entrevistas não permitia identificar com clareza as mudanças conceituais que haviam ocorrido. Diante deste problema, surgiu a ideia de representar os conceitos e suas relações de forma visual, para capturar somente o que era indispensável para avaliar o entendimento que os alunos tinham sobre os temas estudados. Os mapas conceituais foram criados para representar o conhecimento, facilitando a verificação (ou não) da aquisição de novos conceitos e proposições. Na sua biografia, Novak revela com clareza o contexto no qual os mapas conceituais foram criados:

“While it was evident to us that the children were gaining an understanding of basic science concepts, we needed a better form of assessment to convince our critics that substantive science learning was occurring. We found that the usual kinds of assessments of children’s learning were not effective for our needs, and this led our research team to develop in the early 1970’s a new knowledge representation tool we called concept maps. These maps could show precisely the new concepts and propositions the children had acquired, and [...] these are the indicators that meaningful learning had occurred” (Novak, 2018, p. 6).

É interessante notar que a criação dos mapas conceituais se dá a partir de uma fundamentação teórica que informa como ocorre a aprendizagem. A descrição do processo de aquisição e retenção de novos conhecimentos proposta por Ausubel (1963) é um acontecimento anterior que marca o início do período de consolidação (ver nº 1 na Figura 1). O elemento principal que vincula a teoria de Ausubel com os mapas conceituais é a perspectiva epistemológica que considera o conhecimento como algo formado por conceitos e proposições (Novak & Cañas, 2007, 2010a). Ainda sobre as pesquisas realizadas no início da década de 1970, Novak e Cañas lembram que:

“The research program was based on Ausubel’s [...] Assimilation Theory of cognitive learning, and an emerging constructivist epistemology that viewed knowledge as a human creation involving the construction on new concepts and propositions through

the process of high levels of meaningful learning, as described by Ausubel, and Novak's Human Constructivist epistemology" (Novak & Cañas, 2010b, p. 1).

A importância das proposições (*conceito inicial – termo de ligação → conceito final*) como estruturas semânticas que conferem sentido às relações entre conceitos merece ser destacada. Unidade fundamental dos mapas conceituais, cada proposição exige um termo de ligação para revelar com clareza a natureza da relação conceitual. Este requisito é útil para “descompactar o conhecimento” expresso de maneira condensada por meio de afirmações. Por exemplo, a afirmação “Minha filha se diverte fazendo mapas conceituais para estudar” contém implicitamente as seguintes proposições:

- Eu – tenho uma → filha.
- Filha – faz → mapas conceituais.
- Filha – se diverte fazendo → mapas conceituais.
- Filha – estuda fazendo → mapas conceituais.

Existem vários organizadores gráficos alternativos aos mapas conceituais para representar o conhecimento, tais como os mapas mentais e de argumentos (Davies, 2011). Entre as várias opções disponíveis, somente os mapas conceituais propostos por Novak valorizam as proposições como unidades semânticas do conhecimento. Esta exigência, vinculada ao pressuposto epistemológico considerado por Ausubel (as proposições são as menores unidades semânticas capazes de produzir significados), torna a elaboração dos mapas conceituais uma tarefa mais trabalhosa do que a criação de mapas mentais. Por outro lado, a representação do conhecimento é superior porque revela os conceitos e a natureza das relações estabelecidas entre eles. A importância do termo de ligação é destacada por Moon e colaboradores:

“Propositions are really the basic units of meanings people form and consist of two concepts joined by linking words to make a meaningful statement. Unfortunately, many knowledge representation tools have concepts or nodes linked with lines, but with no words to indicate the relationship between the concepts or nodes. [...] Most of these are not based on an explicit theory of human learning, lack clear epistemological foundations, and fail to make a clear explication of the basic building blocks of knowledge, namely concepts and propositions” (Moon, Hoffman, Novak, & Cañas, 2011, p. 6).

O grupo de pesquisa liderado por Joseph Novak trabalhou intensamente na utilização dos mapas conceituais como forma de representar o conhecimento de alunos que participaram da instrução tutorial por áudio. O Professor Marco Antônio Moreira foi um dos pós-graduandos orientados por Novak durante a segunda metade da década de 1970 (ver nº 3-5 na Figura 1). Ele teve a oportunidade de participar ativamente das discussões que envolviam a aprendizagem significativa no ensino de eletromagnetismo. Em 1977, ele defende sua tese de doutoramento intitulada *“An Ausubelian approach to physics instruction: an experiment in an introductory college course in electromagnetism”*, tornando-se o primeiro brasileiro a ter contato com a técnica de mapeamento conceitual (Moreira, 1977). Seus primeiros artigos sobre os mapas conceituais foram publicados logo em seguida em inglês (Moreira, 1979) e em português (Moreira, 1980). Seu pioneirismo produziu reflexos por toda a área de Ensino de Ciências, como lembra De Paulo:

“O Professor Moreira tem realizado contribuições relevantes para o Ensino de Ciências e a Pesquisa em Ensino de Ciências, particularmente em Física. Em Cornell foi aluno e orientando de Joseph Novak, discípulo de David Ausubel, criador da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Moreira difundiu a teoria como importante aporte teórico para o ensino de Física e Ciências; contudo ampliou seu escopo, desenvolvendo a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) em que apresenta os princípios facilitadores para potencializar a aprendizagem significativa em situações de ensino” (De Paulo, 2018, p. 77).

As valiosas experiências acadêmicas obtidas em Cornell também alcançaram os países latino-americanos, conforme destaca De Paulo:

“Desde 1989, [o Professor Marco Antônio Moreira] organizou uma série de encontros de investigadores latino-americanos em Ensino de Física com investigadores mundialmente destacados e participou da I Escola Latino-americana

de Investigação em Ensino de Física em Córdoba na Argentina, a partir da qual seguiram-se várias outras no Brasil. Essas escolas e encontros influenciaram a vida de muitos acadêmicos que desejavam investigar o Ensino de Física e não tinham meios para interagir e criar vínculos com investigadores relevantes da área” (De Paulo, 2018, p. 77).

Dois livros importantes foram publicados ao longo da década de 1980 e eles merecem destaque entre os acontecimentos selecionados (ver nº 6-7 na Figura 1). O livro *“Learning how to learn”* (Novak & Gowin, 1984) apresenta os mapas conceituais e o Vê heurístico como formas de estimular habilidades e competências associadas à meta-aprendizagem. Estas técnicas de representação e exploração do conhecimento são utilizadas para conferir autonomia aos estudantes, que são entendidos como perceptores e representantes da realidade. Este livro já foi traduzido em oito idiomas diferentes, incluindo o português (Novak & Gowin, 1996). Nove anos antes, Moreira e Buchweitz publicam o primeiro livro sobre mapas conceituais em nosso idioma: *“Mapas conceituais: instrumentos didáticos, de avaliação e de análise do currículo”* (Moreira & Buchweitz, 1987). Vale a pena destacar que, no Brasil e no exterior, estas obras abrem o diálogo com professores que atuam em contextos educacionais distantes dos centros que produziam os conhecimentos sobre a técnica de mapeamento conceitual.

Os anos 1990 começaram com a publicação de trabalhos acadêmicos relevantes, informando pesquisadores da área de Ensino de Ciências (ver nº 8-9 na Figura 1). Um volume especial do *Journal of Research in Science Teaching* foi dedicado aos mapas conceituais. O editorial destaca o interesse crescente pelos mapas conceituais e o papel central que Joseph Novak teve ao criar e divulgar esta técnica de representação do conhecimento (Good, 1990). A *National Association for Research in Science Teaching* (NARST) reconheceu e premiou Novak pelo seu trabalho de pesquisa:

“The overview of the development of concept mapping by Joe Novak provides a perspective that helps us better understand the unique role of concept mapping for science education research and practice. Largely due to Joe’s central role in the development of this important tool, he received NARST’s highest recognition for research achievement, the Distinguished Contributions award” (Good, 1990, p. 921).

Novak contribui com um artigo para este volume especial (Novak, 1990a) e publica outro sobre mapas conceituais e o Vê heurístico (Novak, 1990b). No ano seguinte, é publicado o estudo longitudinal de doze anos com alunos do ensino fundamental (Novak & Musonda, 1991). É importante destacar que não houve outras investigações de longa duração como esta, inserindo o mapeamento conceitual no processo de ensino-aprendizagem. Na maioria dos trabalhos acadêmicos, os mapas são obtidos após intervenções pontuais, com uma ou poucas aulas de duração.

Todos os avanços feitos até este momento estão baseados na elaboração de mapas conceituais manuscritos, feitos com papel e lápis. Geralmente, notas autoadesivas são utilizadas para representar as caixas contendo conceitos e uma folha sulfite A3 delimita a área total que pode ser ocupada pela rede proposicional. Ainda que seja a forma preferida de muitos mapeadores, os mapas manuscritos tornam exaustivo o processo de revisão contínua do conteúdo representado (muitas vezes é preciso “passar o mapa a limpo” para implementar as mudanças necessárias) e o compartilhamento do mapa é restrito aos presentes. Em 1997, Alberto Cañas e sua equipe lançaram o programa gratuito CmapTools (ver nº 10 na Figura 1), dedicado à elaboração de mapas conceituais no computador (Cañas *et al.*, 2004). Com a chegada da Internet, o impacto do CmapTools foi amplificado por conta da possibilidade de revisar e compartilhar os mapas conceituais de forma ágil. Adicionalmente, surge a possibilidade de criar os modelos de conhecimento, ou seja, um conjunto de mapas conceituais que se comunicam por meio de hiperlinks com arquivos digitais associados (fotos, textos, vídeos, áudios, gráficos, etc) para ampliar o conteúdo representado. Na sua biografia, Novak menciona a importância do CmapTools e do Institute for Human and Machine Cognition (IHMC):

“Under the leadership of Alberto Cañas the Institute developed, over a span of several decades, an outstanding package of concept mapping software tools called CmapTools. The software was designed to facilitate collaborating and sharing during the construction of concept maps and allowed the attachment of various digital resources to a concept map by simply dragging and dropping the resource on a concept or linking word, making it accessible via a link on the concept map. This allowed for the construction of linked collections of concept maps and related

resources on a particular domain of knowledge, stored on servers on the Internet, which we referred to as Knowledge Models. Concept maps and CmapTools became a principal tool for representing knowledge at IHMC. [...] There are now over 40,000 downloads of CmapTools from the IHMC server each month, and probably many times more from servers located elsewhere around the world, in addition to Web and iPad version of the tool. Software to set up servers for CmapTools is also provided at no cost” (Novak, 2018, p. 124).

O impacto do desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação foi capturado pelo CmapTools, conferindo uma aceleração no processo de utilização dos mapas conceituais ao redor do mundo. Por este motivo, o seu lançamento pode ser considerado como o ponto de transição entre os períodos de consolidação e disseminação (Figura 1).

O período de disseminação

Um ano após o lançamento do CmapTools, Joseph Novak lançou a primeira edição do livro *“Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps As Facilitative Tools in Schools and Corporations”* (Novak, 1998; ver nº 11 na Figura 1). Novak revisou e ampliou seu livro, produzindo uma segunda edição alguns anos mais tarde (Novak, 2010; ver nº 15 na Figura 1). A obra reflete os vários anos de experiências de utilização dos mapas conceituais para representar o conhecimento. A possibilidade de explorar o mapeamento conceitual em ambientes corporativos aparece pela primeira vez. Essa tendência foi confirmada com mais dois livros importantes: *“Applied concept mapping: capturing, analyzing, and organizing knowledge”* (Moon et al., 2011) e *“Design Thinking Business Analysis: Business Concept Mapping Applied”* (Frisendal, 2012). No Brasil, o livro *“Mapas conceituais e aprendizagem significativa”* é lançado em 2010 (Moreira, 2010; ver nº 16 na Figura 1).

O vínculo histórico entre os mapas conceituais e o Ensino de Ciências se ampliaram quando Novak propõe uma forma de entender o processo de mudança conceitual (Novak, 2002; ver nº 12 na Figura 1). Para ele, as estruturas proposicionais hierárquicas limitadas ou inapropriadas (do inglês, *Limited or Innapropriate Propositional Hierarchies*, LIPH) somente são reconstruídas quando se opta pela aprendizagem significativa:

“Conceptual change, or more accurately conceptual reconstruction, requires meaningful learning to modify LIPH’s. Collaborative group learning facilitates meaningful learning and new knowledge construction. [...] These changes require changes in school and university education that centers on the nature and power of meaningful learning. New computer tools are available to facilitate teaching activities targeted at modifying LIPH’s and aiding meaningful learning in general” (Novak, 2002, pp. 548-549).

A esperança depositada na tecnologia fica evidente no excerto, confirmando o desenvolvimento contínuo de melhorias no programa CmapTools para facilitar e ampliar as possibilidades de construção colaborativa de mapas conceituais. O CmapCloud pode ser considerado como o resultado deste esforço (ver nº 17 na Figura 1). Lançado em 2010, ele permite a elaboração de mapas conceituais usando navegadores de Internet, sem a necessidade de instalação do CmapTools no computador. Os mapas ficam salvos na “nuvem” (servidores públicos), facilitando a revisão e o compartilhamento do arquivo contendo o mapa.

Conferências internacionais especificamente dedicadas à técnica de mapeamento conceitual começaram a ser realizadas bienalmente, a partir de 2004 (ver nº 13 na Figura 1). O grupo de pesquisadores, professores e usuários dos mapas conceituais ganharam um ponto de encontro para intensificar a troca de informações e ideias sobre aspectos teóricos e práticos que ampliaram os horizontes originalmente vislumbrados por Novak. Em 2010, o período de disseminação foi tema da conferência de abertura da 4ª Conferência Internacional sobre Mapeamento Conceitual, ocorrida no Chile (Novak & Cañas, 2010b). Apesar do reconhecimento dos avanços já realizados, um alerta foi feito sobre o potencial que os mapas conceituais têm para auxiliar nas atividades humanas que envolvem o conhecimento:

“Regarding the lack of ubiquitousness of concept maps, one could see the current status as encouraging or discouraging. Considering the humble beginnings for the use of this tool to monitor changes in children’s understanding of basic science concepts to the many applications we report here, one could conclude that great progress has been made. However, when one looks at all the human activities that

deal with knowledge that could benefit from the use of this tool, the percentage of the world population employing the tools is small. There is much work to be done to “spread the word” and we invite all readers to join in this effort” (Novak & Cañas, 2010b, p. 9).

No Brasil, o Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa (ENAS) começou a ser organizado em 2005 (ver nº 14 na Figura 1). Ele se constituiu como uma forma de aproximar os pesquisadores e professores brasileiros que se interessam pelos mapas conceituais, ainda que eles não fizessem parte do foco temático do evento. A vinculação teórica entre a aprendizagem significativa e os mapas conceituais explicam essa proximidade, sobretudo com a atuação profissional dos pesquisadores formados pelo Professor Marco Antônio Moreira. O crescimento do ENAS e o interesse pelos mapas conceituais culminaram na realização da 6ª Conferência Internacional sobre Mapeamento Conceitual em Santos (ver nº 18 na Figura 1). Contando com a participação de mais de 240 pessoas, o evento foi a oportunidade de expor vários brasileiros às pesquisas internacionais mais recentes sobre os mapas conceituais. Kinchin (2015), durante uma das plenárias do evento, sinalizou que as pesquisas envolvendo o mapeamento conceitual precisam se integrar com teorias educacionais contemporâneas. Essa é uma transformação na perspectiva Ausubeliana que informa a maioria dos trabalhos acadêmicos, apontando para novos horizontes que buscam questionar as certezas do *status quo*:

“At the 6th international conference in Brazil in 2014, comment was made that it was now time for academics to challenge the dominant discourses in education through the application of concept mapping by integrating the tool with contemporary educational theories from both the psychology and the sociology of education. This third phase (transformation) is likely to see concept mapping studies that upset the status quo and ask awkward questions about issues that seem to be taken for granted within university curricula” (Kinchin, 2015, p. 3).

Esse chamado para atualizar e ampliar as bases teóricas das pesquisas marca o início do período de transformação, que coincide com a realização da conferência internacional sobre mapeamento conceitual no Brasil. A partir deste momento, a disseminação deve ser acompanhada de estudos e investigações que evitem a replicação daquilo que já é tradicionalmente feito. A transformação passa a ser uma qualidade da disseminação (Figura 1).

O período da transformação

Esta etapa foi recém iniciada e ainda se encontra em pleno desenvolvimento. Sua análise, portanto, é parcial com alguns elementos que mostram seus primeiros efeitos. Em 2017, a plataforma Sero! foi lançada (ver nº 19 na Figura 1) e se tornou a primeira que permite a criação de atividades usando mapas conceituais para avaliar a aprendizagem (Moon & Rizvi, 2018). O objetivo é ajudar os professores a utilizarem os mapas conceituais de forma mais rotineira, utilizando a tecnologia para personalizar a experiência de aprendizagem:

“For the assessment of informal learning or training, Concept Map-based assessments seem entirely appropriate, particularly where the content of such learning or training targets local/corporate/tacit knowledge. Personalized and adaptive learning experiences in which assessments are embedded in and associated with the designed content, are likely to be a major trend for the foreseeable future. Unfortunately, little guidance on formative assessment in relation to adults can be found” (Moon & Rizvi, 2018, p. 20).

O primeiro MOOC (do inglês, *Massive Open Online Course*) foi lançado em 2019 (ver nº 20 na Figura 1), a partir de uma parceria entre a USP e a plataforma Coursera. O curso *“Mapas conceituais para aprender e colaborar”* é uma alternativa para treinar usuários iniciantes na técnica de mapeamento conceitual, sem comprometer o tempo que o professor deveria destinar a essa finalidade em sala de aula (Santos Neto & Correia, 2019). O curso online tem como objetivo trabalhar os fundamentos do mapeamento conceitual, a partir de conteúdos teóricos (textos e vídeos) e atividades práticas (elaboração e avaliação de mapas conceituais). O MOOC e a plataforma Sero! apresentam uma característica comum: a preocupação em superar o desafio de viabilizar o uso dos mapas conceituais em larga escala, de forma a que eles passem a compor mais uma opção viável dentre os recursos metodológicos a serem considerados pelos professores.

Os acontecimentos apresentados até aqui mostram possibilidades de crescimento, sobretudo quando consideramos o uso da tecnologia para responder aos desafios apresentados pelo período de transformação que está em pleno desenvolvimento. A partir dessa percepção, vamos avaliar a literatura acadêmica que explora o uso dos mapas conceituais no âmbito do Ensino de Ciências.

O QUE NOS DIZ A LITERATURA ACADÊMICA?

Ao longo das últimas décadas, algumas revisões da literatura e meta-análises foram publicadas sobre o uso de mapas conceituais na educação. Estes trabalhos ajudam a sistematizar as pesquisas na área e explicar de que forma os interesses dos pesquisadores vêm se modificando ao longo dos anos (Quadro 1). Tais mudanças dialogam com alguns dos principais eventos que marcaram os períodos de consolidação, disseminação e transformação (Figura 1).

Quadro 1 – Trabalhos de revisão e meta-análise utilizados para informar uma visão panorâmica da literatura acadêmica sobre os mapas conceituais

Ano de publicação	Autores	Objeto da análise das revisões e meta-análises	Tempo considerado	Períodos ¹		
				C	D	T
1993	Horton <i>et al.</i>	18 artigos e dissertações de mestrado	1980-1993	X		
2006	Nesbit e Adesope	122 artigos, dissertações e trabalhos de eventos	1975-2005	X	X	
2012	Mendonça e Moreira	61 trabalhos nacionais e internacionais	2002-2012		X	
2018	Schroeder <i>et al.</i>	142 artigos científicos	2005-2014		X	
2019	Machado e Carvalho	68 artigos com foco no Ensino Superior	1992-2017	X	X	X
2020	Medeiros, Ribeiro e Sousa	10 artigos publicados online	2009-2019		X	X

¹Períodos mencionados na Figura 1: C = consolidação (1963-1997). D = disseminação (1997-2014). T = transformação (2014-presente).

A meta-análise internacional, publicada por Horton *et al.* (1993), reuniu 18 artigos e dissertações de mestrado, publicados entre 1980 e 1993, incluindo estudos experimentais ou quase-experimentais que apresentavam o efeito do uso dos mapas conceituais como material instrucional nos resultados de aprendizagem e atitude dos alunos. Já a meta-análise publicada por Nesbit e Adesope (2006), analisou 122 artigos, dissertações e trabalhos em eventos, publicados entre 1975 e 2005, de estudos experimentais que comparavam o uso de mapas de conhecimento, mapas conceituais e outras ferramentas de ensino nas mais diversas situações educacionais. Mais recentemente, Schroeder e colaboradores (2018), confirmaram, por meio de uma meta-análise com 142 artigos científicos publicados no período de 2005 a 2014, que a utilização dos mapas conceituais durante o estudo favorece a aprendizagem de conceitual, incluindo conteúdos STEM (do inglês, *Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

Na literatura nacional, revisões da última década chamam a atenção. Em Mendonça e Moreira (2012), por exemplo, os autores consideraram 61 trabalhos nacionais e internacionais, publicados entre 2002 e 2012 em revistas, livros e anais de congressos, em que há aplicação dos mapas conceituais na área de Ensino de Ciências na Educação Infantil e Fundamental I. Os autores analisaram os artigos estratificados pelo país de origem dos autores, nível de escolaridade dos alunos pesquisados, referencial teórico adotado, aplicação do mapeamento conceitual, recursos metodológicos, objetivo do estudo, entre outros parâmetros. Em contrapartida, Machado e Carvalho (2019), consideraram 68 artigos científicos publicados em português, inglês e espanhol, entre os anos de 1992 e 2017, que fazem uso dos mapas conceituais para promover a aprendizagem no Ensino Superior. É interessante notar o aumento no número de trabalhos ao longo dos anos, sendo apenas quatro na década de 90, 28 trabalhos entre 2000 e 2009 e 36 artigos de 2010 a 2017.

Esse resultado expressa a sucessão dos períodos de consolidação, disseminação e transformação apresentados na Figura 1. Por fim, Medeiros e colaboradores (2020) apresentam uma revisão integrativa da literatura, com 10 artigos publicados online em português e inglês entre 2009 e 2019. As autoras apontam cinco benefícios dos mapas conceituais para o processo de ensino e aprendizagem em diferentes áreas do conhecimento.

Considerações sobre as abordagens teóricas

Por questões históricas a abordagem teórica mais recorrente nos estudos sobre mapeamento conceitual é a Teoria da Aprendizagem Significativa, uma teoria cognitivista proposta por David Ausubel (1963, 2000). Ao contrário das teorias comportamentalistas, que não admitem a noção de mente, as teorias cognitivistas consideram a utilização de recursos internos (do sujeito) para a apropriação de elementos do mundo externo (dos objetos). Elas valorizam o entendimento sobre como as estruturas cognitivas atuam no processo de aquisição de informação, a partir das relações estabelecidas entre o sujeito e o meio externo. Nesse contexto, é possível compreender o papel do aprendiz como um participante ativo do processo de aprendizagem, o qual constrói o significado a partir da instrução, sendo, portanto, um pressuposto compatível com a epistemologia construtivista de aprendizagem (Becker, 1994).

A teoria de Ausubel explica o processo de aprendizagem como um *continuum* entre aquela denominada mecânica e a significativa. A aprendizagem significativa ocorre quando o aprendiz relaciona de modo não-literal e não-arbitrário as novas informações apresentadas no material de ensino com conhecimentos relevantes (isto é, subsunçores) já presentes em sua estrutura cognitiva prévia. A construção desta estrutura cognitiva se caracteriza pelos processos de diferenciação progressiva, em que os alunos atribuem significados cada vez mais discriminados e específicos a um conceito mais geral, e de reconciliação integrativa, em que conceitos inicialmente diferenciados, mas que apresentam atributos similares, são reunidos e integrados em um conceito mais geral. Ambos os processos descritos são dinâmicos e simultâneos, permitindo a construção de uma rede de conceitos e suas relações (isto é, proposições) hierarquicamente organizados. Quando há retenção do conhecimento, os conceitos aprendidos ficam disponíveis para serem mobilizados em contextos diferentes daqueles em que ocorreu a instrução; caso contrário, se houver esquecimento, pode-se dizer que o aluno apenas memorizou as informações, evidenciando a aprendizagem mecânica. Conforme mencionado, uma estrutura cognitiva prévia relevante é essencial para ocorrência da aprendizagem significativa. Além disso, um material de ensino que ofereça novos conhecimentos possíveis de serem ancorados na estrutura prévia é também fundamental. Por fim, o aluno precisa escolher aprender de forma significativa, em um esforço para aproximar as novas informações daquilo que ele já sabe.

Novak, ao desenvolver e utilizar os mapas conceituais como uma ferramenta de visualização gráfica das representações conceituais dos alunos sobre Ciências/Biologia, confirmou a potencialidade dos mapas como forma de obter evidências empíricas ao longo do processo de construção do conhecimento (Novak & Musonda, 1991). Como esta proposta estava alinhada aos princípios ausubelianos de aprendizagem, o impacto deste estudo para a área de Ensino de Ciências amplificou a força da teoria de Ausubel e apresentou os mapas conceituais como uma forma de coletar dados em sala de aula. Essa tendência nas pesquisas da área fica evidente no levantamento detalhado em Mendonça e Moreira (2012): dos 61 documentos analisados, 46% mencionam explicitamente a teoria de Ausubel, 20% deixam implícita esta relação (mencionando autores como Novak, Gowin, Moreira), 24% mencionam outras teorias (Piaget, Vygostky, Sociolinguista) e 10% não apresentam qualquer referencial teórico associado aos mapas conceituais.

Moreira (2011) destaca as contribuições feitas por Novak e seus colaboradores no desenvolvimento teórico da aprendizagem significativa. Segundo ele:

“A colaboração entre Novak e Ausubel é muito antiga, porém, já faz vários anos, certamente mais do que dez, que Ausubel praticamente abandonou a psicologia educacional e todo o trabalho de refinamento e teste da teoria tem sido feito por Novak e seus colaboradores, entre os quais se inclui o autor deste trabalho. A rigor, portanto, a ‘teoria de Ausubel’ deveria ser, hoje, ‘teoria de Ausubel e Novak’ ou ‘teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e Novak’ [...]” (Moreira, 2011, p. 167).

A estreita relação entre a aprendizagem significativa e os mapas conceituais explicam as citações à Novak, Gowin e Moreira. Nesse sentido, cabe entender as contribuições destes autores nas perspectivas

teóricas adotadas nas pesquisas sobre mapas conceituais no âmbito escolar. Novak (1977, 1980) amplia a teoria de Ausubel ao apresentar a sua Teoria de Educação. Ela engloba, durante o processo de aprendizagem, não apenas o elemento “pensar” (cognitivo), mas também o “sentir” (afetivo) e “agir” (psicomotor). Para Novak, o evento educativo é uma ação de troca de significados e, quando positivo, contribui para a construção de conhecimentos – via aprendizagem significativa. O resultado desta integração entre pensamento, ação e sentimento conduz ao engrandecimento humano (do inglês, *empowerment*). Boa parte dos pressupostos ausubelianos continuam mantidos em sua teoria educacional, mas Novak inclui neste momento duas estratégias de ensino que facilitam a aprendizagem significativa e a avaliação do conhecimento dos alunos: o Vê Epistemológico e os mapas conceituais (Moreira & Buchweitz, 1993).

Com muitos pontos em comum aos autores mencionados, Gowin (1981) apresenta sua Teoria de Educação. Para ele, um evento de ensino e aprendizagem é caracterizado pelo compartilhamento de significados estabelecidos nas relações entre aluno, professor e o material didático. Apesar de professor e aluno assumirem responsabilidades distintas, o objetivo final é que o aluno seja capaz de captar o significado do material de ensino que o professor intencionalmente escolheu e apresentou ao aluno. Por sua vez, é imprescindível que o aluno manifeste a disposição por aprender de modo significativo, demonstrando intenção em captar os significados apresentados pelo professor, organizados no material de didático. Nesse contexto, Novak e Gowin (1984) apresentam o que ficou conhecido como Vê de Gowin, ou apenas Diagrama Vê: um instrumento heurístico capaz de revelar a estrutura de um processo de produção de conhecimento, ou seja, o viés epistemológico por trás de um determinado corpo de conhecimento. Para isso, o Vê elucidada, a partir de um evento e uma questão-foco, as relações entre os domínios conceitual (filosofias, teorias, princípios, conceitos) e metodológico (juízo de valor, dados, registros, fatos, interpretações, resultados, transformações) durante este processo. O corpo teórico formado pelas ideias compartilhadas de Ausubel, Novak e Gowin e os estudos feitos em colaboração entre os últimos dois explicam, em grande parte, as associações destes autores aos mapas conceituais.

No contexto brasileiro, Moreira conduz ao próximo passo no aperfeiçoamento e ampliação da teoria de Ausubel, apresentando um viés na interface cognitivista-humanista ao propor sua Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (Moreira, 2005). Moreira parte das discussões de Postman e Weingartner (1969) sobre o “ensino como atividade subversiva”, ou seja, um ensino que deveria preparar os alunos para viver em uma sociedade caracterizada por mudanças drásticas, nos âmbitos sociais, culturais, econômicos, tecnológicos a partir da formação de um espírito criativo, questionador, flexível, tolerante. Para isso, seria necessário romper com a ideia de certeza e verdade absolutas, imutáveis e inquestionáveis, promovendo o senso crítico. Moreira apresenta uma série de princípios e diretrizes instrucionais para guiar a aprendizagem significativa na perspectiva crítica, dentre eles, aprender: (i) a partir de perguntas ao invés de respostas, (ii) a partir de diferentes materiais educativos, (iii) que o erro é fundamental na construção do conhecimento, (iv) que o significado está nas pessoas e não nas palavras. A implementação prática destes princípios vem norteando a criação de sequências didáticas, conhecidas como Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Muitas destas tem como base o uso dos mapas conceituais como facilitadores da construção crítica do conhecimento científico (Moreira, 2011), justificando a importância que Moreira tem como referencial teórico em estudos teóricos e empíricos que exploram os mapas conceituais.

Considerações sobre as aplicações práticas

Se as abordagens teóricas têm certo padrão e prevalência na literatura sobre mapas conceituais, as abordagens práticas são plurais e multimetodológicas, ainda que o foco maior seja no processo de ensino e aprendizagem. Observando as revisões sistemáticas e meta-análises consideradas nesse artigo (Quadro 1), não é possível identificar uma tendência clara no que se refere às pesquisas de aplicação envolvendo mapas conceituais no âmbito educacional. É importante mencionar que na maioria dos estudos quase-experimentais conduzidos, há um efeito benéfico no uso do mapa conceitual quando comparado à outras estratégias de ensino. Quando o aluno constrói os mapas conceituais a aquisição de conhecimento, evidenciada por melhores desempenhos nas tarefas pós-intervenção, é ainda maior (veja Nesbit & Adesope, 2006; Schroeder, Nesbit, Anguiano, & Adesope, 2018).

Este fato alerta para a importância do treinamento na técnica de mapeamento conceitual como uma etapa prévia ao uso desta ferramenta em sala de aula (Aguilar & Correia, 2013). No caso dos alunos, o treinamento cumpre um papel fundamental de auxiliá-los a explicitar suas redes de conhecimento por meio de uma representação não-linear e usualmente desconhecida. Para que o mapa conceitual seja relacionável às representações conceituais dos alunos, eles precisam, em um primeiro momento, reconhecer os elementos fundamentais dos mapas conceituais, tais como as proposições semanticamente claras, a

hierarquia conceitual bem estruturada e a pergunta focal delimitada (Aguiar & Correia, 2013). Em seguida, eles passam a utilizar estes elementos para construir uma rede proposicional explicativa e com um *layout* que facilite a leitura e comunicação de suas ideias (Aguiar & Correia, 2017). Na literatura nacional há evidências que corroboram essa preocupação, uma vez que aproximadamente 75% dos artigos analisados explicam os elementos fundamentais dos mapas conceituais e explicitam a hierarquia por meio das diferenciações progressivas e reconciliações integrativas (veja Mendonça & Moreira, 2012).

Quando se trata dos assuntos mapeados pelos alunos e professores, reportados na literatura nacional e internacional, parece haver certa tendência quando a aplicação ocorre na educação básica. Os temas mais recorrentes são relacionados com as disciplinas científicas e matemática, tais como Ciências, Biologia, Estatística, Química, Física e Astronomia (veja Horton *et al.*, 1993; Schroeder *et al.*, 2018). Já os temas menos recorrentes incluem a área de Humanidades, Direito e Estudos Sociais. As tendências mencionadas anteriormente guardam estreita relação com questões históricas atreladas a evolução no uso dos mapas conceituais. As décadas percorridas nestas e outras revisões foram marcadas pelo período de consolidação e disseminação (Figura 1), em que os principais estudos buscavam compreender as vantagens a curto e médio prazo dos mapas para a Educação e, em específico, para o Ensino de Ciências em nível básico (veja Mendonça & Moreira, 2012; Stevenson, Hartmeyer, & Bentsen, 2017).

Quando se trata de aplicações no Ensino Superior brasileiro, as revisões apontam os mapas conceituais como um recurso capaz de: potencializar a aprendizagem significativa, especialmente em temas científicos. Nesse contexto, os mapas conceituais auxiliam:

- na organização do conhecimento por meio da hierarquização dos conceitos,
- no desenvolvimento da autonomia e do pensamento crítico,
- no processo de resolução de problemas, e
- no estabelecimento de relações entre a teoria e a prática.

As áreas de conhecimento variam enormemente, estando distribuídas nas áreas da Saúde (Fisioterapia, Medicina, Enfermagem, Fonoaudiologia, Nutrição), nas Ciências Sociais Aplicadas (Administração, Economia, Biblioteconomia) e nas Ciências Exatas e da Terra (Química, Física, Geologia). Alguns resultados de pesquisas no Ensino Superior são reportados por Medeiros, Ribeiro e Sousa (2020) e Machado e Carvalho (2019). Isso demonstra que os mapas conceituais não se limitam a uma forma de representação gráfica de conceitos, mas se constituem como uma importante estratégia de ensino que pode potencializar a aprendizagem significativa nas mais diferentes áreas de conhecimento e segmentos de ensino.

QUAIS SÃO AS PRINCIPAIS PERSPECTIVAS NO HORIZONTE?

Estudos que adotam estratégias e metodologias baseadas nos mapas conceituais para promover melhorias do processo de ensino e aprendizagem apresentam, de forma recorrente, um panorama teórico construído a partir das ideias de Ausubel, Novak e Moreira. Entretanto, quando a aplicação foge deste padrão, as teorias não acompanham as inovações propostas. Duas perspectivas importantes serão discutidas nesta seção, partindo de lacunas observadas entre teoria e prática e oferecendo um direcionamento para pesquisas futuras sobre mapeamento conceitual.

Hipermapas e o uso de outras teorias cognitivistas

Alguns estudos utilizam programas computacionais capazes de inserir mapas conceituais digitais na escola, sendo os mais prevalentes aqueles estáticos seguidos dos interativos e animados¹. Apesar do uso de mapas conceituais digitais e hipertextos organizados na forma de mapas (isto é, hipermapas) não ser tão recente (veja Reynolds & Dansereau, 1990), a utilização sistemática destes materiais só se torna possível com o avanço da tecnologia e da inserção das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) institucionalmente suportadas. No Brasil, a falta de investimentos em políticas de melhoria de infraestrutura

¹ Mapas digitais são elaborados através de programas computacionais e podem ser lidos e alterados na tela do computador. Os mapas virtuais são igualmente digitais, porém estão disponíveis para acesso pela internet (*online*) ou em uma nuvem de compartilhamento de dados. Os hipermapas são mapas conceituais que possuem em seus conceitos *hyperlinks* clicáveis que direcionam o leitor a recursos áudio-visuais, tais como vídeos, simulações, explicações escritas, tabelas, gráficos, áudios, fotos etc. Os mapas estáticos permitem apenas a leitura do seu conteúdo, não havendo elementos de interação. Aqueles denominados dinâmicos são mapas que possuem algum tipo de recurso interativo, que podem permitir a sua navegação ditada pelo usuário (interativo) ou que apresentam junto ao conteúdo uma animação não controlada pelo usuário (animados). Por definição, hipermapas são sempre dinâmicos.

nas escolas públicas e de formação continuada para os professores que desejam essa implementação pode ser uma justificativa para o atraso da adoção de recursos didáticos mais alinhados com o atual cenário mundial.

Na literatura internacional, há algumas décadas os autores exploram referenciais teóricos cognitivistas que auxiliam na elaboração e aplicação de materiais digitais e virtuais. A Teoria da Carga Cognitiva (TCC) proposta por Sweller (Sweller, 1988; Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2011) e a Teoria da Aprendizagem Multimídia (TAM), proposta por Mayer (2009), merecem destaque pois fornecem princípios e diretrizes para elaboração e aplicação de materiais de ensino que potencializam a aprendizagem significativa, especialmente aqueles de caráter multimídia, ou seja, que agregam informações visuais e verbais. Em termos gerais, ambas as teorias consideram que a arquitetura cognitiva humana é formada por três sistemas de memórias que atuam em conjunto durante a aprendizagem. A memória sensorial processa, simultaneamente, os principais estímulos provenientes do ambiente, pelos órgãos do sentido, transferindo-os à memória de curto prazo. A memória de trabalho ou de curto prazo é o local onde ocorre o processo cognitivo consciente. Ela é limitada, pois sozinha permite apenas o processamento de informações triviais e mais importantes durante a aquisição de informação. Se os múltiplos elementos desta nova informação se combinarem formando um único elemento cognitivo (por meio da codificação), diz-se que houve a construção de um esquema, o qual é transferido à memória de longo prazo (Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2011). Por fim, esta última é definida como o local que armazena incontáveis esquemas, sendo ilimitada em tamanho, espaço e tempo (Paas, Renkl, & Sweller, 2004). Essa rede de conceitos, que é altamente organizada e hierárquica, é conhecida como estrutura cognitiva ou conhecimento prévio que um sujeito possui sobre determinado assunto. Na impossibilidade de codificação dos elementos da memória de trabalho, seja pela falta de conhecimento prévio relevante ou por excesso de carga cognitiva durante a tarefa, os elementos ficam “soltos” na memória de longo prazo. Nessa situação, eles tendem a ser esquecidos com o passar do tempo, se tornando indisponíveis para serem recuperados durante uma nova tarefa.

O processamento de informações que leva à construção e manipulação de esquemas na memória de trabalho pode ser entendido como o próprio processo de aprendizagem, o qual leva à retenção e/ou à transferência (Paas, 1992). A retenção da informação ocorre quando o sujeito é capaz de manipular os esquemas recuperados da memória de longo prazo para memória de trabalho de modo a lidar com uma tarefa semelhante àquela em que ocorreu a aprendizagem, indicando que houve uma efetiva integração dos novos esquemas sobre o assunto em questão à rede de conhecimento prévio. Já a transferência ocorre quando o sujeito é capaz de recuperar e manipular um esquema específico para lidar com uma tarefa diferente daquela em que ocorreu a aprendizagem, indicado por maior habilidade e desempenho na tarefa, mesmo que após longos períodos de tempo.

Apesar dos processos de assimilação e retenção serem explicados de modo similar aos princípios Ausbelianos de aprendizagem, ambas as teorias adicionam uma preocupação com as cargas cognitivas associadas ao material de ensino bem como as demandas cognitivas impostas à memória de trabalho dos alunos quando estes interagem com o material durante a aprendizagem (veja Aguiar & Correia, 2016). A TCC menciona duas cargas cognitivas associadas ao material:

- a carga intrínseca (CI), relativa à complexidade do conteúdo a ser ensinado, e
- a carga extrínseca (CE), relativa ao formato da tarefa de ensino, a qual deve ser mantida a menor possível, uma vez que prejudica a aprendizagem quando inadequada.

A soma dessas cargas (CI + CE), não pode ultrapassar a capacidade da memória de trabalho. Caso contrário, não haverá recursos cognitivos disponíveis para a manipulação e construção de esquemas, atividades essenciais que ocorrem durante a aprendizagem.

A TAM menciona que o aprendiz está sujeito a três tipos de demandas cognitivas durante a tarefa:

- o processamento essencial, destinado à atribuição de significado ao material apresentado, incluindo seleção, organização e integração de palavras e imagens,
- o processamento incidental, destinado aos aspectos que não são essenciais para a condução da tarefa, e
- a manutenção representacional, destinada a conectar e sustentar as representações verbais e visuais em um todo coerente.

A principal diferença entre essas teorias é que a TAM tem seu foco, especificamente, na aquisição de conhecimento por meio de materiais multimodais, ou seja, que agregam informações verbais (palavras escritas ou narradas) e visuais (imagens, cores, símbolos).

Em estudos cujo objetivo é compreender o potencial dos mapas conceituais como um material didático, elaborado pelo professor ou outrem, é importante considerar os aspectos instrucionais que podem potencializar ou desfavorecer a ocorrência da aprendizagem significativa (Correia & Aguiar, 2014; Aguiar & Correia, 2016). Além disso, para aplicações em ambientes virtuais, com materiais didáticos digitais e online, é imprescindível adotar outras teorias como a TCC e a TAM para informar a elaboração e aplicação dos mapas conceituais no processo de ensino-aprendizagem. O uso de mapas conceituais na organização de conteúdos disciplinares no formato hipertextual ou de materiais midiáticos é antiga na literatura internacional, mas ainda é raramente explorada nos artigos nacionais. Há, portanto, espaço na literatura para articulações entre diferentes teorias de aprendizagem, para ampliar e diversificar os referenciais teóricos que explicam o uso dos mapas conceituais para fins educacionais.

A Figura 2 apresenta a expansão teórica das ideias de Ausubel, a partir da utilização mais recente dos mapas conceituais. As teorias responsáveis por tal expansão trazem um viés humanista, adicionando a necessidade de incluir o engrandecimento humano (Novak) e uma perspectiva crítica (Moreira). Adicionalmente, outras teorias incluem um enfoque direcionado ao ensino (Sweller e Mayer), acrescentando diretrizes para o planejamento, elaboração e aplicação de materiais didáticos, principalmente quando consideramos ambientes virtuais e mapas hipertextuais. Ainda que sejam ortogonais, a combinação desses eixos expansionistas gera um novo plano de possibilidades teóricas para informar a utilização dos mapas conceituais. Entre as novas possibilidades, destacamos a importância:

- da superação das dicotomias teóricas, tais como as que envolvem a oposição entre Cognitivism vs. Humanismo e Construtivismo vs. Ciência Instrucional,
- da superação das dicotomias metodológicas, tais como as que envolvem a oposição entre pesquisas Qualitativas vs. Quantitativas,
- da identificação de possibilidades no plano teórico (Figura 2) que conciliem as dicotomias anteriores, sem prejuízo da consistência e da coerência,
- do intercâmbio entre as pesquisas internacionais e nacionais, considerando os aportes teóricos desenvolvidos no Brasil (Moreira) e no exterior (Novak, Sweller e Mayer).

A inovação não virá de um rompimento paradigmático e sim do uso sistemático de diferentes teorias e possíveis articulações, culminando em um novo nicho de pesquisa.

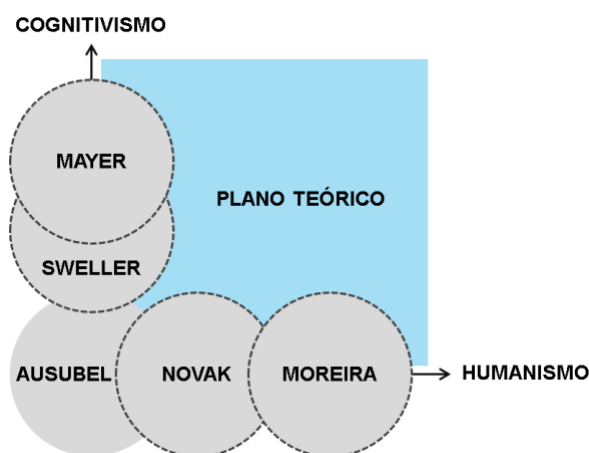


Figura 2 – Um novo plano teórico (azul) surge a partir das expansões teóricas da aprendizagem significativa Ausubeliana, historicamente vinculada aos mapas conceituais. Novak e Moreira incluíram elementos humanísticos, enquanto Sweller e Mayer aportam contribuições instrucionais.

Propósitos educacionais com negociação de significados

Há uma diversidade de pesquisas empíricas nacionais e internacionais que demonstram a potencialidade dos mapas conceituais para outros propósitos educacionais que não apenas o ensino e a

aprendizagem (Quadro 2). Apesar de todos estarem atrelados à Educação, isso significa que o foco não está nos alunos construindo mapas para aprender um determinado assunto ou ainda um professor buscando novas estratégias de ensino.

A fundamentação teórica de pesquisas que se propõem a trazer evidências sobre tais potencialidades deveria acompanhar as abordagens mencionadas e, não é raro encontrar trabalhos em que o mapa conceitual é reduzido a um recurso ou instrumento didático que as viabiliza na prática ou ainda como um simples método de coleta de dados. Por exemplo, existem diferentes teorias do currículo (Silva, 1999), mas quando se trata de artigos que fazem uso dos mapas para auxiliar na construção ou revisão curricular, estas não são articuladas com os elementos estruturantes e característicos dos mapas conceituais. Uma possível perspectiva de pesquisa seria investigar em que medida os mapas podem ou não ser úteis e eficientes para evidenciar os discursos dominantes de um determinado currículo, estabelecendo uma visão crítica do mesmo (Kinchin & Gravett, 2022). De modo similar ocorre com os elementos teóricos que envolvem a avaliação (por exemplo, Luckesi, 1995), pouco explorados quando recorremos aos mapas conceituais como instrumento avaliativo. Por certo, ainda existe uma lacuna de articulação teórica em situações que diferem de aplicações do mapa em sala de aula.

Observando o Quadro 2 é possível destacar a importância dos mapas conceituais para promover a negociação de significados e, conseqüentemente, garantir o propósito educacional almejado. Segundo Brown e colaboradores (1989), “o intercâmbio entre diferentes conceitos individuais é um bom ponto de partida para a negociação de um significado em comum no discurso” (tradução nossa, p. 33). Para que se atinja uma solução comum para uma determinada tarefa, o passo mais importante é a negociação de conceitos, uma vez que cada sujeito parte da sua própria subjetividade e conhecimentos prévios para construir uma rede interconectada de significados (Weinberger, Stegmann, & Fischer, 2007). Neste contexto sociointeracionista, os mapas são artefatos que medeiam a internalização da realidade subjetiva pelos indivíduos, oferecem um objeto concreto para evidenciar suas redes de conhecimento bem como potencializar a discussão e o estabelecimento do consenso. A negociação de significados se mostra fundamental durante a colaboração, seja ela estabelecida em sala de aula com a interação entre alunos, nas entrevistas semiestruturadas durante a formação continuada de professores, e ainda entre docentes durante uma reforma curricular ou em busca de conexões interdisciplinares. Independentemente da aplicação, ainda existe na literatura um espaço a ser explorado no que tange uma profunda análise crítica tanto teórica quanto empírica sobre a eficiência dos mapas conceituais para múltiplos propósitos, em diferentes segmentos de ensino e campos do saber.

Quadro 2 – Relação de trabalhos que exploram os mapas conceituais para propósitos educacionais diferente da utilização frequentemente feita em sala de aula.

Propósitos educacionais	Trabalhos da literatura	
	Mapas conceituais	Referência
Avaliação	Fornecem evidências sobre o conhecimento declarativo em um tema específico	Ruiz-Primo e Shavelson (1996)
	São incorporados a erros conceituais, os quais os alunos precisam apontá-los e corrigi-los durante a tarefa avaliativa	Correia, Nascimento, Ballego, Soares e Moon (2020)
Colaboração	Oferecem suporte no processo de construção colaborativa do conhecimento por meio da negociação de significados	Fischer, Bruhn, Gräsel e Mandl (2002)
	Oferecem suporte a um sistema com princípios da Aprendizagem Colaborativa Suportada por Computador (CSCL, do inglês, <i>Computer Supported Collaborative Learning</i>)	Lin, Wong e Shao (2012)
Planejamento Curricular	São ferramentas de representação do discurso dominante do currículo universitário	Kinchin e Gravett (2022)
	São aplicados no planejamento e criação de novos currículos para educação básica por meio da colaboração entre professores	Starr e Krajcik (1990)

Metacognição e Autorregulação	São ferramentas úteis para promoção da metacognição e manutenção do foco para atingir habilidades de alta ordem cognitiva	Chevron (2014)
	Contribuíram para construção de significados durante os momentos de autorregulação da aprendizagem, promovendo protagonismo e reflexão	Xavier, Silva e Sousa (2021)
Desenvolvimento Docente	São mediadores de entrevistas semiestruturadas durante momentos de reflexão sobre a prática docente	Aguiar e Correia (2019)
	Representam concepções individuais e potencializam a negociação de significados entre professores durante o desenvolvimento profissional docente	Aguiar <i>et al.</i> (2019)
Inclusão	Desenvolvem competências e habilidades durante a resolução de problemas com alunos cegos	Cardinali, Dickman e Ferreira (2019)
	Permitiu a melhoria do vocabulário de crianças com deficiências leves (comportamentais, emocionais e de saúde)	Palmer, Boon e Spencer (2014)
Interdisciplinaridade	Facilitam a visualização de possíveis conexões interdisciplinares entre diferentes campos de saberes	Correia, Cordeiro, Cicuto e Junqueira (2014)
	Permitem avaliar a capacidade de integração do conhecimento interdisciplinar em assuntos complexos	Pioker-Hara e Imbernon (2020)

ESTAGNAÇÃO OU CRESCIMENTO?

Estamos no período de transformação (Figura 1), celebrando a maturidade da técnica de mapeamento conceitual. A resposta sobre o que está por vir (estagnação ou crescimento) é um esforço dos autores que consideram os eventos mais relevantes da história dos mapas conceituais e a literatura acadêmica (Quadros 1 e 2) como elementos de análise. O primeiro aspecto a ser destacado é o fato de o Ensino de Ciências ser a área de conhecimento onde os mapas conceituais são utilizados com maior frequência. Os principais eventos destacados no início do artigo mostram a participação de pesquisadores e professores vinculados às Ciências da Natureza, tais como Joseph Novak (Biologia) e Marco Antônio Moreira (Física). Nesse cenário, as reflexões sobre a estagnação ou crescimento do mapeamento conceitual podem impactar a nossa área, sendo úteis para a revisão das práticas correntes, sejam em âmbito escolar ou na pesquisa científica (Correia, Silva, & Aguiar, 2019).

A consolidação de uma rede nacional de pesquisadores sobre mapas conceituais (Correia, Silva, & Aguiar, 2020) está em andamento durante o atual período de transformação (Figura 1). Ela é o resultado do pioneirismo de Moreira, que traz para o Brasil a aprendizagem significativa e os mapas conceituais. A lacuna existente entre a teoria e a prática é um desafio que precisa ser superado no contexto educacional. Cabe destacar que tal lacuna foi ampliada pelas profundas alterações sociais que a pandemia de Covid-19 produziu, afetando as práticas escolares convencionais (Correia & Aguiar, 2021). A necessidade de transformação se converteu num imperativo por conta das circunstâncias. Nóvoa e Alvim (2020) discutem os desdobramentos gerados pela pandemia, confirmando que a necessidade prevaleceu sobre a inércia, ainda que com soluções pedagógicas frágeis e precárias. As discussões desse artigo se inserem nesse contexto, na expectativa de apontar perspectivas que levem a soluções pedagógicas consistentes e robustas quando usamos os mapas conceituais. O rompimento da inércia, que marca o sistema educacional, não é condição suficiente para a superação da lacuna entre teoria e prática.

A estagnação é pouco provável diante de um momento de tantas transformações. Por outro lado, o crescimento que vislumbramos como desejável, tem a expansão do plano teórico (Figura 2) como condição para que pesquisadores e professores ampliem seus horizontes. Ir além das fronteiras Ausubelianas nos parece uma forma promissora de identificar novos caminhos para explorar os mapas conceituais. Essa transformação requer uma mudança de valores que norteiam as práticas de ensino. A Figura 3 representa de forma esquemática aonde estamos (círculo cinza) e para onde aponta o crescimento (oval branco). O

movimento na direção do crescimento é mais provável quando o entendimento sobre a aprendizagem, a interação entre professor-aluno e a finalidade do mapeamento conceitual se mostram alinhados de forma coerente.

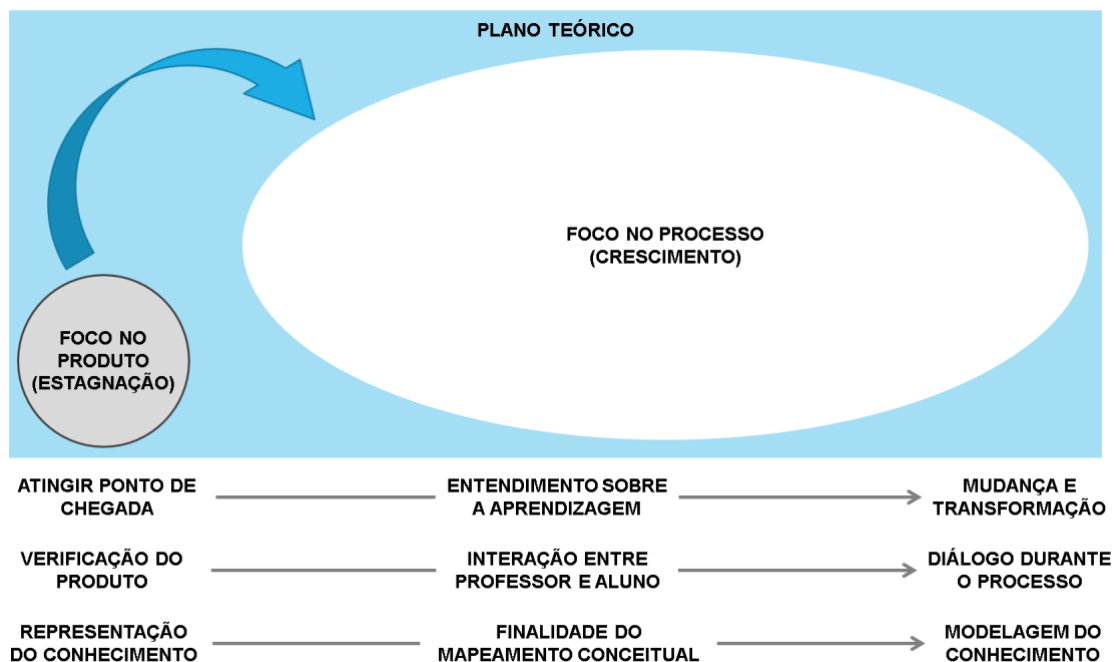


Figura 3 – Condições para o crescimento. As práticas atuais têm valores coerentes, mas colocam foco no produto (pequeno círculo cinza). O caminho para o crescimento requer a expansão do plano teórico (azul) e um novo conjunto de valores que enfatize o processo (grande oval branco).

O plano teórico expandido é o espaço onde modelos e perspectivas de diferentes correntes podem ser combinados para que os mapas conceituais sejam utilizados para facilitar as interações dialógicas (professor-aluno e entre alunos), na expectativa de estimular a construção de conhecimento. Nesse contexto, os mapas conceituais deixam de ser uma mera representação final (ponto de chegada) para ser o elemento mediador dos diálogos nos ambientes de aprendizagem. Os mapas são modificados constantemente para refletir as mudanças que ocorrem ao longo do processo de aprendizagem, funcionando como uma instância de modelagem do conhecimento. A versão definitiva do mapa conceitual perde importância, pois o foco é colocado no processo.

O crescimento é mais provável do que a estagnação uma vez que a representação do conhecimento com mapas conceituais ainda tem muito a nos oferecer. A expansão teórica e o foco no processo orientarão o crescimento para a superação da lacuna entre a teoria e a prática. As interações dialógicas podem se estabelecer para que a modelagem do conhecimento seja privilegiada, aumentando o foco sobre o caráter processual da aprendizagem. Há muitas possibilidades a serem exploradas pelos pesquisadores e professores que se interessam pelo mapeamento conceitual. Os autores convidam a todos para participar desse período de transformação, que deve se estender pelos próximos anos.

Agradecimentos

P.R.M.C. agradece às agências de fomento à pesquisa que financiam os trabalhos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa: ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq Processo 486194/2011-6) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP Processos 2012/22693-5, 2016/24553-7 e 2022/05340-3). J.G.A. agradece às agências de fomento das pesquisas durante o doutorado, o doutorado sanduíche e o pós doutorado: à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES Processo 88881.135605/2016-01) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo 2018/21857-0).

REFERÊNCIAS

- Aguiar, J. G., & Correia, P. R. M. (2013). Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13(2), 41-58. Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4265>
- Aguiar, J. G., & Correia, P. R. M. (2016). Using concept maps as instructional material to foster understanding of atomic model and matter-energy interaction. *Chemistry Education, Research and Practice*, 17(4), 756-765. Recuperado de <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/rp/c6rp00069j>
- Aguiar, J. G., & Correia, P. R. M. (2017). From representing to modelling knowledge: Proposing a two-step training for excellence in concept mapping. *Knowledge Management & E-Learning*, 9(3), 366-379. <https://doi.org/10.34105/j.kmel.2017.09.022>
- Aguiar, J. G., & Correia, P. R. M. (2019). Um novo olhar sobre a vida acadêmica: estudo de caso sobre as concepções de docentes. *Educação e Pesquisa*, 45, e193301, 1-30. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634201945193301>
- Aguiar, J. G., Thumser, A. E., Bailey, S. G., Trinder, S. L., Bailey, I., Evans, D. L... Kinchin, I. M. (2019). Scaffolding a collaborative process through concept mapping: a case study on faculty development. *PSU Research Review*, 3(2), 85-100. <http://dx.doi.org/10.1108/PRR-10-2018-0030>
- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York, United States of America: Grune & Stratton.
- Ausubel, D. P. (2000). *The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Becker, F. (1994). Modelos pedagógicos e modelos epistemológicos. *Educação e Realidade*, 19(1), 89-96. Recuperado de <https://seer.ufrgs.br/index.php/educacaoerealidade/issue/view/3052/318>
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42. <https://doi.org/10.3102/0013189X018001032>
- Cañas, A. J., Hill, G., Carff, R., Suri, N., Lott, J., Gómez, G... Carvajal, R. (2004). CmapTools: A knowledge modeling and sharing environment. In *Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Espanha. Recuperado de <http://cmc.ihmc.us/Papers/cmc2004-283.pdf>
- Cardinali, S. M. M., Dickman, A. G., & Ferreira, A. C. (2019). Mapa conceitual em relevo: recurso didático para deficientes visuais no estudo da célula. *Caminhos da Educação Matemática em Revista*, 9(4), 165-183. Recuperado de https://aplicacoes.ifs.edu.br/periodicos/caminhos_da_educacao_matematica/article/view/521
- Chevron, M.-P. (2014). A metacognitive tool: Theoretical and operational analysis of skills exercised in structured concept maps. *Perspectives in Science*, 2(1-4), 46-54. <https://doi.org/10.1016/j.pisc.2014.07.001>
- Cordeiro, G. B., Aguiar, P. L.; Cicuto, C. A. T., & Correia, P. R. M. (2012). Making interdisciplinarity visible using concept mapping. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Concept mapping*. Valletta, Malta. Recuperado de <http://cmc.ihmc.us/cmc2012papers/cmc2012-p108.pdf>
- Correia, P. R. M., & Aguiar, J. G. (2014). Concept mapping informed by Cognitive Load Theory: implications for tasks involving learner-generated Cmaps. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Concept Mapping*. Santos, SP. Recuperado de <http://cmc.ihmc.us/cmc2014Papers/cmc2014-p150.pdf>
- Correia, P. R. M., & Aguiar, J. G. (2021). Editorial: teoria, prática e uma lacuna que nos desafia. *Currículo e Docência*, 9(4), 1-4. Recuperado de <https://periodicos.ufpe.br/revistas/CD/article/view/252911>

- Correia, P. R. M., Cordeiro, G. B., Cicuto, C. A. T., & Junqueira, P. G. (2014). Nova abordagem para identificar conexões disciplinares usando mapas conceituais: em busca da interdisciplinaridade no Ensino Superior. *Ciência e Educação*, 20(2), 467-479. <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000200013>
- Correia, P. R. M., Nascimento, T. S., Ballego, R. S., Soares, M., & Moon, B. (2020). Como fazer avaliação diagnóstica dos alunos usando mapas conceituais com erros. *Organicom*, 17(32), 118-130. <https://doi.org/10.11606/issn.2238-2593.organicom.17.170935>
- Correia, P. R. M., Silva, K. S., & Aguiar J. G. (2019). Editorial: Mapas conceituais no Ensino de Ciências e Matemática: onde estamos e para onde vamos. *Caminhos da Educação Matemática em Revista*, 9(4), i-iv. Recuperado de https://aplicacoes.ifs.edu.br/periodicos/caminhos_da_educacao_matematica/article/view/512
- Correia, P. R. M., Silva, K. S., & Aguiar J. G. (2020). Editorial: Uma rede nacional de pesquisadores sobre mapas conceituais em franca consolidação. *Caminhos da Educação Matemática em Revista*, 10(1), i-iv. Recuperado de https://aplicacoes.ifs.edu.br/periodicos/caminhos_da_educacao_matematica/article/view/559
- Davies, M. (2011). Concept mapping, mind mapping and argument mapping: what are the differences and do they matter? *Higher Education*, 62(3), 279-301. <https://doi.org/10.1007/s10734-010-9387-6>
- De Paulo, I. J. C. (2018). Marco Antônio Moreira: o professor, o investigador, o ser humano. *Revista do Professor de Física*, 2(3), 76-79. <https://doi.org/10.26512/rpf.v2i3.19958>
- Fischer, F., Bruhn, J., Gräsel, C., & Mandl, H. (2002). Fostering collaborative knowledge construction with visualization tools. *Learning and Instruction*, 12(2), 213-232. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00005-6](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00005-6)
- Frisendal, T. (2012). *Design Thinking Business Analysis: Business Concept Mapping Applied*. Berlim: Springer-Verlag.
- Good, R. G. (1990). Editor's note. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 921-921. <https://doi.org/10.1002/tea.3660271001>
- Gowin, D. B. (1981). *Educating*. New York: Cornell University Press.
- Horton, P. B., McConney, A. A., Gallo, M., Woods, A. L., Senn, G. J., & Hamelin, D. (1993). An investigation of the effectiveness of concept mapping as an instructional tool. *Science Education*, 77(1), 95-111. <https://doi.org/10.1002/sce.3730770107>
- Kinchin, I. M. (2015). Editorial: Novakian concept mapping in university and professional education. *Knowledge Management & E-Learning*, 7(1), 1-5. <https://doi.org/10.34105/j.kmel.2015.07.001>
- Kinchin, I. M. (2016). *Visualizing powerful knowledge to develop the expert student*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Kinchin, I. M., & Gravett, K. (2022) *Dominant discourses in higher education: Critical perspectives, cartographies and practice*. London: Bloomsbury.
- Lin, C.-P., Wong, L.-H., & Shao, Y.-J. (2012). Comparison of 1:1 and 1:m CSCL environment for collaborative concept mapping. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(2), 99-113. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00421.x>
- Luckesi, C. C. (1995). *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. São Paulo: Cortez.
- Machado, C. T., & Carvalho, A. A. (2019). Os efeitos dos mapas conceituais na aprendizagem dos estudantes universitários. *ETD - Educação Temática Digital*, 21(1), 259-277. <https://doi.org/10.20396/etd.v21i1.8652010>

- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2a ed.). New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Medeiros, J. O., Ribeiro, R. C., & Sousa, M. N. A. (2020). Mapa conceitual como ferramenta de aprendizagem: revisão integrativa da literatura. *SANARE - Revista de Políticas Públicas*, 19(2), 69-76. <https://doi.org/10.36925/sanare.v19i2.1477>
- Mendonça, C. A. S., & Moreira, M. A. (2012). Uma revisão da literatura sobre trabalhos com mapas conceituais no ensino de ciência do pré-escolar às séries iniciais do ensino fundamental. *Revista Práxis*, 4(7), 11-35. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10183/141154>
- Moon, B., Hoffman, R., Novak, J., & Cañas, A. (2011). *Applied concept mapping: capturing, analyzing, and organizing knowledge*. New York: CRC Press.
- Moon, B., & Rizvi, S. (2018). Sero!: a learning assessment platform for adult learning environments. In *Proceedings of the AHFE 2017*. Berlim. Recuperado de <https://adlnet.gov/publications/2018/01/sero-a-learning-assessment-platform-for-adult-learning-environments/>
- Moreira, M. A. (1977). An ausubelian approach to physics instruction: an experiment in an introductory college course in electromagnetism. (Doctoral dissertation). Cornell University. Cornell, United States of America. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10183/149955>
- Moreira, M. A. (1979). Concept maps as tools for teaching. *Journal of College Science Teaching*, 8(5), 283-286.
- Moreira, M. A. (1980). Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. *Ciência e Cultura*, 32(4), 474-479.
- Moreira, M. A. (2005). *Aprendizagem significativa crítica*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.
- Moreira, M. A. (2010). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro.
- Moreira, M. A. (2011). Teoria da educação de Novak e o modelo de ensino aprendizagem de Gowin. In M. A. Moreira. *Teorias de Aprendizagem* (pp. 167-179). Porto Alegre: EPU.
- Moreira, M. A., & Buchweitz, B. (1987). *Mapas conceituais: instrumentos didáticos, de avaliação e de análise do currículo*. São Paulo: Moraes.
- Moreira, M. A., & Buchweitz, B. (1993). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Nesbit, J. C., & Adesope, O. O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 76(3), 413-448. <https://doi.org/10.3102/00346543076003413>
- Novak, J. D. (1977). *A theory of education*. Ithaca: Cornell University Press.
- Novak, J.D. (1980). *Uma teoria de educação*. São Paulo: Pioneira.
- Novak, J. D. (1990a). Concept mapping: a useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 937-949. <https://doi.org/10.1002/tea.3660271003>
- Novak, J. D. (1990b). Concept maps and Vee diagrams: two metacognitive tools for science and mathematics education. *Instructional Science*, 19(1), 29-52. <https://doi.org/10.1007/BF00377984>
- Novak, J. D. (1998). *Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations* (1a ed.). Londres: Routledge.
- Novak, J. D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education*, 86(4), 548-571. <https://doi.org/10.1002/sce.10032>

- Novak, J. D. (2010). *Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations* (2a ed.). Londres: Routledge.
- Novak, J. D. (2018). A search to create a science of education: the life of an Ivy League professor, business consultant, and research scientist. Pensacola: IHMC. Recuperado de <https://www.ihmc.us/files/JNovak-ASearchToCreateAScienceOfEducation.pdf>
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2006). The origins of the concept mapping tool and the continuing evolution of the tool. *Information Visualization*, 5(3), 175-184. <https://doi.org/10.1057/palgrave.ivs.9500126>
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2007). Theoretical origins of concept maps, how to construct them and uses in education. *Reflecting Education*, 3(1), 29-42. Recuperado de https://www.informationtamers.com/PDF/Theoretical_origins_of_concept_maps,_how_to_construct_them_and_uses_in_education.pdf
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2010a). A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa*, 5(1), 9-29. <https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.5i1.009029>
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2010b). The universality and ubiquitousness of concept maps. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Concept Mapping*. Viña del Mar, Chile. Recuperado de <http://cmc.ihmc.us/cmc2010Papers/cmc2010-p1.pdf>
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1996). *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Novak, J. D., & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, 28(1), 117-153. <https://doi.org/10.3102/00028312028001117>
- Nóvoa, A., & Alvim, Y. (2020). Nothing is new, but everything has changed: a viewpoint. *Prospects*, 43(1-2), 35-41. <https://doi.org/10.1007/s11125-020-09487-w>
- Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429-434. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.4.429>
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2004). Cognitive load theory: instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. *Instructional Science*, 32(1-2), 1-8. <https://doi.org/10.1023/B:TRUC.0000021806.17516.d0>
- Palmer, J., Boon, R. T., & Spencer, V. G. (2014). Effects of concept mapping instruction on the vocabulary acquisition skills of seventh-graders with mild disabilities: a replication study. *Reading & Writing Quarterly*, 30(2), 165-182. <https://doi.org/10.1080/10573569.2013.818890>
- Pioker-Hara, F. C., & Imbernon, R. A. L. (2020). Mapas conceituais na pós-graduação: possibilidades para a integração de conceitos complexos em uma perspectiva interdisciplinar. *Caminhos da Educação Matemática em Revista*, 10(1), 160-174. Recuperado de https://aplicacoes.ifs.edu.br/periodicos/caminhos_da_educacao_matematica/article/view/568
- Postman, N., & Weingartner, C. (1969). *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co.
- Reynolds, S. B., & Dansereau, D. (1990). The knowledge hypermap: an alternative to hypertext. *Computers and Education*, 14(5), 409-416. [https://doi.org/10.1016/0360-1315\(90\)90034-5](https://doi.org/10.1016/0360-1315(90)90034-5)
- Ruiz-Primo, M. A., & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 569-600. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199608\)33:6<569::AID-TEA1>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199608)33:6<569::AID-TEA1>3.0.CO;2-M)

- Santos Neto, J. F., & Correia, P. R. M. (2019). Curso online para treinamento e certificação na técnica de mapeamento conceitual. *Caminhos da Educação Matemática em Revista*, 9(4), 127-142. Recuperado de https://aplicacoes.ifs.edu.br/periodicos/caminhos_da_educacao_matematica/issue/view/45
- Schroeder, N. L., Nesbit, J. C., Anguiano, C. J., & Adesope, O. O. (2018). Studying and constructing concept maps: a meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 30(2), 431-455. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9403-9>
- Silva, T. T. (1999). *Documentos de identidade: uma introdução às teorias do currículo*. Belo Horizonte: Autêntica.
- Starr, M. L., & Krajcik, J. S. (1990). Concept maps as a heuristic for science curriculum development: Toward improvement in process and product. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 987-1000. <https://doi.org/10.1002/tea.3660271007>
- Stevenson, M. P., Hartmeyer, R., & Bentsen P. (2017). Systematically reviewing the potential of concept mapping technologies to promote self-regulated learning in primary and secondary science education. *Educational Research Review*, 21, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.02.002>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Weinberger, A., Stegmann, K., & Fischer, F. (2007). Knowledge convergence in collaborative learning: concepts and assessment. *Learning and Instruction*, 17(4), 416-426. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.03.007>
- Xavier, A. C. D., Silva, E. S., & Sousa, Y. K. (2021). O mapa conceitual para desenvolvimento da autorregulação da aprendizagem de pós-graduandos. *Currículo e Docência*, 3(2), 111-133. Recuperado de <https://periodicos.ufpe.br/revistas/CD/article/view/250062>

Recebido em: 19.05.2022

Aceito em: 23.11.2022