

Mapas conceituais para avaliação da aprendizagem: explorando a relação entre a tarefa e as características estruturais

Concept maps for learning assessment: exploring the relation between the task and the structural features

Adriano Nardi Conceição

Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências
Universidade de São Paulo
adriano.yanc@gmail.com

Paulo Rogério Miranda Correia

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Universidade de São Paulo
prmc@usp.br

Resumo

Mapas conceituais são organizadores gráficos que explicitam relações conceituais, pois são elaborados a partir de proposições contendo um termo de ligação. Dois aspectos devem ser considerados nas tarefas com mapas conceituais: (i) a necessidade de treinamento na técnica de mapeamento conceitual e (ii) a importância de se definir como os mapas serão solicitados. O descuido com esses fatores resulta em mapas superficiais e com baixa clareza semântica, que não refletem a organização conceitual contida na estrutura cognitiva do mapeador. Neste trabalho investigamos o uso de mapas conceituais no processo de avaliação de uma disciplina de graduação, a fim de verificar o conhecimento declarativo dos alunos sobre a evolução do método científico e o desenvolvimento histórico da tecnologia no campo da Astronomia. Concluímos que a elaboração de um mapa conceitual preparatório não influenciou nas características estruturais do mapa conceitual elaborado durante a avaliação formal da disciplina, uma vez que a tarefa da prova restringia de forma marcante as opções dos mapeadores.

Palavras chave: avaliação da aprendizagem, mapas conceituais, ensino de ciência, carga cognitiva.

Abstract

Concept maps (Cmap) are graphic organizers that make conceptual relationships explicit, as they are elaborated from propositions containing linking phrases. Two aspects must be considered when defining Cmap-tasks: (i) the need for training students on concept mapping and (ii) the relevance of determining how the maps will be requested. Neglect these factors results in superficial concept maps with low semantic clarity, which do not reflect the conceptual organization contained in the mapper's cognitive structure. In this paper we investigated the use of Cmaps in the assessment process of an undergraduate course, to verify

the students' declarative knowledge about Astronomy. We conclude that the elaboration of a preparatory Cmap did not influence the structural features of the Cmap elaborated during the formal assessment of the course since the Cmap-task restricted the options of the mappers markedly.

Key words: learning assessment, concept maps, science education, cognitive load.

Introdução

Os mapas conceituais são diagramas proposicionais organizados de forma hierárquica, com o objetivo de responder a uma pergunta focal (NOVAK; CAÑAS, 2010). A necessidade de usar proposições, contendo um termo de ligação para expressar claramente a relação conceitual, é o que torna os mapas conceituais uma opção interessante para revelar com precisão a estrutura do conhecimento conceitual presente nos modelos mentais idiossincráticos dos alunos (DAVIES, 2011; NOVAK, 2010). Além disso, os mapas conceituais foram desenvolvidos com base na Teoria da Assimilação através da Aprendizagem e Retenção Significativas de Ausubel, que prevê a organização hierárquica do conhecimento em conceitos e proposições (AUSUBEL, 2000; MOREIRA, 1998; MOREIRA, 2006; NOVAK, 2010). Essa visão epistemológica sustenta e justifica a utilização dos mapas conceituais em sala de aula como uma possível forma de construir representações externas correlacionáveis com parte dos modelos mentais que contém os conceitos científicos discutidos durante o processo de ensino-aprendizagem. Acessar os modelos mentais por meio de representações externas (mapas conceituais) é importante para monitorar e regular o processo de aprendizagem do conhecimento declarativo (MOREIRA, GRECA; PALMERO, 2002). Hay, Kinchin e Lygo-Baker (2008) concordam com esse argumento e defendem os mapas conceituais como forma de tornar visíveis as relações conceituais que expressam o entendimento que os alunos do ensino superior possuem sobre o tema em estudo. Isso facilita a negociação de significados entre alunos e professor, que é necessária para o estabelecimento da ressonância pedagógica (KINCHIN; LYGO-BAKER; HAY, 2008). A ressonância pedagógica pode ser entendida como a preocupação que um professor tem em colaborar com a aprendizagem dos alunos, a fim de fornecer uma resposta de qualidade para as demandas apresentadas durante o processo de ensino-aprendizagem. A qualidade dessa resposta é caracterizada pela possibilidade do professor ter um diagnóstico preciso sobre as relações conceituais que seus alunos são capazes de fazer e expressar.

Obter mapas conceituais que sejam correlacionáveis com as representações internas dos alunos exige a observância dos processos cognitivos aos quais os alunos serão submetidos pela tarefa a ser realizada. Além de expressar o conhecimento conceitual sobre o tema, o aluno tem que lidar com o conhecimento procedimental relacionado com a técnica de mapeamento conceitual. Essa combinação de processos cognitivos pode extrapolar os recursos disponíveis na memória de trabalho e causar no aluno o que Sweller, Ayres e Kalyuga (2011) chamam de sobrecarga cognitiva. Como a memória de trabalho é limitada, o aluno pode não possuir recursos necessários para lidar com a tarefa naquele momento e isso gera a sobrecarga cognitiva. A realização da tarefa fica comprometida e o mapa conceitual produzido não tem clareza semântica suficiente para comunicar/representar as relações conceituais que o mapeador possui na sua estrutura cognitiva. Nessa situação, usar os mapas conceituais como ferramenta de avaliação da aprendizagem é pouco produtivo, visto que o professor não tem condições favoráveis para emitir um juízo de valor sobre o conhecimento declarativo dos alunos.

As cargas cognitivas impostas à memória de trabalho pela informação recebida podem ser classificadas em *carga intrínseca* (relacionada à natureza do conteúdo) e *carga extrínseca* (relacionada à forma com que o conteúdo é organizado e transmitido). Os recursos necessários para que a informação, além de recebida, seja processada são chamados de *recursos generativos*.

O treinamento na técnica de mapeamento conceitual é fundamental para reduzir a demanda cognitiva relacionada com o conhecimento procedimental (carga extrínseca), liberando recursos da memória de trabalho para lidar com a manipulação do conhecimento conceitual (recursos relevantes para a aprendizagem). Cañas, Novak e Reiska (2012) apontam outro fator que deve ser considerado quando os mapas conceituais são utilizados para fins de avaliação da aprendizagem. As restrições de forma e conteúdo apresentadas pelo professor ao solicitar que seus alunos elaborem mapas conceituais têm efeitos sobre o produto final obtido. As condições de liberdade da demanda com relação à forma e ao conteúdo dos mapas variam desde a *liberdade total* – fazer um mapa conceitual com tema e forma livres, até a *restrição total* – memorizar um mapa conceitual elaborado por um especialista.

Para efeito de avaliação e comparação dos mapas coletados a demanda do mapa conceitual deve ser estabelecida com iguais exigências e condições de liberdade a todos os alunos. Neste trabalho investigamos relação entre as características da tarefa utilizando mapas conceituais visando à avaliação da aprendizagem e o impacto sobre as características das produções dos alunos. Observamos se uma variação nas condições de elaboração dos mapas conceituais interfere nos aspectos estruturais dos mapas conceituais produzidos pelos alunos. Nosso interesse de estudo alinhou-se à necessidade de investigar a influência do formato da tarefa com mapa na produção dos alunos imediatamente após a etapa de treinamento. Consideramos mapas conceituais produzidos por alunos do ensino superior que passaram por um período de treinamento na técnica de mapeamento conceitual, a fim de reduzir a demanda cognitiva associada ao conhecimento procedimental imediatamente antes do período da coleta de dados.

Nosso objetivo foi verificar como a elaboração de um mapa conceitual preparatório (MC-PREP) pode influenciar nas características estruturais dos mapas conceituais de prova (MC-AVAL) elaborados pelos alunos.

A pergunta de pesquisa que norteou este trabalho foi a seguinte: os alunos que elaboraram o mapa conceitual de preparação para a prova (MC-PREP) produziram mapas conceituais melhores durante a avaliação (MC-AVAL) da disciplina Ciências Naturais/Ciência, Cultura e Sociedade (CN/CCS) ministrada aos alunos ingressantes na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP Leste) no primeiro semestre de 2013?

A hipótese de trabalho estabelecida pode ser expressa da seguinte maneira: sim, porque eles organizaram seus esquemas conceituais antes da avaliação e fizeram isso na forma de mapas conceituais (mesma representação externa que foi solicitada na avaliação).

Kinchin, Lygo-Baker e Hay (2008) propõem que a estrutura do conhecimento pode estar organizada em *rede* – a estrutura do especialista em um determinado tema; *linear* – a estrutura usada na instrução ao aprendiz; e *radial* – o aprendiz começa a fazer associações sobre um determinado tema. Dessa forma, ao investigar aspectos estruturais dos mapas conceituais elaborados pelos alunos esperamos verificar que os mapas que apresentam uma estrutura em rede são daqueles alunos que melhor dominam o assunto e já não apresentam dificuldades com a técnica de mapeamento conceitual, pois a tarefa impõe a estes alunos baixas cargas *intrínseca* e *extrínseca*. Também esperamos que estes alunos sejam os que organizaram seu conhecimento previamente realizando o MC-PREP. A Figura 1 ilustra a relação entre o domínio da técnica de mapeamento conceitual e sobre o assunto a ser mapeado e como esses

elementos geram as cargas intrínseca (I) e extrínseca (E), assim como os recursos generativos que o aluno dispõe para processar a informação (G).

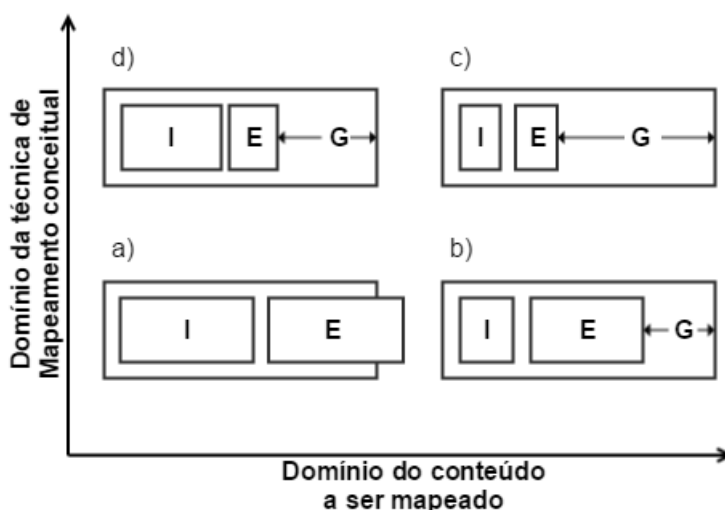


Figura 1: Relação entre o conhecimento do tema e da técnica de mapeamento conceitual e as cargas impostas à memória de trabalho, representada pelo retângulo externo a I, E e G.

Na condição (a) o aluno está em sobrecarga cognitiva. Não consegue lidar plenamente com as cargas intrínseca (I) porque não domina o conteúdo a ser mapeado, e extrínseca (E) porque não domina a técnica de mapeamento conceitual. Nessa condição não há recursos generativos (G) disponíveis na memória de trabalho para lidar com a tarefa e conduzir à aprendizagem significativa. Mapas conceituais em formato de rede são indicativos de que os alunos foram capazes de estabelecer mais relações entre os conceitos escolhidos fazendo uso também do conceito obrigatório, ou seja, possuem domínio do conteúdo e da técnica e sua estrutura conceitual aproxima-se da do especialista.

Procedimento

Todos os alunos foram submetidos a uma etapa de treinamento na técnica de mapeamento conceitual no início da disciplina CN/CCS. Uma semana antes da prova os alunos poderiam fazer um mapa conceitual preparatório (MC-PREP) para usar como consulta no dia da prova. Foram considerados os 67 mapas conceituais (MC-AVAL) coletados durante a aula 5 da disciplina CN/CCS. O tratamento de dados consistiu na criação de 2 subconjuntos, separando os MC-AVAL da seguinte forma:

- *Grupo I: MC-AVAL de alunos que não fizeram MC-PREP (n=18), e*
- *Grupo II: MC-AVAL de alunos que fizeram MC-PREP (n=49).*

No primeiro bloco da disciplina CN/CCS os alunos estiveram em fase de treinamento na técnica de mapeamento conceitual. No primeiro momento de avaliação formal – aula 5 – os alunos foram submetidos a uma tarefa: fazer um mapa conceitual com nove conceitos, um deles – “*mais tecnologia*” – obrigatório, para responder à pergunta *como a ciência e a tecnologia influenciaram a compreensão da sociedade sobre o universo?*. Uma semana antes foi sugerido que fizessem um mapa conceitual preparatório (MC-PREP) com vinte e cinco conceitos que os alunos escolheram livremente.

A *análise estrutural* (SILVA JR; ROMANO JR; CORREIA, 2010) do mapa conceitual, que foi inspirada na relação entre estrutura proposicional do mapa conceitual e os padrões de mudança conceitual, proposta por Kinchin, Hay e Adams (2000) foi feita a partir de 8

parâmetros (Tabela 1) que descrevem de forma completa os detalhes da rede proposicional (SILVA JR; ROMANO JR; CORREIA, 2010). Os cálculos para a obtenção desses parâmetros são feitos de forma automática, a partir de sistema on-line desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa. Um teste estatístico não-paramétrico foi usado para comparar as médias de cada parâmetro entre os dois subconjuntos criados e verificar se há diferenças estatisticamente significativas entre eles.

Tabela 1: Parâmetros da análise estrutural e cálculo para obtenção. C_T : Número de conceitos (N=9)

Parâmetro	Cálculo
Densidade proposicional	P/C_T
Conceitos iniciais	C_I/C_T
Conceitos iniciais múltiplos	C_{IM}/C_T
Conceitos finais	C_F/C_T
Conceitos finais múltiplos	C_{FM}/C_T
Conceitos iniciais e finais	$C_I C_F / C_T$
Conceitos exclusivamente iniciais	$S_6 C_I / C_T$
Conceitos exclusivamente finais	$S_6 C_F / C_T$

Fizemos um teste de normalidade para a amostra dos parâmetros da análise estrutural e o resultado apontou que os dados apresentam uma distribuição não-normal. Uma vez que a distribuição é não-normal, a comparação entre as médias dos parâmetros dos dois grupos de comparação foi feita usando o teste não paramétrico de Mann-Whitney utilizando o programa SPSS versão 22 (IBM, New York, EUA) para realizar essa análise.

Resultados

A Tabela 2 mostra o resultado do teste de Mann-Whitney para a comparação das médias dos parâmetros da análise estrutural entre os grupos comparados. É possível notar os valores das médias são muito próximos e o resultado do teste estatístico (U) confirma que não há diferenças estatísticas significativas entre as médias de cada um dos parâmetros considerados na análise estrutural.

O resultado do teste de Mann-Whitney aponta similaridade entre as médias de todos os parâmetros, contrariando inicialmente a hipótese de que a realização do MC-PREP influenciaria positivamente nas características estruturais do MC-AVAL. O tamanho do efeito para cada parâmetro ($r < 0,30$) evidencia que as médias são estatisticamente similares. É possível destacar dois fatores que podem explicar esse resultado.

- A demanda do MC-AVAL – A disposição das caixas retangulares nas quais os alunos deveriam colocar os conceitos era fixa e igual para todos e a forma com a qual o MC-AVAL foi solicitado serviu de orientação para o tipo de mapa que seria obtido. Aqui a demanda do mapa de prova parece ter influenciado mais para a homogeneidade dos MC-AVAL do que a presença do MC-PREP para diferenciá-los.
- O treinamento – Todos os alunos receberam o mesmo treinamento até a aula 4 e segundo Aguiar, Cicuto e Correia (2013) o treinamento está diretamente relacionado com a proficiência dos mapeadores. Dessa forma o treinamento dos alunos de ambos

os grupos comparados parece ter tornado insignificantes as diferenças que poderíamos esperar vindas da preparação do MC-PREP.

Tabela 2: Resultado do teste de Mann-Whitney para os parâmetros da análise estrutural com $p < 0,05$

Parâmetro	Simbologia	Com MC-PREP	Sem MC-PREP	U	Z ¹	r ²
		Média (DP)	Média (DP)			
Densidade proposicional	P/C _T	1,32 (0,31)	1,27 (0,24)	402	-0,56	-0,068
Conceitos iniciais	C _i /C _T	0,83 (0,10)	0,80 (0,10)	344	-1,47	-0,18
Conceitos iniciais múltiplos	C _{IM} /C _T	0,34 (0,16)	0,33 (0,12)	413	-0,42	-0,051
Conceitos finais	C _F /C _T	0,89 (0,08)	0,91 (0,09)	362	-1,25	-0,153
Conceitos finais múltiplos	C _{FM} /C _T	0,31 (0,18)	0,28 (0,16)	410	-0,45	-0,055
Conceitos iniciais e finais	C _i C _F /C _T	0,72 (0,14)	0,71 (0,13)	424	-0,26	-0,032
Conceitos exclusivamente iniciais	SóC _i /C _T	0,11 (0,08)	0,09 (0,09)	363	-1,25	-0,153
Conceitos exclusivamente finais	SóC _F /C _T	0,17 (0,10)	0,20 (0,10)	344	-1,47	-0,18

Os valores obtidos na análise revelam também que os alunos de ambos os grupos são capazes de fazer mapas com alto nível de complexidade estrutural. Os altos valores para densidade proposicional, os baixos valores SóC_F/C_T e consideráveis para os conceitos múltiplos mostra um grau de proficiência relevante.

Mesmo havendo similaridade estrutural entre os mapas dos dois grupos considerados, é prudente assumir que esses mapas não são todos iguais e que diferenças podem aparecer de maneira mais explícita quando analisados no campo semântico. Na Figura 4 apresentamos a análise estrutural realizada nos mapas conceituais dos alunos 2316 pertencente ao grupo que optou por elaborar o MC-PREP e 3255, pertencente ao grupo que optou por não elaborá-lo.

É possível notar o maior número de relações estabelecidas entre os conceitos do mapa (A) indicando que o mapeador apresenta uma estrutura em *rede* em contraste com (B) em que a organização da rede proposicional aponta uma estrutura conceitual *linear*.

Conclusão

Para executar uma tarefa com condições de liberdade definidas pelo professor da disciplina verifica-se que a etapa de treinamento foi eficiente em garantir a proficiência na técnica de mapeamento conceitual independentemente da realização do MC-PREP. A presença de mapas em formato de *rede* ocorre em ambos os grupos sem que a elaboração do MC-PREP seja fator determinante, refutando a nossa hipótese. Uma vez que os resultados indicam que, em média, ambos os grupos tiveram alunos que foram capazes de expressar o conteúdo de sua estrutura conceitual com alta inter-relação entre os conceitos e também alunos que expressaram conhecimento declarativo com baixa inter-relação entre conceitos, mesmo que a etapa de treinamento tenha reduzido as dificuldades relacionadas ao conhecimento procedimental, isto é, reduzido a carga extrínseca da tarefa, a elaboração de um mapa conceitual preparatório não mostrou efeito similar na execução desta tarefa no que diz respeito às características

¹ Para amostras com $n > 20$ utilizamos o escore Z calculado a partir da estatística U.

² Tamanho do efeito calculado usando a equação $r = Z/\sqrt{67}$.

estruturais dos mapas. Isso mostra que mesmo que a elaboração do mapa preparatório potencialmente tenha algum valor, este é neutralizado pelas características restritivas da demanda do MC-AVAL, de modo que esse resultado indica que para essa demanda ambos os grupos comparados estavam submetidos às mesmas cargas cognitivas. Em estudo futuro faremos uma investigação sobre a influência da tarefa sobre as características semânticas dos MC-AVAL.

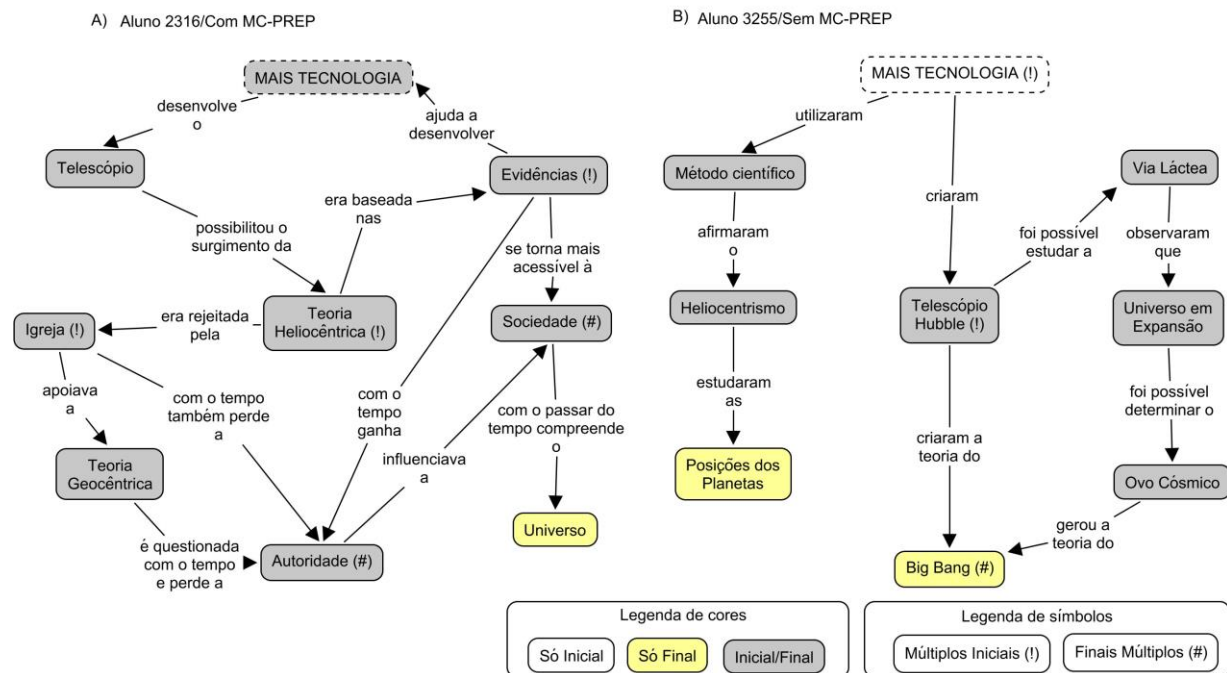


Figura 2: Comparação entre a estrutura dos mapas conceituais dos alunos 2316 e 3255.

Agradecimento

P.R.M.C. agradece à FAPESP por financiar as pesquisas desenvolvidas pelo Grupo de Pesquisa Mapas Conceituais (2012/22693-2; 2016/24553-7).

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, 141–157.
- AGUIAR, J.G.; CICUTO, C.A.T.; CORREIA, P.R.M. (2014). **How can we prepare effective concept maps?** Training procedures and assessment tools to evaluate mappers' proficiency. Journal of Science Education, 15, 14–19.
- AUSUBEL, D.P. (2000). **The acquisition and retention of knowledge:** a cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- CAÑAS, A.J.; NOVAK, J.D.; REISKA, P. (2012). **Freedom vs restriction of content and structure during concept mapping:** possibilities and limitations for construction and assessment. In Proceedings of the Fifth International Conference on Concept Mapping (pp. 192-202). Valletta: University of Malta.

- DAVIES, M. (2011). **Concept mapping, mind mapping and argument mapping**: what are the differences and do they matter? *Higher Education*, 62, 279-301.
- HAY, D.B.; KINCHIN, I.M.; LYGO-BAKER, S. (2008). **Making learning visible**: the role of concept mapping in higher education. *Studies in Higher Education*, 33, 295–311.
- KINCHIN, I.M.; HAY, D.B.; ADAMS, A. (2000). **How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development**. *Educational Research*, 42, 43-57.
- KINCHIN, I.M.; LYGO-BAKER, S.; HAY, D.B. (2008). **Universities as centers of non-learning**. *Studies in Higher Education*, 33, 89–103.
- MOREIRA, M. A.; GRECA, I.M.; PALMERO, M.L.R. (2002). **Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2, 36–56.
- 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, 548–571.
- NOVAK, J.D. (2010). **Learning, creating and using knowledge**: concept maps as facilitative tools in schools and corporations. 2a Ed. New York: Routledge.
- NOVAK, J.D.; CAÑAS, A.J. (2010). **A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los**. *Práxis Educativa*, 5, 9–29.
- SILVA JR, S.N.; ROMANO JR; J.G.; CORREIA, P.R.M. (2010). **Structural analysis of concept maps to evaluate the students' proficiency as mappers**. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Concept Mapping* (pp. 369-376). Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- SWELLER, J.; AYRES, P.; KALYUGA, S. (2011). **Cognitive Load Theory**. New York: Springer.