



ACME: FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS EM LARGA ESCALA

ACME: LARGE-SCALE CONCEPT MAPS ASSESSMENT TOOL

MARCELLO RAMALHO DE MELLO

Doutorado em Educação Tecnológica - Universidade Federal de Pernambuco / Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Matemática e Tecnológica (EDUMATEC) / Grupo de Estudos e Pesquisa sobre Aprendizagem Significativa (GEPAS) cello.mello.recife@gmail.com

PATRÍCIA SMITH CAVALCANTE

Doutorado em Educação pela University of Newcastle Upon Tyne / Universidade Federal de Pernambuco/ Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Matemática e Tecnológica (EDUMATEC) / patricia.cavalcante@ufpe.br

KÁTIA APARECIDA DA SILVA AQUINO

Pós doutorado em Educação Tecnológica pela UFPE/ Universidade Federal de Pernambuco/ Colégio de Aplicação / Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para o Ensino de Ciências Ambientais/ Grupo de Estudos e Pesquisa sobre Aprendizagem Significativa (GEPAS) /aquino@ufpe.br

RESUMO

O uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação pode agregar valor ao processo de avaliação da aprendizagem. Os cursos digitais e massivos (MOOC), constituídos por diferentes suportes e materiais, colaborativos e rapidamente mutável, podem ser beneficiados por uma proposta avaliativa qualitativa da aprendizagem dos estudantes por meio de Mapas Conceituais. Este artigo apresenta um programa de computador, denominado ACME (*Automatic Concept Map Evaluation*), desenvolvido na linguagem Python e seguiu um algoritmo capaz de produzir oito parâmetros, obtidos de forma automática, a partir de Mapas Conceituais construídos no programa CMap Tools. Com esses parâmetros é possível construir vários modelos de avaliação, tanto quantitativos como qualitativos, cabendo ao professor escolher como fará uso desses parâmetros de acordo com seu objetivo pedagógico.

Palavras-chave: MOOC, Aprendizagem Significativa, Avaliação massiva.

ABSTRACT

The use of Digital Information and Communication Technologies can add value to the learning assessment process. Massive Open Online Courses (MOOC), made up of different supports and materials, collaborative and rapidly changing, can benefit from a qualitative assessment proposal of students' learning through Conceptual Maps. This article presents a computer program called ACME (*Automatic Concept Map Evaluation*). ACME was developed in the Python language and followed an algorithm capable of producing eight parameters, automatically obtained from Conceptual Maps built in the CMap Tools program. With these parameters it is possible to develop several evaluation models, both quantitative and qualitative, leaving it to the teacher to choose how he will use these parameters according to his pedagogical objective.

Key-words: MOOC, Meaningful Learning, Massive Assessment.

INTRODUÇÃO

De acordo com Novak (1991), descobrir o que o discente já conhece representa um grande desafio. A Teoria da Aprendizagem Significativa fornece uma estrutura conceitual que pode ajudar a repensar a avaliação em ambientes de ensino, especialmente em cursos online, promovendo uma abordagem mais centrada no aprendiz e no desenvolvimento de conhecimento significativo (AUSUBEL, 1963). Ela ainda destaca a importância de avaliações



que reflitam a construção de conhecimento ao longo do tempo e que sejam relevantes para a vida do aprendiz (AUSUBEL, 2003).

O uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) pode agregar valor ao processo de avaliação, tanto para professores quanto para os estudantes. Considerando a aprendizagem digital e massiva, é possível compreender este processo como complexo, distribuído em diferentes suportes e materiais, colaborativo e rapidamente mutável, que pode ser beneficiado por uma proposta de avaliação qualitativa da aprendizagem para este processo de larga escala.

Nesse contexto, avaliar a aprendizagem no contexto virtual por meio de Mapas Conceituais em cursos online abertos e massivos (MOOCs) introduz a dimensão qualitativa na compreensão do que foi aprendido pelo estudante. Além disso, também permite identificar como o conhecimento se relaciona ou se organiza, e até hierarquiza os conceitos novos a antigos, que sentido ele fez dos conteúdos trabalhados nos cursos. Contudo, é possível observar que o universo dos cursos online, em especial MOOCs, necessita resolver o impasse da avaliação da aprendizagem quando tratamos de grande número de estudantes e/ou de uma avaliação mais qualitativa, crítica e personalizada. Pesquisando pelo termo “MOOC assessment”, em títulos, com data aberta, através de mecanismos de busca, apenas 107 artigos apareciam até fevereiro de 2023 (data da última pesquisa).

Por outro lado, em sua revisão sobre avaliação em MOOCs, Daradoumis et al. (2013), identificaram que não é possível, para tutores humanos, acompanhar cada estudante, rever e classificar tarefas individualmente e sugerem a utilização de agentes de software para tal fim. Dessa maneira, a possibilidade de uma solução automatizada, computacional, a partir de Mapas Conceituais, parece ser promissora.

Recentemente, o mundo conheceu o ChatGPT que é um robô de conversa por inteligência artificial desenvolvido pela OpenAI e lançado mundialmente em novembro de 2022 (DENG; LIN, 2023). Dentre diversas especulações e polêmicas, os estudantes passaram a usar essa ferramenta para responder questões de provas e trabalhos, principalmente nos cursos remotos e à distância. Desta forma, os MOOCs, que já careciam de um instrumento de avaliação da aprendizagem e se apoiavam na avaliação por pares de textos escritos pelos estudantes, podem ter sido diretamente afetados. Diante desse cenário, este trabalho apresenta uma ferramenta desenvolvida com potencial de fornecer parâmetros para uma possível automatização da avaliação da aprendizagem através de Mapas Conceituais em cursos online, incluindo os abertos e massivos (MOOCs). Esta ferramenta é um programa de computador, denominado ACME (*Automatic Concept Map Evaluation*), destinado a avaliação qualitativa da aprendizagem através de mapas conceituais e que também pode beneficiar a avaliação em ambientes virtuais de cursos massivos.

REFERENCIAL TEÓRICO



Para Ausubel (2003) a Aprendizagem Significativa (AS) é “um tipo distinto de processo de aprendizagem”, em que o aprendiz se relaciona o novo conhecimento com as ideias relevantes ancoradas na sua estrutura cognitiva. Neste sentido, os novos conhecimentos vão se modelando e se aprimorando no decorrer do processo de ensino e aprendizagem (AQUINO; CHIARO, 2013). Em sentido semelhante, Novak (1991) afirma que a AS é a base sobre a qual se fundamenta a integração construtiva dos pensamentos, sentimentos e principais atos que conduzem ao enriquecimento humano.

Mapas conceituais foram desenvolvidos por Joseph Donald Novak, para seguir e entender as mudanças no conhecimento das crianças sobre a ciência, baseando-se na psicologia da aprendizagem de David Paul Ausubel (NOVAK, 1984). A ideia fundamental é que o mapa conceitual seja uma representação gráfica usada para organizar e representar o conhecimento que não é algo definitivo que para a psicologia cognitiva. O mapa é ainda um estado de um processo sócio-histórico em movimento constante que integram princípios pedagógicos construtivistas quando, por exemplo, o conhecimento de mundo, trazido pelos estudantes, torna-se subsunção no processo de ensino e aprendizagem. Nesta direção, quando os mapas conceituais são devidamente aplicados como recurso didático, tendem a ser um instrumento facilitador no ensino, contribuindo assim para a aprendizagem significativa do estudante.

Os mapas conceituais têm como componentes estruturais: a) os conceitos que são categorias simbólicas, que provocam imagens mentais e permitem a operacionalização com objetos do mundo real e do mundo simbólico; b) termo de ligação ou palavra de enlace que unem os conceitos e explicitam o tipo de relação existente e c) as proposições formadas por dois ou mais conceitos unidos por termos de ligação que formam um significado. Assim, os mapas conceituais não podem ser confundidos com organogramas ou fluxogramas que são organizados de forma arbitrária (CAÑAS et al., 2003).

No mapa conceitual os conceitos geralmente são colocados em círculos ou caixas com rótulos e, em sua maioria é uma única palavra, embora às vezes sejam utilizados símbolos ou até mesmo figuras e imagens. A relação entre os conceitos é representada pela conexão que os ligam geralmente através de setas. De forma geral, os conceitos são representados de forma hierárquica, com os mais abrangentes e mais gerais no topo do mapa e os mais específicos, menos gerais, organizados abaixo. Tal estrutura hierárquica está intimamente ligada ao processo de diferenciação progressiva que acontece quando um conhecimento mais geral se torna mais especificado (AUSUBEL, 2003). Entretanto, a apresentação hierárquica de conceitos em um mapa conceitual é apenas um dos modelos, dentre outros que podem ser encontrados (AGUIAR & CORREIA, 2013).

METODOLOGIA

A ferramenta desenvolvida e apresentada neste estudo, ACME (*Automatic Concept Map Evaluation*), extrai um texto a partir do mapa conceitual produzido pelo estudante. A



ACME foi construída em 4 etapas: levantamento de atributos em mapas conceituais; proposição da solução; validação da mecânica de funcionamento e validação dos resultados apresentados pela ferramenta.

Para o desenvolvimento da ferramenta foi escolhida a linguagem de programação Python¹ por ser cada vez mais utilizada em tarefas que envolvem Processamento de Linguagem Natural (PLN). Tal escolha permitiu o desenvolvimento rápido utilizando bibliotecas especializadas em PLN multilíngue, com boa performance de execução, e permitiu verificar, com certa facilidade, alguns dos critérios propostos para análise dos mapas conceituais como: estrutura, proposições, hierarquia e ligações cruzadas (conexões que unem conceitos ou ideias em diferentes partes do mapa, mostrando relações interdisciplinares e promovendo uma compreensão mais completa do tópico). Com as bibliotecas de PLN foi possível obter 03 (três) índices, destinados à comparação de similaridade entre o mapa conceitual construído pelo estudante e um texto que deve ser disponibilizado pelo professor para servir de recurso didático na resposta da pergunta focal do mapa. De forma sucinta os três índices são definidos a seguir:

- Índice Jaccard: trata os textos (texto base e texto extraído do mapa) como conjunto de objetos e, assim, calcula a interseção entre eles, mostrando o tamanho da interseção sobre o tamanho da união;
- Similaridade de Cosseno: mostra o ângulo que indica se os textos “caminham” para a mesma direção;
- Similaridade por spaCy: mostra a similaridade semântica entre os dois textos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com uma interface simples, ainda inicial, ou seja, sem uma interface gráfica para seleção de mapas, a ferramenta ACME faz uso da possibilidade de “ler” eletronicamente um mapa conceitual, extrair dele um texto com suas principais características e aplicar critérios que podem ser usados em cada etapa, sem a necessidade de um mapa de referência. A atual versão da ACME oferece, até o momento, os parâmetros descritos no Quadro 1.

Para o uso do ACME, conforme já descrito no Quadro 1, o professor precisa primeiramente disponibilizar um Texto Base sobre determinado assunto e que deve ser utilizado como recurso didático pelo estudante para produção do seu mapa. Outros materiais como slides e anotações de aulas também podem ser utilizados como recurso. Então o estudante produz um mapa conceitual respondendo uma pergunta focal que se relacione com o texto escolhido pelo professor ou ainda outros materiais de estudo. O mapa deve ser construído através do programa CMapTools² e exportado no formato CXL.

Quadro 1 - Parâmetros de avaliação alcançados na ACME

1 Python é uma linguagem de programação de alto nível e de uso geral (<https://www.python.org/>).

2 Ferramenta gratuita para construção de mapas conceituais, disponível em <https://cmap.ihmc.us/>



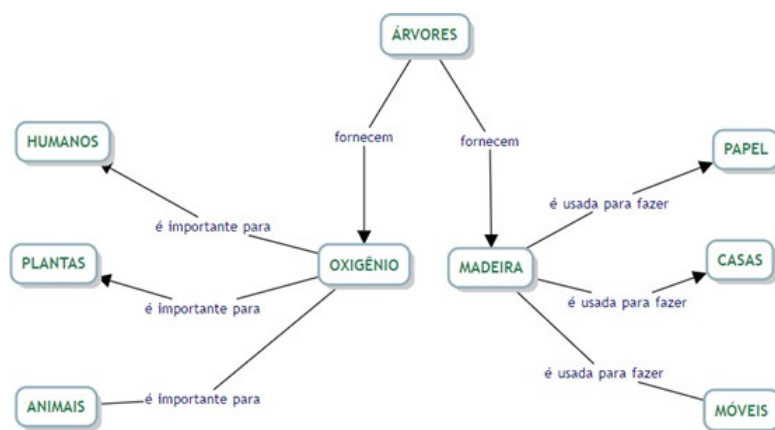
PARÂMETRO	INDICAÇÃO	VARIÁVEL
Quantidade de Conceitos	O professor pode estabelecer uma quantidade mínima de conceitos para o mapa, estabelecendo a quantidade (ou percentual) como avaliação.	QC
Conceitos Corretos	O mapa precisa ter sua estrutura básica de proposições garantida (Conceito 1 - Termo de Ligação - Conceito 2). Com isso, o professor pode considerar que o estudante refaça o mapa (caso o mesmo não apresente proposições) ou considere uma quantidade ou percentual mínimo de conceitos corretos na sua avaliação. Cabe salientar que não existe um mapa conceitual errado, contudo como se trata de um algoritmo alguns parâmetros mínimos precisam ser considerados. Neste caso, um Texto Base de referência (fornecido pelo professor) deve fazer parte da estratégia. Dessa maneira se busca um mínimo de coerência entre o mapa conceitual construído e o Texto Base na avaliação.	CC
Quantidade de Proposições	De acordo com o critério do professor é possível estabelecer um número mínimo de proposições dispostas no mapa, com a opção de pedir para o aluno refazer o mapa ou atribuir a quantidade como avaliação.	QP
Termos de Ligação com Verbo	Cabe ao professor decidir se ele aceita proposições sem verbo (maior nível de semântica) (AGUIAR; CORREIA, 2013). Caso não aceite, ele escolhe se solicita que o estudante refaça o mapa ou se usa considera o percentual de proposições sem verbo como avaliação.	PV
Similaridade Jaccard	Percentual que determina o quanto de palavras (termos) do Texto Base foram usadas pelo estudante para construir o mapa. O professor pode usar esse percentual para identificar possível cópia (<i>hacking</i>).	JAC
Similaridade Cosseno	Percentual que também determina as palavras em comparação com o Texto Base (disponibilizado pelo professor), porém ignorando a repetição de palavras. O professor pode usar esse percentual para identificar se o estudante seguiu seu Texto Base.	COS
Similaridade spaCy	Esse percentual testa a similaridade do Texto Base, mas no contexto semântico. O professor pode usar esse percentual para verificar o quanto o aluno se distanciou do assunto contido no Texto Base.	SPA
Análise Gráfica	Ajuda o professor a identificar, com um olhar rápido, se as proposições estão dentro de um mesmo contexto entre si.	PC

Fonte: os autores.

Para demonstrar o funcionamento do ACME vamos utilizar como texto base "Árvore"³. A partir da leitura do texto o estudante A produziu seu mapa conceitual (Figura 1).

Figura 1 - Mapa conceitual gerado a partir do texto base "Árvore"

3 SANTOS, Vanessa Sardinha dos. 21 de setembro - Dia da Árvore. **Escola Kids**, [s.d]. Disponível em: <https://escolakids.uol.com.br/datas-comemorativas/dia-da-arvore.htm>. Acesso em: 04 out. 2023.



Fonte: dados de pesquisa

Para a produção do mapa, o estudante respondeu a seguinte pergunta focal: “Qual é a importância de uma árvore?”. Então, a ACME extrai as proposições do mapa e realiza 03 (três) análises: a) sintaxe das proposições inseridas no mapa (Figura 2), b) similaridades entre as proposições e o texto base que foi passado para o estudante (Figura 3) e c) semântica entre as proposições inseridas (Figura 4).

Figura 2 - Análise da estrutura do mapa do Estudante

```
Conceitos inseridos no mapa
MADEIRA PROPN
OXIGÊNIO NOUN
MÓVEIS NOUN
ÁRVORES PROPN
PLANTAS NOUN
CASAS NOUN
ANIMAIS PROPN
HUMANOS NOUN
PAPEL PROPN
9 termos inseridos, 9 com pronomes/adjetivos ( 100.0 % corretos)
```

Fonte: os autores.

Ao analisar a Figura 2, é possível observar que o ACME identifica os conceitos utilizados no mapa conceitual e os correlaciona ao texto. Neste caso todos os conceitos utilizados estão inseridos no texto base.

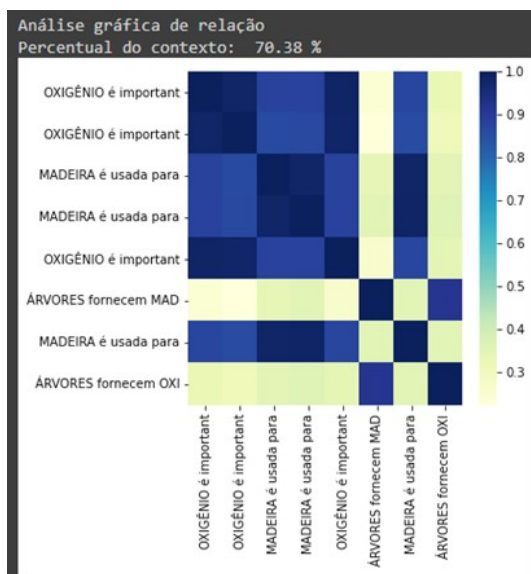
Figura 3 - Similaridade do mapa do Estudante

```
A similaridade entre o texto base (em arquivo) e o texto do mapa conceitual:
Coeficiente pelo Método Jaccard 4.72 %
Coeficiente pelo método Cosseno 22.37 %
Coeficiente pelo método spaCy 56.17 %
```

Fonte: os autores.

O resultado obtido na Figura 3 mostra que o estudante não fez uma cópia do texto (método Jaccard 4,72%), mas tomou-lhe como base (método Cosseno 22,37%) e, acima de tudo, conseguiu abordar o tema dado em 56,17% (método spaCy).

Figura 4 - Diagrama semântico para o mapa conceitual



Fonte: os autores.

No diagrama obtido na Figura 4, o tom azul mostra o quanto o mapa tem proximidade com o texto base, neste caso 70,38%. O restante, 29,62%, apresenta tom amarelo, indicando que outros recursos de estudos podem ter sido utilizados pelo estudante. Com esse panorama, além de uma análise qualitativa do mapa, o professor também tem a possibilidade de estabelecer uma única expressão matemática com as variáveis sugeridas no Quadro 1, com uma média ponderada, por exemplo. Na expressão abaixo, que é uma sugestão nossa, (p =peso) a média pode ser uma nota (ou um percentual, ou ainda um conceito a partir de faixas do número obtido) atribuída ao mapa conceitual que pode ser útil em contextos de MOOCs.

Média

$$= \frac{QC * p1 + CC * p2 + QP * p3 + PV * p4 + JAC * p5 + COS * p6 + SPA * p7 + PC * p8}{p1 + p2 + p3 + p4 + p5 + p6 + p7 + p8}$$

Cada peso, deve ser devidamente escolhido pelo professor e acentuará os parâmetros de avaliação de acordo com os objetivos de aprendizagem estabelecidos no seu planejamento pedagógico. Nesta maneira, é possível avaliar o mapa conceitual de várias formas, trazendo riqueza para uma avaliação mais qualitativa, mesmo que um único conceito ou nota seja atribuído ao mapa conceitual avaliado. Cabe salientar que, com os parâmetros descritos no Quadro 1 o professor pode avaliar o mapa conceitual de acordo com o perfil do seu componente curricular, estabelecendo critérios próprios. Desta maneira, a ACME é uma ferramenta que propicia flexibilidade.

O professor que usa Mapas Conceituais se depara com desafios que tem como cerne a falta de uma preparação do estudante junto à ferramenta. Neste caso, é importante que antes de usar o mapa conceitual como instrumento de avaliação, recurso didático, etc., o estudante conheça as premissas da construção de um bom mapa conceitual. O mesmo deve ser considerado no ambiente virtual. Assim, levando em consideração que os estudantes estejam preparados para deixar emergir seus conhecimentos através de mapas conceituais,



o professor, mesmo que não seja em MOOCs, também poderá se beneficiar do algoritmo da ACME. Os parâmetros fornecidos podem o ajudar na triagem dos mapas que seus estudantes constroem no CMap Tools ou até mesmo como indicadores a serem buscados pelos estudantes nos seus mapas. Esses parâmetros também podem ajudar a identificar uma Aprendizagem Mecânica, que é quando o estudante apresenta em seu mapa conceitual, por exemplo, altos índices de conceitos corretos e termos de ligação, e alto índice de similaridade Jaccard, ou seja, quase uma cópia do texto base. Por outro lado, também tem potencial de identificar uma Aprendizagem Significativa em curso, quando o estudante obtém quantidade de conceitos e proposições além do esperado, baixas similaridades Jaccard e Cosseno, além de alta similaridade spaCy. Cabe salientar que, testes preliminares apontaram a viabilidade técnica da ACME. Entretanto, ainda está em desenvolvimento uma interface gráfica para a ferramenta de modo a ser disponibilizada ao público em geral.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou uma ferramenta para automatização de avaliação através de Mapas Conceituais, que por sua vez, permite identificar características de Aprendizagem Significativa em cursos massivos de ambientes virtuais de aprendizagem (MOOCs). Avaliar o aprendizado de um único estudante já não costuma ser uma tarefa simples, e rapidamente menos ainda, imagine em MOOCs. À medida que mais estudantes necessitam ser avaliados, tal ação se torna ainda mais lenta e muito mais complexa. O professor vive em conflito com suas atividades de elaboração de aula, esforço cognitivo no intuito de conseguir ajudar o estudante a construir seu próprio conhecimento. Esse quadro se agrava em ambientes virtuais onde o professor precisa, em poucos instantes, devolver um parecer sobre o que o estudante conseguiu aprender.

No âmbito de uma necessidade de avaliação cada vez mais massiva, com uma população crescente, o professor precisa de um instrumento que reduza seu esforço. Justamente tentando suplantar sua carga de trabalho, o professor faz uso de instrumentos ágeis que não conseguem avaliar qualitativamente o aprendizado do estudante. Nesse cenário, a possibilidade de um instrumento que forneça indicadores qualitativos é muito bem-vindo.

Ao longo da pesquisa foi possível obter resultados promissores para a ideia de avaliar, qualitativa e massivamente, através de Mapas Conceituais, o aprendizado do estudante. O programa de computador ACME, construído em linguagem Python, seguiu um algoritmo capaz de produzir oito parâmetros, obtidos de forma automática, a partir de Mapas Conceituais construídos no CMap Tools. Com esses parâmetros é possível construir vários modelos de avaliação, tanto quantitativos como qualitativos, cabendo ao professor escolher como fará uso desses parâmetros de acordo com o seu objetivo de avaliação.



REFERÊNCIAS

- Aguiar, J. G.; Correia, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 13(2), 141-157, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4265>. Acesso em: 31 jul. 2023
- AQUINO, K. A. S.; CHIARO, S. D. Uso de Mapas Conceituais: percepções sobre a construção de conhecimentos de estudantes do ensino médio a respeito do tema radioatividade. **Ciências & Cognição**, v. 18, n. 2, p. 158-171, 2013. Disponível em: <http://cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/854>. Acesso em: 30 jul. 2023.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 1. ed. Lisboa: Plátano, 2003. Disponível em: https://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf. Acesso em: 30 jul. 2023.
- AUSUBEL, D. P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. Grune & Stratton, 1963.
- CAÑAS, A. J.; COFFEY, J. W.; CARNOT, M.-J.; FELTOVICH, P. *et al.* A summary of literature pertaining to the use of concept mapping techniques and technologies for education and performance support. **Report to the Chief of Naval Education and Training**, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/220017490_A_Summary_of_Literature_Pertaining_to_the_Use_of_Concept_Mapping_Techniques_and_Technologies_for_Education_and_Performance_Support. Acesso em: 30 jul. 2023.
- DARADOUMIS, T.; BASSI, R.; XHAFA, F.; CABALLÉ, S. A review on massive e-learning (MOOC) design, delivery and assessment. **IEEE**, p. 208-213, 2013. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6681230>. Acesso em: 30 jul. 2023.
- Deng, J.; Lin, Y. (2023). The Benefits and Challenges of ChatGPT: An Overview. **Frontiers in Computing and Intelligent Systems**, 2(2), 81-83, 2023. Disponível em <https://doi.org/10.54097/fcis.v2i2.4465>. Acesso em: 31 jul. 2023
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. **Learning how to learn**. Cambridge University Press, 1984.
- NOVAK, J. D. Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 3, p. 215-228, 1991. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/39895>. Acesso em: 30 jul. 2023.