

## Diferentes propostas para representação gráfica de Trajetórias de Aprendizagem

Igor Kühn<sup>1</sup>, Paulo Santana Rocha<sup>1</sup>, Oscar Yair Ortegon-Romero<sup>1</sup>,  
Rafaela Ribeiro Jardim<sup>1</sup>, Leandro Krug Wives<sup>1</sup>, José Valdeni de Lima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação Informática em Educação (PPGIE) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Porto Alegre – RS – Brasil

kuhnigor@gmail.com, rochap01@gmail.com,  
oscar.ortegon.romero@gmail.com, rafa.rjardim@gmail.com,  
leandro.wives@ufrgs.br, valdeni@inf.ufrgs.br

**Resumo.** Este artigo apresenta um levantamento bibliográfico de formas de representação gráfica para trajetórias de aprendizagem, detalhando as características de 6 modelos com suas respectivas características, contexto de aplicação e categorização quanto ao uso de conceitos e/ou recursos educacionais. Fica evidenciado no estudo, por meio de diversas formas de visualização, o esforço existente na literatura no sentido de buscar soluções que possam apoiar o processo ensino-aprendizagem utilizando técnicas gráficas para trajetórias de aprendizagem. Tais pesquisas vão desde soluções que apoiam o professor no entendimento da evolução dos estudantes, até mecanismos que permitem atuar no contexto didático, servindo de instrumento de apoio à aprendizagem discente.

**Abstract.** This paper presents a literature review of forms of graphical representation for learning paths, detailing the characteristics of 6 models with their characteristics, application context and categorization for the use of concepts and / or educational resources. Evidenced in the study, through various forms of viewing, the existing effort in the literature in order to seek solutions that can support the teaching-learning process using graphical techniques for learning trajectories. Such research ranging from solutions that support the teacher in understanding the evolution of students, up mechanisms to act in the educational context, serving as a support tool for student learning.

### 1. Introdução

Um dos desafios atuais na educação é disponibilizar da melhor maneira os recursos educacionais (REs), ou conceitos, dispostos nos ambientes virtuais de ensino e aprendizagem (AVEAs) para que o aprendizado dos alunos ocorra de forma significativa. A ordem como tais recursos são disponibilizados e acessados apresentam como resultante o caminho construído a partir das interações com diferentes recursos educacionais, tais como textos, vídeos, áudios, fóruns, chats e avaliações.

Os caminhos trilhados pelos alunos recebem diferentes nomenclaturas, tais como knowledge tracing, learning paths, study path, learning route, learning itineraries, learning journey, educational pathways, trilhas de aprendizagem, progressões de aprendizagem ou trajetórias de aprendizagem.

Na literatura é possível localizar pesquisas que discutem modelos gráficos para representação de trajetórias de aprendizagem, como podemos observar nos trabalhos de Simbine (2017), Ramos (2016), Sztajn *et al.* (2012) e Rocha *et al.* (2018). Estas soluções utilizam diferentes tecnologias para propor formas de visualização das trajetórias, seja por meio do uso de grafos, formas geométricas específicas ou ideias provenientes da modelagem em computação.

Dessa forma, este trabalho discute 6 modelos para representação de trajetórias de aprendizagem, ilustrando o contexto de aplicação, características de implementação, técnicas utilizadas, pontos fortes e fraquezas.

## 2. Fundamentação Teórica

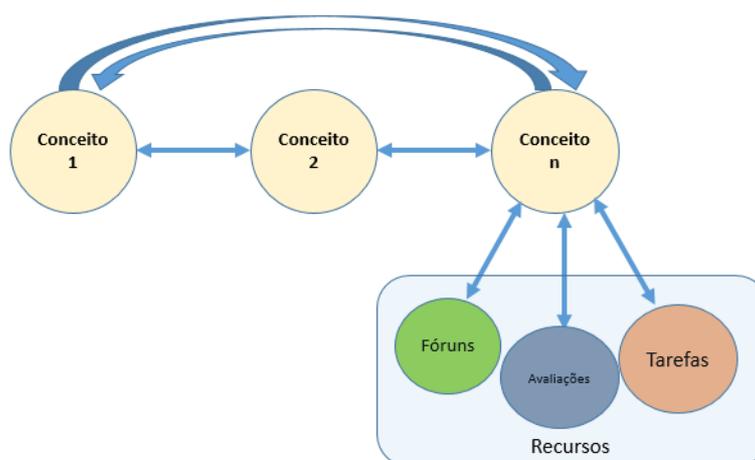
Não existe uma definição única e consolidada para o termo Trajetória de Aprendizagem. Para Serrazina e Oliveira (2019) as Trajetórias de Aprendizagem (TAs) são construtos pedagógicos úteis, bem como construtos teóricos.

Já para Confrey *et al.* (2015, p. 2),

[...] é a rede ordenada de constructos desenvolvidos pelo estudante em um processo instrucional uma concepção de pesquisa desenvolvida empiricamente que descreve uma (isto é, atividades, tarefas ferramentas, formas, de interação e métodos de avaliação) com o objetivo de, através de sucessivos refinamentos de representações, articulações e reflexões, movê-lo de um contexto de ideias informais em direção a um contexto de conceitos progressivamente mais complexos.

Outra conceituação é apresentada por Canto *et al.* (2014) sendo a Trajetória de Aprendizagem “uma metáfora que considera o objeto de aprendizagem similar a um caminho que conecta conceitos: o ponto de partida é um conjunto de conceitos e proposições presumidamente conhecidos pelo estudante e o ponto de chegada é o conjunto de conceitos e proposições relacionados aos objetivos educacionais”.

Na Figura 01 é possível observar um exemplo de trajetória conceitual, em que o caminho ocorre por meio de diferentes conceitos e de forma mais específica ainda é possível visualizar os recursos relacionados aos conceitos.



**Figura 01: Exemplo de Trajetória Conceitual. Fonte: Elaborado pelos autores.**

Segundo a teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) a relação entre os conceitos é fundamental para que o aprendizado tenha significado.

A TAS foi apresentada pelo pesquisador norte-americano David Ausubel, com primeiros estudos publicados na década de 1960 (Ausubel 1963), tendo como um dos pilares o fato de nortear o processo ensino-aprendizagem a partir do que o aluno já conhece, introduzindo a noção de conceito subsunçor.

Neste sentido, a aprendizagem é significativa quando ela se relaciona com algo que já aprendemos antes, dessa forma, quanto mais o processo de ensino-aprendizagem criar condições para que se relacione um novo conteúdo de maneira substancial e não-arbitrária com algum aspecto da estrutura cognitiva prévia do estudante, que lhe for relevante, mais próximo se estará da aprendizagem significativa Pelizzari *et al.* (2002).

No mesmo cenário, Moreira (2012), afirma que o fator que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o sujeito já sabe, caracteriza o conceito de subsunçor como uma estrutura de conhecimento específica que serve para interagir com uma nova informação, gerando uma aprendizagem.

### 3. Metodologia

Para levantamento dos modelos de representação de Trajetórias de Aprendizagem foi realizado uma pesquisa bibliográfica utilizando terminologias que remetiam aos objetivos de análise, utilizando sobretudo os seguintes repositórios: Repositório Lume, Google Scholar, Research Gate, IEEE, Web of Science, ACM, Science Direct, Springer Link e Scopus.

Foram utilizados critérios de busca que envolviam o termo "Trajetória de Aprendizagem" (com suas respectivas variações) agregado com palavras-chaves que remetem a representações gráficas, tais como "modelo gráfico", "representação gráfica" e "modelagem".

Neste sentido, foram analisados 190 trabalhos que atendiam aos critérios de busca, tanto aqueles publicados em português quanto em inglês, dos quais foram utilizados 6 para as particularidades definidas para o escopo deste artigo.

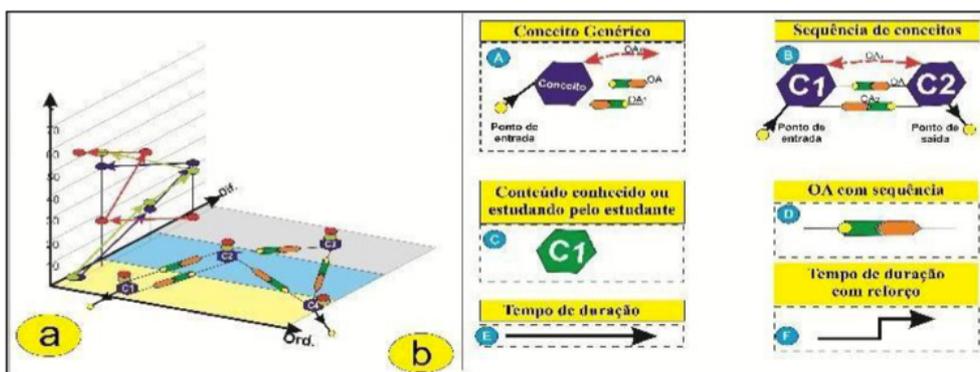
Foram selecionados trabalhos que continham formas de representação visual para trajetórias, tanto os que levavam em conta relações entre conceitos quanto aqueles que relacionam recursos educacionais em ambientes virtuais de aprendizagem.

#### 4. Discussões

Moissa *et al.* (2014), ao falar sobre formas de representação para TAs, afirmam que estruturas gráficas permitem uma visão macro da aprendizagem de cada estudante.

Já outras pesquisas apontam caminhos para modelagem de TAs, como é o caso do trabalho realizado por Simbine (2016), em que os autores se utilizam de três elementos para definir um modelo gráfico: (i) número de interações com os Recursos Educacionais (REs); (ii) tempo de cada interação; e (iii) ordem de acesso aos conteúdos.

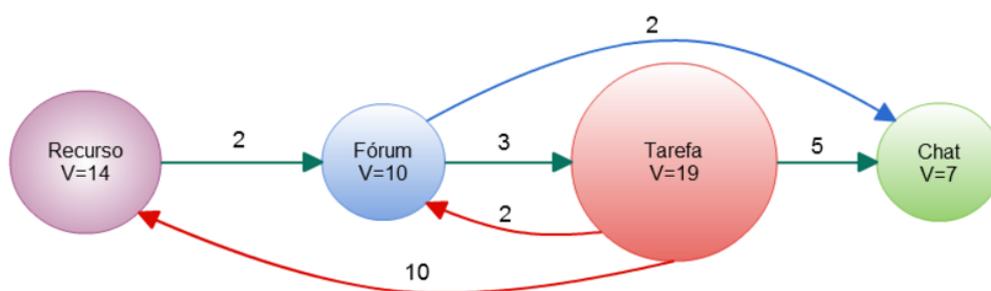
Tal abordagem, ilustrada na Figura 02, se ancora na ideia de representação por coordenadas com eixos X, Y e Z. Segundo os autores, os eixos X e Y representam o espaço geográfico e o Z o tempo. Esta forma de representação constitui-se como um instrumento interessante para identificar a sequência de acessos e o tempo de interação nos recursos educacionais.



**Figura 02: Representação de trajetórias de aprendizagem utilizando gráficos e relação com recursos educacionais. Fonte: (Simbine, 2016).**

Embora a representação por coordenadas de Simbine (2016) seja bastante consistente para evidenciar a sequência percorrida pelo estudante, a leitura do diagrama se mostra complexa quando um número elevado de caminhos, conceitos ou REs são dispostos no plano.

Por outro lado, Ramos (2016) utiliza as ideias da teoria dos grafos para definir nós e arestas que representam o percurso percorrido por estudantes em REs de um AVA, conforme ilustra a Figura 03.



**Figura 03: Representação de trajetórias de aprendizagem utilizando notação por grafos. Fonte: [Ramos 2016].**

Esta forma de representação leva em conta o número de visualizações, representado pelos nós do grafo (círculos coloridos na Figura 03), e a quantidade vezes que o estudante avançou ou retrocedeu entre os conteúdos, representados por arestas (setas de ligação entre os nós).

Ainda na Figura 03 é possível observar que o diâmetro dos nós é proporcional ao quantitativo de vezes que cada conteúdo foi visualizado, além da existência de três conjuntos de cores para arestas, indicando a ordem definida pelo professor (arestas verdes), o caminho de avanço do estudante entre conteúdos (arestas azuis) e o retorno do estudante entre conteúdos (arestas vermelhas).

Tal modelo conduz a uma reflexão sobre como deve ser estruturada a exibição gráfica para TAs, sendo possível destacar dois pontos importantes:

#### a) Representação de múltiplos caminhos

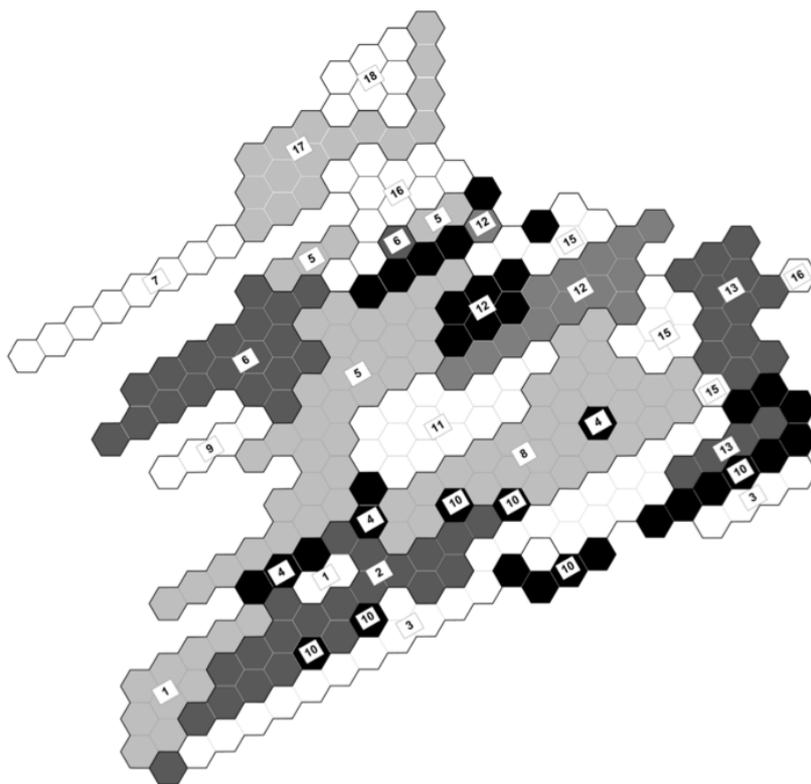
O modelo permite visualizar a trajetória planejada, assim como os caminhos e avanço e retorno dos estudantes, com seus respectivos quantitativos de acesso.

#### b) Utilização de representação por cores

A distribuição de cores é utilizada para representar caminhos trilhados pelos estudantes, sendo possível identificar visualmente (por meio de cores) os diferentes tipos de trajetórias.

Um elemento que não foi aprofundado no trabalho de Ramos (2016), mas discutido na pesquisa de Simbine (2016), é aspecto temporal. Embora os dados numéricos de acessos aos REs tragam informações valiosas para o professor, o tempo é um fator determinante.

Já Sztajn *et al.* (2012) propõem um modelo denominado mapa hexagonal, conforme ilustra a Figura 04. Os autores definem o mapeamento de 18 TAs da matemática básica para estudantes do grupo denominado K-8 de escolas norte-americanas (grupo equivalente ao período da alfabetização até a oitava série no Brasil).



**Figura 04: Representação de trajetórias de aprendizagem utilizando mapa hexagonal. Fonte: Sztan et al. (2012)**

A estrutura proposta pelos autores é fundamentada na relação entre hexágonos e distribuição de cores, que aborda as TAs através da proximidade entre os conceitos do mesmo grupo.

Sztajn *et al.* (2012) entendem que uma TA é um “corredor conceitual”, com existência de obstáculos e pontos de referência, afirmando ser possível representar de forma macro os conceitos e sua relação com o tempo. Desta forma, cada hexágono representa um conceito, sendo que aqueles que compartilham a mesma cor representam uma TA.

O fato do modelo do hexagonal se utilizar da relação entre conceitos permite uma visão macro eficiente das trajetórias de aprendizagem, uma vez que cada hexágono, por ser um conceito, pode agregar vários REs.

Por outro lado, embora os autores apresentem uma ferramenta proprietária, em que é possível clicar em um conceito (hexágono) e visualizar sua estrutura interna, o modelo não se propõe a permitir a visualização da relação dos REs de cada conceito, o que foi visualmente melhor tratado no trabalho de Ramos (2016).

O fato do modelo do hexagonal se utilizar da relação entre conceitos permite uma visão macro eficiente das trajetórias de aprendizagem, uma vez que cada hexágono, por ser um conceito, pode agregar vários REs.

Por outro lado, embora os autores apresentem uma ferramenta proprietária, em que é possível clicar em um conceito (hexágono) e visualizar sua estrutura interna, o

modelo não se propõe a permitir a visualização da relação dos REs de cada conceito, o que foi visualmente melhor tratado no trabalho de Ramos (2016).

No mesmo caminho, Canto (2015) propõe uma metodologia para modelagem de REs e suas relações conceituais, em que apresenta uma série de elementos visuais para descrever as TAs resultantes. Dentre tais elementos estão as representações das coordenadas cognitivas conceituais e as coordenadas cognitivas relacionais.

Canto (2015) propõe um diagrama esquemático ao qual apresenta três grupos, que permitem representar “pontos de chegada”, “pontos de partida” e “pontos de passagem”, sendo que a relação entre os elementos, utilizando coordenadas cognitivas, dá origem às TAs, como ilustra a Figura 05.

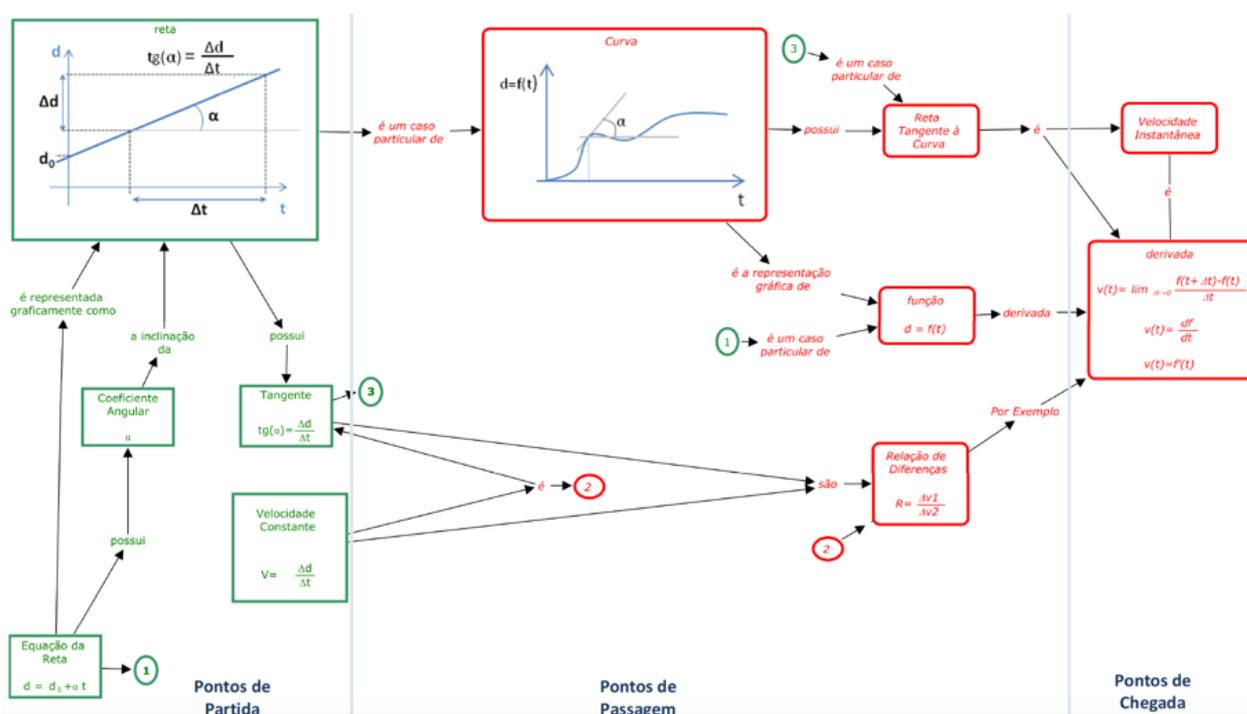
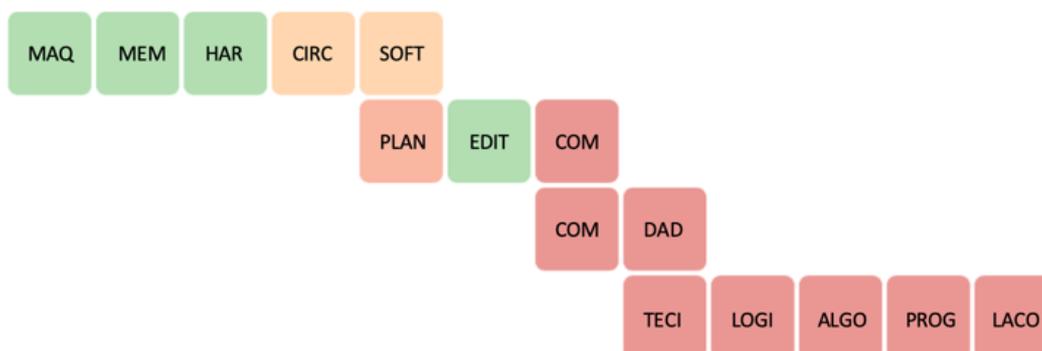


Figura 05: Modelagem utilizando metodologia PBTA/MOTRAC. Fonte: [Canto Filho 2015].

Segundo o autor, o ponto de partida é “um conjunto de conceitos e proposições presumidamente conhecidos pelo estudante”, e o ponto de chegada é “o conjunto de proposições relacionados aos objetivos educacionais” (Canto, 2015, p. 69).

Por outro lado, o Modelo Bloco Conceitual, proposto por Rocha *et al.* (2018) apresenta uma abordagem sequencial, conforme concepção ilustrada na Figura 06.

No modelo ilustrado na Figura 06, cada bloco representa um episódio de aprendizagem, ou conceito, e sua posição representa sua relação com o tempo e de dependência com subsunçores necessários para a aprendizagem.



**Figura 06: Representação de trajetória de aprendizagem usando notação BC.**  
**Fonte: (Rocha et al., 2018).**

Tal abordagem usa uma notação de leitura da esquerda para a direita e de cima para baixo em que os episódios de aprendizagem mais à esquerda em uma linha são dependências para os EAs mais à direita. Da mesma forma, existe uma relação de dependência na vertical, onde os EAs das linhas inferiores dependem, a nível de subsunção, dos EAs superiores.

As quebras de linha fazem analogia ao aspecto temporal do modelo gráfico, onde conceitos das linhas inferiores são temporalmente dispostos após os conceitos das linhas superiores.

Vale citar ainda sobre a distribuição de cores, onde a trajetória faz analogia com um mapa de calor, onde cores mais próximas do verde indicam subsunções já presentes na estrutura cognitiva do usuário (conceitos presumidamente conhecidos), e aqueles mais próximos do vermelho não estão presentes.

## 5. Considerações Finais

Este trabalho apresentou 6 modelos gráficos para representação de Trajetórias de Aprendizagem, seus pontos fortes e limitações. As diversas possibilidades para demonstrar esses caminhos percorridos pelos alunos, nem sempre são capazes de captar todos os detalhes presentes e transpor para uma identidade visual.

Os trabalhos aqui relacionados em que construções visuais foram utilizadas para modelar Trajetórias de Aprendizagem, seja utilizando gráficos e a relação com recursos educacionais, usando grafos, mapas hexagonais, a metodologia PBTA/MOTRAC ou utilizando notação BC, são tentativas que mesmo apresentando limitações são um avanço em relação ao aspecto unicamente quantitativo para identificação de tais trajetórias.

Por fim, esse trabalho teve como objetivo elencar algumas possibilidades de visualização dos caminhos percorridos fazendo-se uso de ferramentas computacionais e tendo a clareza de que com uso das representações visuais é possível uma melhor compreensão das Trajetórias de Aprendizagem.

## 7. Referencias

- Ausubel, D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. Oxford, England: .
- Canto Filho, A. B. Do (2015). MOTRAC - Modelo de Trajetórias de Aprendizagem Conceitual.
- Confrey, J., Jones, R. S. and Gianopulos, G. (2015). Challenges in Modeling and Measuring Learning Trajectories. *Measurement*
- Lima, J. V. De, Singo, F., Filho, A. C., Muller, T. and Silva, F. (2014). *Objetos de Aprendizagem Multimodais: Projetos e Aplicações*. Porto Alegre: .
- Moissa, B., Borba, E. J. De, Kemczinski, A. and Gasparini, I. (2014). Uma ferramenta de Visualização da Informação para analisar o comportamento do aluno em um ambiente e-learning e sua trajetória de aprendizagem. *Revista Brasileira de Design da Informação*, v. 11, n. 3.
- Moreira, M. A. (2012). Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente. *Aprendizagem Significativa em Revista*,
- Pelizzari, A., Kriegl, M. de L., Baron, M. P., Finck, N. T. L. and Dorocinski, S. I. (2002). Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. *Revista PEC*, v. 2, n. 1, p. 37–42.
- Ramos, D. B. (2016). Uma ferramenta baseada em grafo para identificação e visualização de trilhas de aprendizagem.
- Santana Rocha, P., Valdeni de Lima, J., Jardim, R., et al. (2018). Modelando trajetórias de aprendizagem utilizando princípios de design baseado em blocos: um estudo de caso aplicado à aprendizagem em desenvolvimento web. *RENOTE*,
- SERRAZINA, L. and OLIVEIRA, I. (2019). Trajetórias de aprendizagem e ensinar para a compreensão.
- Simbine, F. B. (2017). Comparando Roteiros Guiado e Livre nas Trajetórias de Aprendizagem. UFRGS.
- Simbine, F. B. and Lima, J. V. De (2016). Visualização Interativa das Trajetórias de Aprendizagem. . CINTED.
- Sztajn, P., Confrey, J., Wilson, P. H. and Edgington, C. (2012). Learning Trajectory Based Instruction: Toward a Theory of Teaching. *Educational Researcher*, v. 41, n. 5, p. 147–156.