

Mapas Conceituais: Instrumento de Avaliação da Aprendizagem Significativa de Estudantes de Engenharia na Disciplina de Pré-Cálculo

Bruna Cavagnoli Boff ^a

Laurete Zanol Sauer ^a

Valquíria Villas-Boas ^a

^a Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Caxias do Sul, RS, Brasil

Received for publication 1 May 2022. Accepted after review 12 Nov. 2022

Designated editor: Gabriel Loureiro de Lima

RESUMO

Contexto: Estudantes de Cálculo Diferencial e Integral, em cursos de Engenharia, evidenciam dificuldades ao lidar com o conceito de função, um dos conceitos fundamentais da Matemática Superior, com inúmeras aplicações em disciplinas dos referidos cursos. **Objetivos:** avaliar a contribuição de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para promover aprendizagem das funções polinomiais de primeiro grau, exponencial e logarítmica e avaliar a aprendizagem de estudantes de Engenharia, por meio de mapas conceituais. **Design:** Foi aplicada uma unidade de ensino potencialmente significativa de conceitos relacionados às funções: polinomial de primeiro grau, exponencial e logarítmica. A pesquisa está fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa. **Cenário e participantes:** Cinco estudantes da disciplina de Pré-Cálculo, de cursos de Engenharia de uma universidade comunitária do Rio Grande do Sul. **Coleta e análise de dados:** A coleta de dados se deu por meio de instrumentos de avaliação inicial e final, além de questionários e mapas conceituais, durante a participação dos estudantes em uma atividade extracurricular, com análise dos mapas conceituais baseada em uma adaptação da Taxonomia Topológica de Cañas e colaboradores. **Resultados:** Os resultados apontaram que a metodologia adotada tem potencial para promover a aprendizagem significativa no contexto da educação em engenharia e que os mapas conceituais são instrumentos fiáveis de avaliação da aprendizagem. **Conclusão:** é possível afirmar, que as funções polinomiais, exponenciais e logarítmicas de primeiro grau, uma vez trabalhadas de forma contextualizada, auxiliam na compreensão de diferentes conceitos e contribuem para a ocorrência de aprendizagem significativa, sempre que houver condições de aprendizagem para tal, o que requer considerar o conhecimento prévio dos alunos, além de seu interesse em aprender.

Autor correspondente: Laurete Zanol Sauer. Email: lzsauer@ucs.br

Palavras-chave: unidade de ensino potencialmente significativa. aprendizagem significativa. ensino de funções. mapas conceituais. educação em engenharia.

INTRODUÇÃO

É bem sabido que uma fração considerável de estudantes de Ensino Superior, no Brasil e em outros países do mundo, apresenta muitas dificuldades em cursos em que a Matemática é um componente curricular importante (Bigotte de Almeida, Queiruga-Dios & Cáceres, 2021; Flegg, Mallet & Lupton, 2012; Nasser, Sousa & Torraza, 2012; Nortvedt & Siqveland, 2019; Souza, da Silva & Gessinger, 2016; Van Dyken & Benson, 2019). Com a expansão do número de cursos de Engenharia no Brasil, muitos estudantes chegam à universidade sem terem desenvolvido as estruturas cognitivas necessárias em nível da Educação Básica na área da Matemática, o que leva a elevados índices de reprovação, principalmente nas disciplinas de Cálculo, além de evasão dos cursos (de Moraes & Valente, 2016; Madeira et al., 2018; Oliveira et al., 2020). Na sua maioria, estes estudantes são trabalhadores que estão em busca de qualificação profissional e aquisição de conhecimento científico, visando tornarem-se capazes de competir com êxito no mercado de trabalho (Boff et al., 2014; Reis, Cunha & Spritzer, 2012).

Aliado a isso, ainda nos deparamos com um ensino de Matemática repleto de fórmulas e expressões algébricas apresentadas prontas, sem construção de relações e significados promovendo, como consequência, aulas desestimulantes, carentes de desafios, sem atrativos e que acabam incentivando a memorização de fórmulas, que logo após as provas são esquecidas (Harris et al., 2015). Assim, como causa de dificuldades em Matemática, questiona-se, especialmente, a prática de ensinar (Peres, 2017). Nesse contexto, as novas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia (Brasil, 2019) apregoam que é necessário desenhar currículos que levem em conta a adoção de estratégias e métodos pedagógicos mais modernos e mais adequados à nova realidade global, ou seja, estratégias e métodos que propiciem ao estudante ser o ator principal de seu processo de aprendizagem. Os estudantes, por sua parte, também precisam desenvolver a importante habilidade de aprender a aprender e, para tal, o professor também precisa ter competência para auxiliá-los no aprendizado de como autorregular a aprendizagem.

Partindo de reflexões e constatações, como as que foram apresentadas, construiu-se, experimentou-se e analisou-se uma sequência didática, denominada Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), usando

situações-problemas da área de *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM), com o objetivo de auxiliar estudantes ingressantes em um curso de Engenharia a aprender funções polinomiais de primeiro grau, exponencial e logarítmica. Para buscar indícios de ocorrência de uma aprendizagem significativa por parte dos estudantes, utilizou-se mapas conceituais.

Este artigo está organizado de forma que, nas próximas seções, apresenta-se o referencial teórico, procedimentos metodológicos, resultados de aplicação da metodologia, e a análise dos mapas conceituais produzidos pelos estudantes ao vivenciarem a metodologia. Por fim, são apresentadas algumas considerações finais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Estudos realizados por pesquisadores da área da Educação, tais como, Fry, Ketteridge e Marshall (2015), Demo (2014), Carvalho (2011), Moreira (2011), Biggs e Tang (2011), Zabala e Arnau (2010), Barr e Tagg (1995) têm contribuído com a discussão de aspectos para se refletir sobre questões importantes sobre o papel da educação e formas fundamentadas de conduzir os processos de ensinar e de aprender. Esses mesmos pesquisadores sinalizam a necessidade de transformar os ambientes de aprendizagem em espaços privilegiados de articulação entre teoria e prática e de multiplicidade de vivência. Segundo as novas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia, "... o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) deve prever os sistemas de acolhimento e nivelamento, visando à diminuição da retenção e da evasão" (Brasil, 2019). Adotar abordagens holísticas, e estratégias e métodos que contribuem para uma formação por competências, sem dúvida, pode favorecer o acolhimento e a permanência dos estudantes nos cursos de Engenharia.

Um profissional ético, reflexivo e humanizado é produto de uma formação na qual este produziu sentidos e significados acerca de suas aprendizagens. Para Masini (2011), a Aprendizagem Significativa de David Ausubel é uma teoria cognitivista que considera o processo de construção do conhecimento, como um processo de compreensão, reflexão e atribuição de significados pelo sujeito, em interação com o meio social, ao constituir a cultura e por ela ser constituído. Em consonância com tal posicionamento, propôs-se, neste trabalho de pesquisa, uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) como metodologia de ensino apoiada na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

No presente referencial teórico, apresenta-se, em um primeiro momento, uma síntese da teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Em seguida, discute-se a metodologia da UEPS, de Marco Antonio Moreira, bem como as etapas para o seu desenvolvimento. Para concluir o referencial, apresenta-se a fundamentação de mapas conceituais, que é um dos instrumentos para a avaliação da aprendizagem dos estudantes.

Aprendizagem Significativa

É consenso para muitos autores que o estudante precisa ser estimulado a estudar, e a aprender a aprender (Holbrook & Rannikmae, 2007; Novak & Gowin, 1999; Pozo & Font, 1999; Villas-Boas et al., 2011). Os estudantes precisam compreender que disciplinas da área das Ciências Exatas, como Matemática, Física, Química e Biologia, ajudam a explicar o mundo em que vivem, a conhecer e a descobrir as tecnologias existentes e servem de base para tecnologias futuras.

Assim, para oferecer uma alternativa a um ensino que tradicionalmente promove uma aprendizagem mecânica, a unidade de ensino, neste trabalho de pesquisa, foi inspirada e baseada teoricamente na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel. Um dos princípios mais importantes da TAS, segundo Ausubel e colaboradores pode ser resumido na seguinte proposição:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo. (Ausubel et al., 1980)

Quando Ausubel refere-se ao que o estudante já sabe, ele está se reportando à estrutura cognitiva já construída, à organização das ideias e ao conhecimento prévio que o indivíduo traz consigo. Também se refere a aspectos da estrutura cognitiva que apoiam a aprendizagem de um novo conhecimento. Fazer a averiguação do que o estudante já sabe, não é algo simples, pois implica em desvendar quais conceitos, ideias e conhecimentos estão disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e suas inter-relações e organizações.

Esse conhecimento prévio do indivíduo é denominado por Ausubel (2003) de “subsunçor”. O subsunçor é o conteúdo cognitivo que o estudante constrói no decorrer de sua vida, capaz de exercer um papel de ancoradouro a um novo conhecimento de modo que este tenha significado para ele. Por meio

da interação dos conceitos mais relevantes da estrutura cognitiva, que são os subsunçores, com a nova informação, é que ocorre a aprendizagem significativa.

Com efeito,

o conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa, processo através do qual novas informações adquirem significado por interação (não associação) com aspectos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva, os quais, por sua vez, são também modificados durante esse processo. (Moreira, 1999, p. 26)

Em outras palavras, é a relação do novo conteúdo (conceito, ideia, proposição) com os subsunçores que o estudante possui que pode possibilitar a construção de novos conceitos.

Contudo, para ocorrer a aprendizagem significativa são necessárias duas condições. A primeira delas é dispor de material instrucional potencialmente significativo, isto é, que o material instrucional seja relacionável com a estrutura cognitiva do estudante. A condição para este material ser potencialmente significativo inclui dois fatores: a natureza do material e a natureza da estrutura cognitiva do estudante (Moreira, 2009).

A segunda condição, que talvez seja mais difícil de ser satisfeita do que a primeira, é que o estudante manifeste disposição para aprender e assim tenha interesse em relacionar o novo material à sua estrutura cognitiva. Segundo a visão de Novak e Gowin (1999), a importância da predisposição do estudante para a aprendizagem, está interligada com a integração de pensamentos, sentimentos e ações. Não se trata exatamente de gostar da matéria ou de estar motivado, o estudante deve se predispor a relacionar interativamente os novos conhecimentos aos que já possui na sua estrutura cognitiva, modificando, enriquecendo e dando significado a esses conhecimentos. Sendo assim, ele deve ter consciência de que sem compreensão não terá bons resultados na aprendizagem.

Uma forma de organização dos conceitos são as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), que transpõem os pressupostos teóricos e a prática docente. Por isso, uma UEPS pode ser entendida como uma “sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, particularmente a da aprendizagem significativa” (Moreira, 2011, p. 1).

Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)

É crescente o reconhecimento da importância do estudo da Matemática de forma estruturada, relacionando conteúdos e interagindo em situações que possibilitem a aprendizagem baseada em conceitos com significado para os estudantes. É possível compreender que uma explicação dessas condições, vinculada à metodologia da UEPS, conforme mencionado acima, segundo Moreira (2011), está na compreensão de que o ensino é meio, e a aprendizagem significativa é o fim, e que materiais de ensino que busquem essa aprendizagem devem ser potencialmente significativos.

Situações problematizadoras são indicadas como potencializadoras de aprendizagem, em atividades de ensino e de aprendizagem, para comporem sequências didáticas (SDs). Firme, Ribeiro e Barbosa (2008) destacam a importância dessas situações, por evocarem um ensino contextualizado, com situações-problema relativas a contextos reais, tanto no âmbito social como ambiental. Situações problematizadoras permitem questionamentos contextualizados e com dimensões diferenciadas como: objetivos de ensino, recursos variados, problemas reais, atividades experimentais, questões de natureza tecnológica, ambiental, sociocultural, dentre outras. Tais ações são estratégicas para desenvolver habilidades novas, com o objetivo de tornar o processo de ensinar, um instrumento de construção humana, comprometido com as necessidades da sociedade, assim como recomendam as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia (Brasil, 2019) e o INOVA Engenharia (CNI, 2006).

Estratégias de aprendizagem, utilizando SDs, entendidas como conjuntos de atividades planejadas, experimentadas e analisadas, podem constituir meios favoráveis para a aquisição de significados. Zabala (1998) destaca que para compreender o valor educacional de uma sequência didática, e as razões que a justificam, é necessário identificar suas etapas, definindo atividades e as relações que se estabelecem nesse espaço de construção. Segundo esse mesmo autor, uma SD é um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas, para a realização de objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos estudantes. Com a intenção de contribuir nesse novo cenário educacional, surge a proposta de construção de UEPS, que são SDs teoricamente fundamentadas, direcionadas para a aprendizagem não mecânica, e assim, por ambos os motivos, têm um maior potencial de êxito na ocorrência da aprendizagem significativa (Moreira, 2011).

Essas SDs possuem princípios norteadores tais como: identificação de conhecimentos prévios ou subsunçores, organizadores prévios, situações-problema, diferenciação progressiva, reconciliação integradora e consolidação.

Sendo uma SD, alguns passos sequenciais devem ser observados na construção de uma UEPS, que Moreira apresenta como:

1. Definição do tópico específico;
2. Criação e proposta de situações em que o estudante possa expressar seu conhecimento prévio;
3. Proposição de situações-problema em nível introdutório, preparando a introdução do conhecimento que se pretende ensinar;
4. Apresentação de aspectos gerais do conhecimento a ser ensinado, levando em conta a diferenciação progressiva, começando com aspectos mais gerais, com uma visão geral do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, por exemplo: uma exposição oral, seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos e complementada com uma atividade de apresentação;
5. Retomada dos aspectos mais gerais e estruturantes em uma nova apresentação em nível mais alto de complexidade;
6. Para conclusão da unidade, retomada das características mais relevantes do conteúdo em questão sob uma perspectiva integradora, em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores, buscando a reconciliação integrativa. Isso consiste no fato de relacionar conceitos e apontar similaridades e diferenças relevantes, possibilitando a descrição de uma nova realidade perceptível;
7. Avaliação da aprendizagem dos estudantes;
8. Avaliação da UEPS.

Baseando-se nos referenciais teóricos e nos princípios norteadores descritos acima, procurou-se, neste trabalho de pesquisa, elaborar uma UEPS com o tema central “Funções matemáticas na Educação em Engenharia”, abordando os conteúdos função polinomial de primeiro grau, função exponencial e função logarítmica.

De acordo com Moreira (1999), a aprendizagem associa-se a um determinado *corpus* de conhecimento, sendo que as ações de ensinar e de

aprender são caracterizadas por relações de diferentes representações sobre um mesmo conhecimento: a do professor, a do estudante e a do material de ensino. Tal aspecto evidencia o caráter complexo e dinâmico do ensino e aponta para a importância da avaliação nas suas diferentes etapas: o planejamento, o ensino propriamente dito e a avaliação final.

Mapas Conceituais

No âmbito de uma UEPS, a avaliação é entendida como a busca de evidências da ocorrência da aprendizagem significativa, devendo-se considerar que a avaliação é um processo progressivo e que não ocorre apenas ao final da sua aplicação (Moreira, 2011). Para isso, o papel do professor é o de mediador dessa avaliação, focado na captação de significados, sempre visando à aprendizagem não mecânica, e, conseqüentemente, tendo a possibilidade de êxito na ocorrência da aprendizagem significativa (Moreira, 2011).

Joseph Novak baseou-se nas ideias de David Ausubel sobre Aprendizagem Significativa para elaborar os fundamentos da utilização de mapas conceituais, em meados da década de 1970 (Novak, 2000). Segundo Moreira (2013), é evidente a potencialidade de mapas conceituais como estratégia que favorece a aprendizagem significativa em situação formal de ensino, como instrumento de avaliação da aprendizagem e de análise do conteúdo curricular.

Conceitos são essenciais para a compreensão humana e um mapa conceitual é um estruturador de conceitos. Os mapas conceituais propostos por Novak e Gowin (1999) são instrumentos para representar relações significativas na forma de proposições e, portanto, podem servir como materiais instrucionais e como instrumentos de avaliação, pois são representações externas que, de alguma forma, refletem representações internas (mentais) de quem fez o mapa (Moreira, 2011). Assim, ao elaborar um mapa, o estudante estará elucidando e explicitando seu conhecimento, ou seja, além de externar o que sabe e como sabe, aprende com o esforço intelectual de fazer esta representação (Trindade & Hartwing, 2012).

De acordo com Novak e Cañas (2008), os mapas conceituais apresentam os conceitos de forma hierárquica ligando-se secundariamente a outros conceitos estabelecendo significado entre eles. Nesse contexto, os mapas conceituais estão restritos ao uso de conceitos.

Apesar de mapas conceituais normalmente terem uma estrutura hierárquica e incluírem setas, não devem ser confundidos com organogramas ou diagramas de fluxo, pois não implicam sequência, temporalidade, nem hierarquias organizacionais ou de poder. Segundo Moreira (2012, p.1), “mapas conceituais são diagramas de significados, de relações significativas; de hierarquias conceituais, se for o caso. Mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los.” Na Figura 1, há uma exemplificação de mapa conceitual cujo assunto é a Aprendizagem Significativa.

Figura 1

Exemplo de Mapa Conceitual (Moreira, 2013)

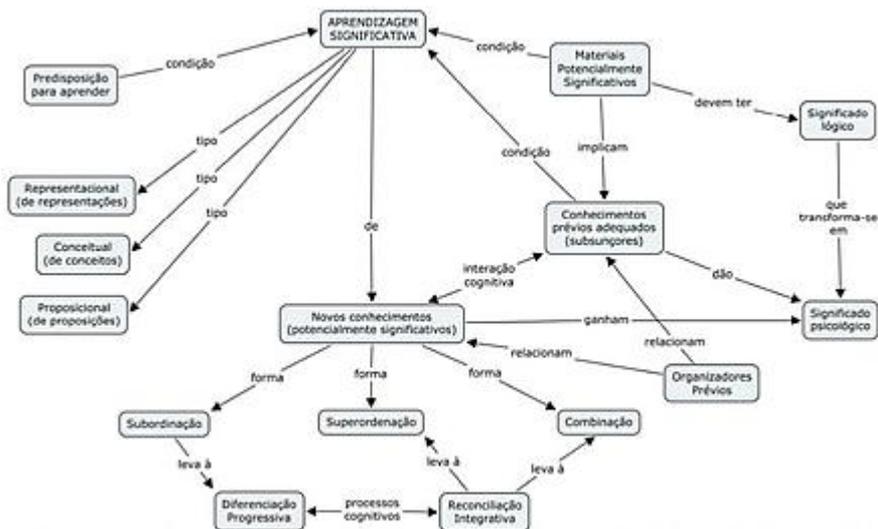


Figura 2

Estrutura de uma proposição

conceito inicial + termo de ligação + conceito final ➡ proposição

As proposições, que são as unidades fundamentais dos mapas conceituais, são constituídas pelos elementos indicados na equação da Figura 2.

A inserção obrigatória de um termo de ligação, que evidencie claramente a relação entre dois conceitos, é o que confere ao mapa conceitual sua característica fundamental da busca de significado e o difere dos demais organizadores visuais de conhecimento (Cañas et al., 2006).

Neste trabalho de pesquisa, mapas conceituais são utilizados como um dos principais métodos de avaliação. Segundo Moreira,

Como instrumento de avaliação da aprendizagem, mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento. Trata-se basicamente de uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno. É mais apropriada para uma avaliação qualitativa, formativa, da aprendizagem. (Moreira, 2012, p.5)

Como a aprendizagem significativa implica, necessariamente, na atribuição de significados idiossincráticos, os mapas conceituais, representados por professores e alunos, refletem os significados atribuídos por eles mesmos às suas ideias. Quer dizer, tanto mapas usados por professores, como recurso didático, quanto mapas construídos por alunos, como atividade de aprendizagem ou de avaliação, têm componentes idiossincráticas. Isso significa que não existe mapa conceitual “correto”. Assim sendo, o professor não deve esperar que o estudante apresente o mapa conceitual “correto” de um certo conteúdo. O que o aluno apresenta é o seu mapa e o importante não é se está certo ou não, mas se ele dá evidências da ocorrência de aprendizagem significativa.

De tudo isso, depreende-se que mapas conceituais são instrumentos de avaliação com características muito próprias e que não faz sentido querer avaliá-los como se avalia um teste de múltipla escolha ou um problema numérico. A análise de mapas conceituais é essencialmente qualitativa. O professor, ao invés de preocupar-se em atribuir um escore ao mapa traçado pelo aluno, deve se preocupar em interpretar a informação dada pelo aluno no mapa a fim de obter evidências da ocorrência de uma aprendizagem significativa.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com base em uma avaliação diagnóstica, construiu-se uma UEPS com o objetivo de propor um ambiente de ensino e aprendizagem diferenciado, que propiciasse mais engajamento por parte dos estudantes e a ocorrência de uma aprendizagem significativa. Para tanto, planejou-se situações contextualizadas para que os estudantes compreendessem a relação e a aplicabilidade da Matemática em situações rotineiras da Engenharia.

A pesquisa foi realizada com uma turma da disciplina de Pré-Cálculo, do primeiro semestre do ano de 2016, com estudantes dos cursos de Engenharia Ambiental, Engenharia Automotiva, Engenharia Civil, Engenharia de Computação, Engenharia de Controle e Automação, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Engenharia Química, de uma universidade comunitária do Rio Grande do Sul.

A pesquisa iniciou com uma turma de estudantes da disciplina de Pré-Cálculo. Esses estudantes participaram de uma avaliação diagnóstica e foram convidados a fazer parte de uma atividade, fora do horário da disciplina, onde seria desenvolvida uma UEPS sobre as funções polinomial de primeiro grau, exponencial e logarítmica. Destes, cinco se inscreveram para participar. O desenvolvimento da UEPS teve início três semanas após o início das aulas da disciplina Pré-Cálculo.

Baseada em Moreira (2011), e conforme descrito na seção do Referencial Teórico, a UEPS foi organizada em oito etapas. As etapas de 1 a 3 são as etapas de planejamento. Na etapa 2, ocorreu a aplicação da avaliação diagnóstica. As demais etapas, 4 a 8, foram realizadas duas vezes e estão resumidamente descritas na Tabela 1.

Tabela 1

Etapas 4 a 8 da UEPS e atividades realizadas em cada etapa

Encontro	Atividades realizadas
1	Etapa 4 – Função polinomial de primeiro grau - Construção de um mapa conceitual "inicial" sobre funções polinomiais de primeiro grau; Primeira situação-problema: experimento sobre a Lei de Ohm; Problemas contextualizados sobre função polinomial de primeiro grau.

2 **Etapa 5** - Função polinomial de primeiro grau - Segunda situação-problema: experimento sobre a solubilidade da ureia na água; Problemas contextualizados sobre função polinomial de primeiro grau.

3 **Etapas 6, 7 e 8** - Função polinomial de primeiro grau - Terceira situação-problema e avaliação: Experimento sobre movimento retilíneo uniformemente variado; Problemas contextualizados sobre funções polinomiais de primeiro grau; Construção de um mapa conceitual “final” sobre funções polinomiais de primeiro grau.

4 **Etapa 4** - Funções Exponencial e Logarítmica - Construção de um mapa conceitual “inicial” sobre funções exponencial e logarítmica; Primeira situação-problema: magnitude de um terremoto e magnitude de um corpo celeste; Problemas contextualizados sobre funções exponencial e logarítmica

5 **Etapa 5** - Funções Exponencial e Logarítmica - Segunda situação-problema: experimento sobre carga e descarga de um capacitor; Problemas contextualizados sobre funções exponencial e logarítmica.

6 **Etapas 6, 7 e 8** - Funções Exponencial e Logarítmica - Terceira situação-problema e avaliação - Experimento sobre o potencial hidrogeniônico de algumas substâncias; Problemas contextualizados sobre funções exponencial e logarítmica; Construção de um mapa conceitual “final” sobre funções exponencial e logarítmica.

Visando buscar evidências da ocorrência de uma aprendizagem significativa por parte dos estudantes, diferentes instrumentos de avaliação foram usados ao longo do desenvolvimento da UEPS.

No primeiro encontro destinado ao estudo de cada função, foi solicitado aos estudantes que individualmente elaborassem um mapa conceitual sobre a referida função. A elaboração dos mapas iniciais teve como objetivo avançar na identificação dos subsunçores, iniciada com a análise das respostas da avaliação diagnóstica para, ao final, utilizá-los como comparativo no processo de busca de evidências do conhecimento construído pelos estudantes após vivenciarem as atividades da UEPS. Além disso, como destacado no referencial teórico desta

pesquisa, a elaboração do mapa conceitual favorece a aprendizagem significativa por promover a expressão das relações existentes entre os conceitos presentes na estrutura cognitiva dos estudantes.

No último encontro destinado ao estudo de cada função, foi solicitado novamente que os estudantes, individualmente, elaborassem um mapa conceitual sobre o tema. Para isso receberam a mesma orientação que tiveram para a elaboração dos mapas conceituais iniciais, acrescentando-se que deveriam fazer associações do tema com os diversos assuntos abordados durante o desenvolvimento da UEPS, como experimentos, situações-problema discutidas, exercícios trabalhados e explicações promovidas pela pesquisadora. O objetivo da elaboração deste mapa conceitual foi de verificar uma possível mudança conceitual, se houve um acréscimo de significados em relação ao tema estudado e buscar evidências da ocorrência da aprendizagem significativa.

Além dos mapas conceituais, no início e ao final do estudo das funções polinomial de primeiro grau, exponencial e logarítmica, foram feitos registros das manifestações dos estudantes em relação à compreensão ou dificuldades encontradas durante a resolução das situações-problema vivenciadas na UEPS. Além desses registros, foi planejada uma avaliação final individual com questões dissertativas contextualizadas relacionadas com os fenômenos estudados. Esse processo avaliativo perpassou todas as etapas de desenvolvimento da UEPS.

Considera-se importante ressaltar a atenção dada, nesta pesquisa, ao referencial teórico que a fundamenta, no que diz respeito às atividades planejadas e realizadas durante os encontros, de acordo com as etapas de desenvolvimento da UEPS (Moreira, 2011), em particular, quanto aos organizadores prévios, aos princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa e às situações-problema. Para Moreira, "na diferenciação progressiva, ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados e, progressivamente diferenciados, ao longo do processo." Entende-se que isso é potencializado por atividades que considerem os subsunçores, como apoio à construção de novos conhecimentos.

Quanto à reconciliação integrativa, Moreira explica que o ensino deve explorar relações entre ideias, conceitos e proposições, relacionando-os, reorganizando-os e propiciando a compreensão de novos significados. Trata-se aqui, também, da recombinação dos subsunçores existentes na estrutura cognitiva. As situações-problema, por sua vez, não foram propostas na condição de exercícios de aplicação de fórmulas, mas, sim, de situações que

visavam dar a oportunidade de atribuir sentido aos conceitos, em nível crescente de complexidade, porém, nunca antes de certificar-se da boa compreensão do que foi trabalhado anteriormente.

Diante do exposto, uma avaliação do potencial da UEPS como um todo foi realizada em um último encontro. Além disso, tal potencial será considerado em função da análise comparativa dos mapas conceituais iniciais e finais de cada função, que foram produzidos pelos estudantes, além dos resultados numéricos de acertos da avaliação individual que os estudantes realizaram ao final do estudo de cada função.

Com isso, espera-se demonstrar evidências da ocorrência de aprendizagem significativa, na próxima seção.

ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, apresentam-se a análise dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes, antes e após o estudo de cada tipo de função, e como esses resultados se apresentam como evidências de que a UEPS favoreceu a ocorrência da aprendizagem significativa daqueles que participaram da sua aplicação.

Acredita-se ser importante mencionar que a avaliação diagnóstica continha questões que delineavam o perfil do estudante e questões de conhecimento matemático sobre as funções polinomiais de primeiro grau, exponencial e logarítmica. Com os resultados dessa avaliação diagnóstica, alguns subsunçores dos estudantes foram diagnosticados e considerados na elaboração das atividades que foram propostas na UEPS e a fim de contemplar os organizadores prévios. Além disso, também foi possível a obtenção de dados de perfil que permitiu se conhecer melhor os estudantes com os quais iria se trabalhar.

Os mapas conceituais iniciais e finais foram utilizados, respectivamente, para a identificação de subsunçores, já iniciada com a avaliação diagnóstica, e para evidenciar conhecimentos construídos pelos estudantes ao longo da aplicação da UEPS.

Quando se analisa um mapa conceitual, o mais importante não é se está correto ou não, mas, sim, se ele fornece evidências de que o estudante está aprendendo significativamente o conteúdo. Isto é possível observar através do número de ramificações e da qualidade como os conceitos são apresentados. Ou seja, um mapa pode apresentar apenas conceitos relevantes, interligados ou

não, bem como apresentá-los com as respectivas definições, que podem estar corretas, parcialmente corretas ou incorretas. Todas estas possibilidades são analisadas e classificadas de formas diferentes.

Além de evidenciar o conhecimento construído pelos estudantes, os mapas conceituais foram utilizados como forma de avaliar se houve alguma mudança na organização do pensamento dos estudantes e também para avaliar a efetividade da UEPS na ocorrência da aprendizagem significativa.

Para a análise dos mapas, quanto à estrutura, utilizou-se uma adaptação da taxonomia topológica proposta e validada por Cañas e colaboradores (2006). Trata-se de uma maneira de classificar e avaliar estruturalmente a diversidade de mapas conceituais através do uso de parâmetros comuns que viabilizem a medição de avanços no processo de construção de mapas.

Na análise feita dos mapas conceituais iniciais, levou-se em conta, assim como considera a taxonomia topológica, a complexidade estrutural dos mapas, que é valorizada, mesmo sem a apresentação correta dos significados de conceitos e proposições. Com isso em mente, foi possível, na análise dos mapas finais, avaliar o progresso do estudante, no decorrer do processo, iniciado com o uso de conceitos formados por poucas palavras e proposições, que, aos poucos, foi revelando o acréscimo de definições corretas, ligações cruzadas, interligações e novos conceitos.

A taxonomia topológica é composta por cinco critérios conhecidos por serem bons descritores da estrutura de um mapa conceitual: uso de descrição resumida de conceitos, termos de ligação e relação entre conceitos, grau de ramificações, a existência e a profundidade da estrutura hierárquica, e número de ligações cruzadas. Cada um desses critérios é avaliado em um nível de 0 a 6, onde 0 (zero) é o mais simples e 6 é o mais elaborado. A seguir, a descrição dos critérios, conforme foram adaptados para esta pesquisa:

- Critério C1 (uso de descrição resumida de conceitos): a habilidade de apresentar conceitos por meio de textos resumidos é um ponto de partida para a construção de estruturas cognitivas cada vez mais complexas e sofisticadas. Mapas conceituais que não apresentam conceitos podem ser classificados como sendo nível 0 (o mais baixo). No que diz respeito às funções matemáticas, que foram tema desta pesquisa, levou-se em consideração as formas algébrica, gráfica, numérica e verbal. No caso desta última, textos resumidos ou frases explicativas também são considerados.

- Critério C2 (termos de ligação e relações entre conceitos): a observação da presença ou não de termos de ligação é realizada, e não exatamente das palavras ou frases que são utilizadas. Deste ponto de vista, qualquer símbolo intencionalmente colocado no mapa para estabelecer uma relação específica entre dois conceitos deve ser interpretado como um termo de ligação.
- Critério C3 (grau de ramificações): o grau de ramificações de um mapa conceitual está associado ao número de pontos de ramificações. Um ponto de ramificação ocorre quando, a partir de um conceito ou termo de ligação, saem duas ou mais ramificações (o número exato não importa). Este critério refere-se ao número de conceitos que apresenta mais de um ponto de ramificação e não ao número de ramificações que emergem de um determinado conceito.
- Critério C4 (profundidade hierárquica): a profundidade hierárquica foi determinada contando-se o número de ligações entre o conceito raiz e o conceito mais afastado deste. Este é um critério que só tem sentido se o mapa possui pelo menos um conceito raiz.
- Critério C5 (presença de ligações cruzadas): uma ligação cruzada foi considerada se dois conceitos, que pertencem a duas ramificações associadas a pontos de ramificações diferentes do mapa conceitual, estão conectados. Uma ligação cruzada é essencialmente uma proposição entre conceitos, nenhum dos quais é o conceito raiz, geralmente localizados em diferentes setores de um mapa conceitual, e que formam um circuito fechado.

Com base nisso, para realizar a análise estrutural dos mapas conceituais, foi organizada a Tabela 2, na qual são apresentadas as relações entre critérios e os níveis dessa adaptação da taxonomia topológica.

É importante ressaltar que os níveis, para cada critério, foram adaptados pelas autoras, para este estudo, considerando os seguintes conceitos presentes no estudo de funções, de modo geral: *definição*; *variável dependente* e *variável independente*; *domínio* e *imagem*; *representação numérica*; *representação algébrica*; *representação gráfica*; *representação verbal*; *crescimento/decrescimento*; *zero(s)* e *intercepto(s)*. Além destes, dependendo da função, foram consideradas as seguintes especificidades: (i) para a função polinomial de primeiro grau: *coeficiente angular* e *coeficiente linear*; *função linear* e *função afim*; (ii) para a função exponencial: *número e*; *condições para a base e*; *assíntota(s)*; (iii) para a função logarítmica: *base e*, *outras bases*;

representação gráfica. (Anton, Bivens & Davis, 2014; Hughes-Hallett et al., 2014; Stewart, 2006).

Tabela 2

Relação entre critérios e níveis na análise estrutural dos mapas conceituais

Nível	Critério				
	C1 Conceitos	C2 Termos de ligação	C3 Grau de ramificação	C4 Profundidad e hierárquica	C5 Ligações cruzadas
0	Nenhuma associação com conceitos relacionados ao tema.	Não apresenta	Linear (0 ou 1 ponto)	Nenhuma	Nenhuma
1	Presença dos tópicos relacionados às funções em uma das formas: algébrica ou verbal, inferior a 50%.	Apresenta menos de 50%	Linear (0 ou 1 ponto)	Nenhuma	Nenhuma
2	Presença dos tópicos relacionados às funções, no mínimo de duas formas: algébrica, verbal ou gráfica, inferior a 50%.	Apresenta menos de 50%	Ramificação o baixa (2 pontos)	1 nível	Nenhuma

3	Presença dos tópicos relacionados às funções em uma das formas: algébrica ou verbal, igual a 50%.	Apresenta 50%	Ramificação o média (3 ou 4 pontos)	2 níveis	Nenhuma
4	Presença dos tópicos relacionados às funções, no mínimo de duas formas: algébrica, verbal ou gráfica, igual a 50%.	Apresenta 50%	Ramificação o alta (5 ou 6 pontos)	3 níveis	Nenhuma
5	Presença dos tópicos relacionados às funções em uma das formas: algébrica ou verbal, superior a 50%.	Apresenta mais de 50%	Ramificação o alta (5 ou 6 pontos)	4 níveis	1 ou 2 ligações
6	Presença dos tópicos relacionados às funções, no mínimo de duas formas: algébrica, verbal ou gráfica,	Apresenta mais de 50%	Ramificação o altíssima (7 pontos ou mais)	5 ou mais níveis	Mais de 2 ligações

superior a
50%.

A Tabela 3 mostra, de forma sintetizada, os símbolos representativos para cada critério e nível.

Tabela 3

Avaliação estrutural dos mapas conceituais

Nível	C1	C2	C3	C4	C5
0	NC	0	0	0	0
1	$PC_1 < 0,5$	$< 0,5$	0 – 1	0	0
2	$PC_2 < 0,5$	$< 0,5$	2	1	0
3	$PC_1 = 0,5$	1	3 – 4	2	0
4	$PC_2 = 0,5$	1	5 – 6	3	0
5	$PC_1 > 0,5$	1	5 – 6	4	1 – 2
6	$PC_2 > 0,5$	1	≥ 7	≥ 5	> 2

A Tabela 4 apresenta, na forma descritiva, os significados atribuídos a cada uma das siglas.

Tabela 4

Significado das siglas utilizadas no critério C1

Sigla	Significado
NC	Nenhuma associação com conceitos relacionados ao tema.
$PC_1 < 0,5$	Presença dos tópicos relacionados às funções em uma das formas: algébrica ou verbal, <i>inferior a 50%</i> .
$PC_2 < 0,5$	Presença dos tópicos relacionados às funções, no mínimo de duas formas: algébrica, verbal ou gráfica, <i>inferior a 50%</i> .
$PC_1 = 0,5$	Presença dos tópicos relacionados às funções em uma das formas: algébrica ou verbal, <i>igual a 50%</i> .

$PC_2 = 0,5$	Presença dos tópicos relacionados às funções, no mínimo de duas formas: algébrica, verbal ou gráfica, <i>igual a 50%</i> .
$PC_1 > 0,5$	Presença dos tópicos relacionados às funções em uma das formas: algébrica ou verbal, <i>superior a 50%</i> .
$PC_2 > 0,5$	Presença dos tópicos relacionados às funções, no mínimo de duas formas: algébrica, verbal ou gráfica, <i>superior a 50%</i> .

Quanto ao critério C2, a ausência de termos de ligação é representada por (0), a presença de metade ou menos de termos de ligação entre os conceitos por ($< 0,5$), a presença de mais da metade por ($> 0,5$) e o número (1) representa a presença de termos de ligações em todos os conceitos apresentados no mapa conceitual.

Quanto aos critérios C3, C4 e C5, como já apresentado na Tabela 2: C3 representa o número de conceitos com mais de um ponto de ramificação; C4 representa os números de ligações entre o conceito raiz e o mais afastado; e C5 representa os números de ligações cruzadas, respectivamente, presentes no mapa conceitual.

A seguir, apresenta-se a análise dos mapas conceituais construídos antes de vivenciarem a UEPS, e os mapas conceituais construídos após concluírem a UEPS. Para cada função foram selecionados os mapas de um dos estudantes para análise.

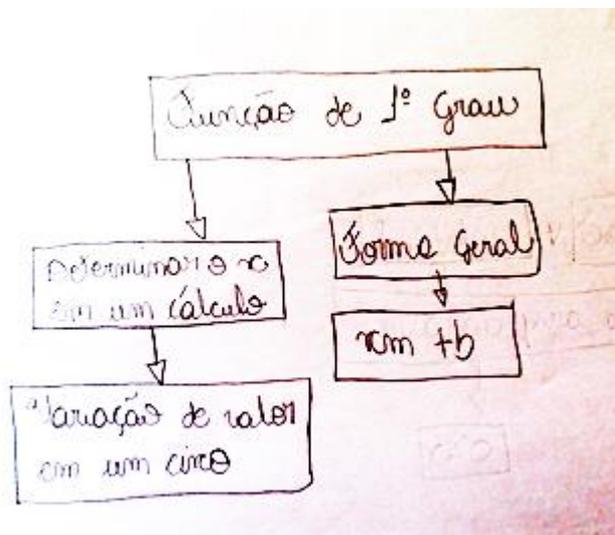
Os participantes estão sendo designados, durante a análise dos materiais por eles produzidos, como: Estudante 1, Estudante 2, Estudante 3, Estudante 4 e Estudante 5.

Mapas conceituais para a função polinomial de primeiro grau

Para o estudo da função polinomial de primeiro grau foram realizados três encontros. A primeira atividade proposta no primeiro encontro foi a elaboração dos mapas conceituais sobre a função a ser estudada. Assim sendo, na Figura 3, é apresentado o mapa conceitual inicial sobre função polinomial de primeiro grau elaborado pelo Estudante 2.

Figura 3

Mapa conceitual inicial do Estudante 2 para a função polinomial de primeiro grau



Em uma análise qualitativa deste mapa inicial, produzido pelo Estudante 2, é possível observar a presença de subsunçores, como o que denominou corretamente de "forma geral", escrevendo-a parcialmente como " $xm + b$ ". O fato de se referir à "forma geral" e representá-la, ainda que, de forma incompleta, é relevante para a aprendizagem significativa, pois trata-se de uma informação importante que pode ser levada em consideração, pelo professor, ao planejar as atividades com os organizadores prévios.

Com efeito, a falta de familiarização com a linguagem matemática, evidenciada por estudantes de graduação em Engenharia, é uma das dificuldades a serem superadas. E o Estudante 2, referindo-se à "forma geral", demonstra ter este conhecimento prévio, que vale a pena ser considerado como subsunçor nas discussões promovidas, o que foi registrado e, de fato, ocorreu durante o desenvolvimento da UEPS.

Outras expressões utilizadas na linguagem matemática, tais como "valor numérico", "interceptos", "variável", "variável dependente", "variável independente", "representação verbal", "representação algébrica", "representação numérica", "representação gráfica" ou "representação

geométrica", dentre outras, foram encontradas nesta pesquisa em outros mapas conceituais produzidos por outros estudantes. Estas são utilizadas, de modo geral, porém não são conceitos matemáticos e, conseqüentemente, poderiam ser referidas com outras palavras. Assim sendo, a sua utilização já merece ser considerada, quando se busca promover aprendizagem significativa, visto que a linguagem é fundamental para a captação de significados (Moreira, 2011).

Do ponto de vista da taxonomia topológica, a análise do mapa conceitual inicial do Estudante 2, é apresentada na Tabela 5, tendo sido baseada nos critérios apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 5

Avaliação estrutural do mapa conceitual inicial do Estudante 2

Nível	C1	C2	C3	C4	C5
0	NC	0	0	0	0
1	$PC_1 < 0,5$	$< 0,5$	0 – 1	0	0
2	$PC_2 < 0,5$	$< 0,5$	2	1	0
3	$PC_1 = 0,5$	1	3 – 4	2	0
4	$PC_2 = 0,5$	1	5 – 6	3	0
5	$PC_1 > 0,5$	1	5 – 6	4	1 – 2
6	$PC_2 > 0,5$	1	≥ 7	≥ 5	> 2

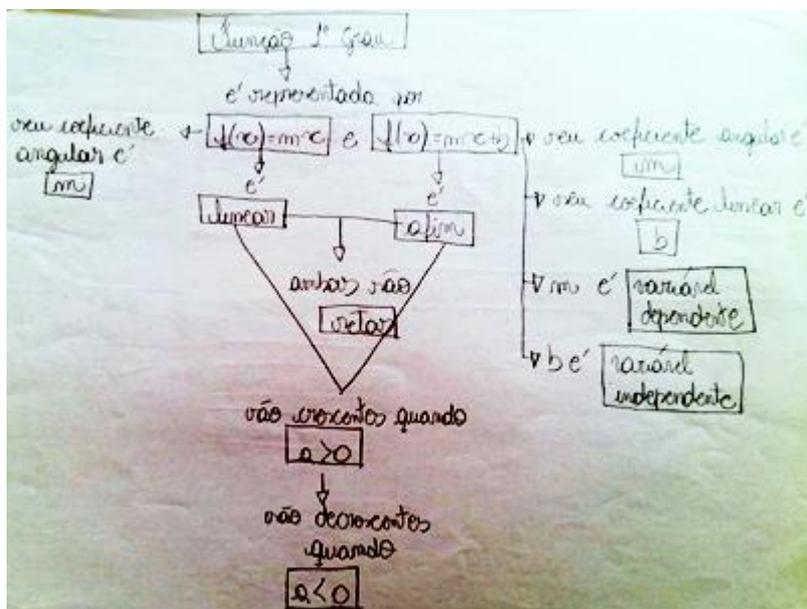
De acordo com a Tabela 5, em C1 foi marcado o nível 1, pelo fato de que o Estudante 2 apresenta menos da metade dos conceitos considerados relevantes ao assunto. No critério C2, foi marcado o nível 0, pois não há termos de ligação no mapa conceitual. Quanto ao critério C3, foi marcado o nível 1, pois o mapa apresenta somente um ponto de ramificação. Já em relação ao critério C4, o nível marcado foi 2, pois o mapa apresenta duas ligações entre o conceito raiz e o conceito mais afastado deste. Por fim, no critério C5, como não possui ligações cruzadas foram marcados todos os níveis que contêm 0.

O mapa conceitual do Estudante 2 foi classificado como de nível 1 na escala topológica utilizada para sua avaliação estrutural, tendo em vista que este foi o conceito obtido em três dos critérios.

Após vivenciar todas as atividades propostas na UEPS sobre função polinomial de primeiro grau, o Estudante 2 elaborou o mapa conceitual apresentado na Figura 4.

Figura 4

Mapa conceitual final do Estudante 2 para a função polinomial de primeiro grau



Embora o mapa final ainda apresente algumas informações equivocadas como considerar a variável independente “b” e a variável dependente “m”, ao invés de “x” e “y”, respectivamente, pode-se observar que houve atribuição de significados ao conseguir diferenciar as funções linear e afim, definições essas que nem foram mencionadas no mapa conceitual inicial produzido por este estudante. Além disso, no que tange a evidências da ocorrência de aprendizagem significativa, observa-se a diferenciação progressiva, ao escrever corretamente as formas gerais da função afim e da função linear, distinguindo-as corretamente, além de apresentar seus principais termos, também de forma correta e com os respectivos significados. Com efeito, o subsumor "Forma geral $\rightarrow xm + b$ ", apresentado pelo Estudante 2, no mapa inicial, pode ter sido o ponto de apoio para que os organizadores prévios, planejados para fazerem parte do material de estudo, servissem de ponte para a ampliação, com significado, dos conceitos relacionados às funções polinomiais

de primeiro grau. E a recombinação daqueles elementos pré-existentes na estrutura cognitiva, demonstrados ao escrever corretamente *função primeiro grau* \rightarrow representada por $\rightarrow f(x) = mx$ e $f(x) = mx + b$, destacando o significado dos termos m e b , pode ser entendida como a reconciliação integrativa. Assim, cabe ao professor, no decorrer dos estudos, promover a integração dos conceitos abordados, resolvendo diferentes questões, considerando os conhecimentos construídos, por meio das atividades propostas. A aprendizagem significativa poderá, assim, ser reconhecida, como consequência desta organização, nas atividades avaliativos promovidos pelo professor.

Na análise do mapa conceitual final, pode-se observar que o Estudante 2 apresentou mais da metade dos conceitos relevantes ao assunto, e assim, no critério C1 foi marcado o nível 5. Em relação ao critério C2, foram marcados os níveis que contêm 1 (níveis 3 a 6), pois há mais de 50% de termos de ligação no mapa conceitual. Quanto ao critério C3, foi marcado o nível 3, por apresentar três pontos de ramificação. Já em relação ao critério C4, o nível marcado foi o 4, pois, como pode-se observar, há três ligações entre o conceito raiz, função polinomial de primeiro grau, e o conceito mais distante dele. Por fim, no critério C5, como o mapa apresenta apenas uma ligação cruzada foi marcado o nível 5.

Assim sendo, considerando a taxonomia topológica, a análise do mapa conceitual final é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6

Avaliação estrutural do mapa conceitual final do Estudante 2

Nível	C1	C2	C3	C4	C5
0	NC	0	0	0	0
1	$PC_1 < 0,5$	$< 0,5$	0 – 1	0	0
2	$PC_2 < 0,5$	$< 0,5$	2	1	0
3	$PC_1 = 0,5$	1	3 – 4	2	0
4	$PC_2 = 0,5$	1	5 – 6	3	0
5	$PC_1 > 0,5$	1	5 – 6	4	1 – 2
6	$PC_2 > 0,5$	1	≥ 7	≥ 5	> 2

A combinação destes resultados, para esse estudante resultou em um mapa conceitual considerado de nível 5, uma vez que este é o nível que mais se repete.

Estudante 2, classificado como de nível 1, e o mapa final, de nível 5 fica evidenciado que houve uma aquisição de significados sobre o assunto trabalhado na UEPS e, portanto, a ocorrência de uma aprendizagem significativa.

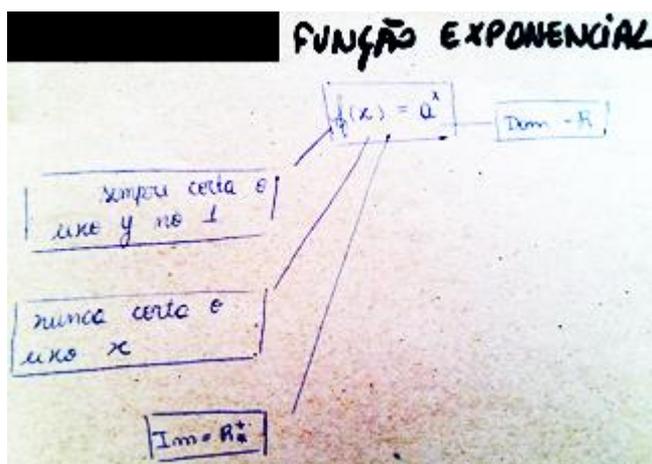
Mapas conceituais para a função exponencial

Neste ponto, é importante ressaltar que os estudantes, ao produzirem o mapa conceitual inicial sobre função exponencial já haviam estudado este conteúdo nas aulas de Pré-Cálculo e, muito provavelmente, também, no Ensino Médio.

Na Figura 5 é apresentado o mapa conceitual inicial do Estudante 5, sobre função exponencial, elaborado no primeiro encontro da UEPS que abordava este assunto e selecionado para esta análise.

Figura 5

Mapa conceitual inicial do Estudante 5 para a função exponencial



Uma análise dos elementos presentes no mapa conceitual inicial da Figura 5 revela que tudo o que foi apresentado tem alguma relação com a função exponencial, com exceção de $f(x) = a^x$, embora pareçam ser expressões sem sentido, naquele momento, para o Estudante 5, pela forma como foram

escritas. Porém, se devidamente consideradas pelo professor, como subsunçores que são, poderão facilitar o reconhecimento e a integração dos conceitos na estrutura cognitiva do estudante. Isto pode ser justificado, pois: $f(x) = a^x$ é uma expressão comumente associada à definição da função exponencial; a proposição *sempre corta o eixo y no 1* está associada à ideia de que o gráfico de tal função contém o ponto (0,1); *nunca corta o eixo x* significa que a referida função, na forma como foi escrita, não contém zero e, finalmente, $Im = \mathbb{R}^*$ está relacionada com a imagem da função, aqui apresentada de forma incorreta, quanto à notação utilizada. Além disso, não foi feita a restrição para a “base a” que, como se sabe, deve ser maior do que 1. Porém, trata-se de ideias que o Estudante 5 tinha como conhecimentos prévios e que, reconhecidas pelo professor, podem dar sentido aos conhecimentos a serem construídos.

Assim sendo, a análise deste mapa conceitual foi feita de acordo com os mesmos critérios observados na análise dos mapas sobre função polinomial de primeiro grau produzidos pelo Estudante 2, ou seja, foi baseada nos critérios apresentados nas Tabelas 2 e 3, resultando na Tabela 7.

Tabela 7

Avaliação estrutural do mapa conceitual inicial do Estudante 5

Nível	C1	C2	C3	C4	C5
0	NC	0	0	0	0
1	$PC_1 < 0,5$	$< 0,5$	0 – 1	0	0
2	$PC_2 < 0,5$	$< 0,5$	2	1	0
3	$PC_1 = 0,5$	1	3 – 4	2	0
4	$PC_2 = 0,5$	1	5 – 6	3	0
5	$PC_1 > 0,5$	1	5 – 6	4	1 – 2
6	$PC_2 > 0,5$	1	≥ 7	≥ 5	> 2

Como se pode observar na Tabela 7, no critério C1 foi marcado o nível 2, pelo fato de que o Estudante 5 apresenta menos da metade dos conceitos relevantes ao assunto. No critério C2, foi marcado o nível 0, pois não há termos de ligação no mapa conceitual. Quanto ao critério C3, foi marcado o nível 1, pois o mapa apresenta um ponto de ramificação. Já em relação ao critério C4, o nível marcado foi o 2, pois, como pode-se observar, há apenas uma ligação entre o conceito raiz, $f(x) = a^x$, e o conceito mais distante dele. Por fim, no

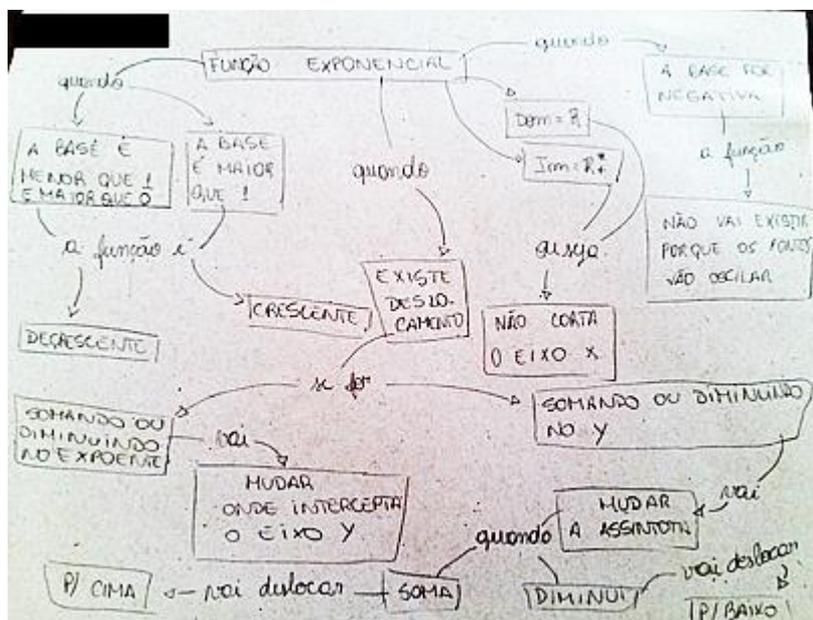
critério C5, como o mapa não possui ligações cruzadas foram marcados os níveis que contêm 0.

Pelo fato de que três dos critérios se enquadram no nível 2, este mapa conceitual foi classificado como nível 2 na escala topológica utilizada para sua avaliação estrutural.

Após vivenciar todas as atividades propostas na UEPS, o Estudante 5 elaborou o mapa conceitual final, apresentado na Figura 6.

Figura 6

Mapa conceitual final do Estudante 5 para a função exponencial



Na análise deste mapa conceitual final, pode-se observar que o Estudante 5 apresentou mais de 50% conceitos relevantes ao assunto, e assim, no critério C1, foi marcado o nível 6. Quanto ao critério C2, foram marcados os níveis que contêm 1 (níveis 3 a 6), pois há mais de 50% de termos de ligação neste mapa conceitual. Em relação ao critério C3, foi marcado o nível 5, pelo fato de o mapa apresentar 6 pontos de ramificação. No que diz respeito ao critério C4, o nível marcado foi o nível 6, pois, como se pode observar, há 6

ligações entre o conceito raiz, *função exponencial*, e os conceitos mais distantes que são *os deslocamentos do gráfico da função*. Por fim, quanto ao critério C5, como o mapa não apresenta ligações cruzadas foram marcados os níveis que contêm 0.

A Tabela 8 apresenta a avaliação correspondente a esta análise.

Tabela 8

Avaliação estrutural do segundo mapa conceitual do Estudante 5

Nível	C1	C2	C3	C4	C5
0	NC	0	0	0	0
1	$PC_1 < 0,5$	$< 0,5$	0 – 1	0	0
2	$PC_2 < 0,5$	$< 0,5$	2	1	0
3	$PC_1 = 0,5$	1	3 – 4	2	0
4	$PC_2 = 0,5$	1	5 – 6	3	0
5	$PC_1 > 0,5$	1	5 – 6	4	1 – 2
6	$PC_2 > 0,5$	1	≥ 7	≥ 5	> 2

Considerando a Tabela 8, pode-se observar que o maior número de marcações é no nível 6. Portanto, o nível definido para o mapa conceitual final produzido por este estudante foi o nível 6, o que demonstra uma grande evolução nos significados sobre o assunto abordado, quando comparado ao mapa conceitual inicial.

Na elaboração do mapa conceitual final sobre função exponencial, o Estudante 5 apresenta uma expressiva variedade de conceitos. Nesse aspecto,

[...] a quantidade de conceitos presentes em relação à quantidade pretendida pelo professor pode sinalizar se a aprendizagem está mais próxima da memorística ou mais próxima da significativa. A presença de linhas de ligação entre conceitos e as palavras adequadas para indicar a relação envolvida são sinais de que ocorreu aprendizagem significativa, demonstrando que o aprendiz percebeu a relação entre os conceitos. (NOVAK, 2000, p. 58)

Levando em consideração os principais conceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa e a elaboração do mapa final (Figura 6), não há

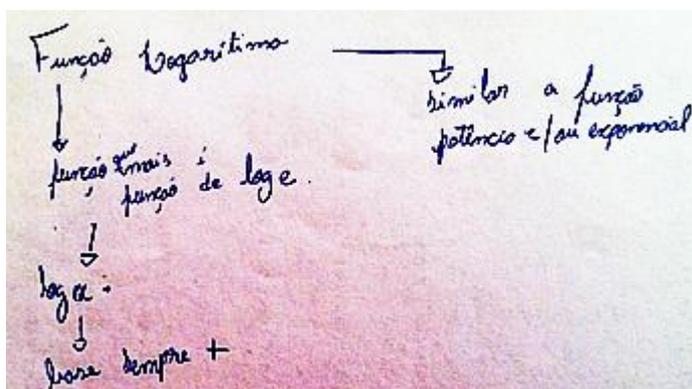
dúvida de que os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora estão presentes na estrutura cognitiva do Estudante 5.

Mapas conceituais para a função logarítmica

No primeiro encontro que abordou a função logarítmica, os estudantes elaboraram os mapas conceituais relativos a esta. Na Figura 7, é apresentado o mapa conceitual inicial elaborado pelo Estudante 3.

Figura 7

Mapa conceitual inicial do Estudante 3 para a função logarítmica



Na análise deste mapa, podem ser considerados como subsunçores: o símbolo comumente utilizado para a função logarítmica, $\log x$, o número "e", mencionado na expressão $\log e$, a expressão "base sempre +", que é associada à condição para a existência do logaritmo de um número e, ainda, a expressão "similar à função potência e/ou exponencial". Apesar da expressão "similar à função potência e/ou exponencial" ser um tanto confusa e até sem sentido, na forma como foi escrita, ela deve ser valorizada como subsunçor a ser utilizado no planejamento das atividades, a fim de que o estudante possa relacionar o que entendia, a respeito da expressão escrita, com os novos conhecimentos. O que o professor tem à disposição, nesse caso, são ideias que, se bem exploradas, por meio de organizadores prévios condizentes com os conceitos a serem construídos, poderão levar à ocorrência da aprendizagem significativa.

A Tabela 9 apresenta a análise do mapa conceitual inicial do Estudante 3 para a função logarítmica, baseada nos critérios de avaliação estrutural que se encontram nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 9

Avaliação estrutural do mapa conceitual inicial do Estudante 3

Nível	C1	C2	C3	C4	C5
0	NC	0	0	0	0
1	$PC_1 < 0,5$	$< 0,5$	0 – 1	0	0
2	$PC_2 < 0,5$	$< 0,5$	2	1	0
3	$PC_1 = 0,5$	1	3 – 4	2	0
4	$PC_2 = 0,5$	1	5 – 6	3	0
5	$PC_1 > 0,5$	1	5 – 6	4	1 – 2
6	$PC_2 > 0,5$	1	≥ 7	≥ 5	> 2

De acordo com a Tabela 9, no critério C1 foi marcado o nível 1, pelo fato de que o Estudante 5 apresenta menos da metade dos conceitos relevantes ao assunto e de que fez a apresentação dos mesmos apenas na forma verbal. No critério C2, foi marcado o nível 0, pois não há termos de ligação no mapa conceitual. Quanto ao critério C3, foi marcado o nível 1, pois o mapa apresenta apenas um ponto de ramificação. Já em relação ao critério C4, o nível marcado foi 0 e 1, pois, como se pode observar o mapa conceitual não apresenta nenhuma hierarquia. Por fim, no critério C5, como não possui ligações cruzadas foram marcados os níveis que contêm 0 (níveis de 1 a 4).

Como se pode observar na Tabela 9, o nível 0 foi marcado três vezes e o nível 1 foi marcado quatro vezes. A medida empregada para a avaliação deste mapa conceitual, foi a utilização do critério C1, pois os conceitos relativos ao assunto são parte essencial na construção de um mapa conceitual. Assim o nível definido para o mapa conceitual final produzido pelo Estudante 3 foi o nível 1.

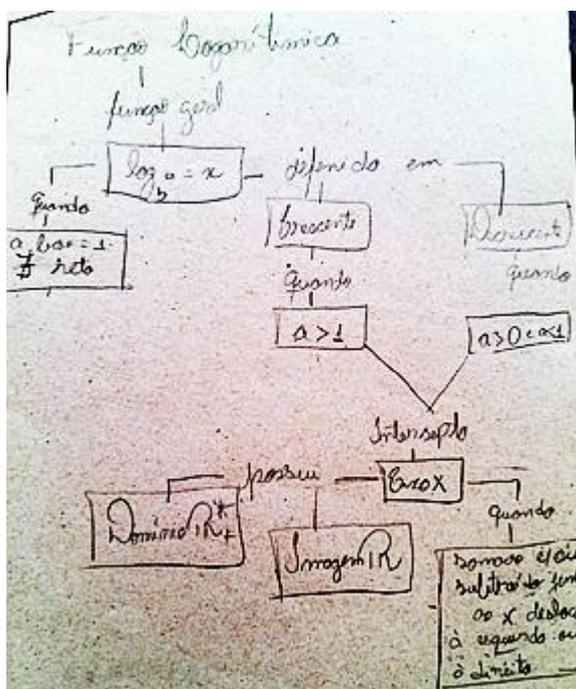
Após vivenciar todas as atividades propostas na UEPS, o Estudante 3 elaborou o mapa conceitual final sobre a função logarítmica, apresentado na Figura 8.

Na análise deste mapa conceitual final pode-se observar que o Estudante 3 apresentou mais de 50% conceitos relevantes ao assunto, e assim, em C1 foi marcado o nível 5. Quanto ao critério C2, foram marcados os níveis

que contêm 1 (níveis 3 a 6), pois há mais de 50% de termos de ligação neste mapa conceitual. Em relação ao critério C3, foi marcado o nível 3, pelo fato de o mapa apresentar 4 pontos de ramificação. No que diz respeito ao critério C4, o nível marcado foi o nível 6, pois, como se pode observar, há mais de cinco níveis entre o conceito raiz, *função logarítmica*, e os conceitos mais distantes no mapa. Por fim, quanto ao critério C5, como o mapa apresenta uma ligação cruzada foi marcado o nível 5.

Figura 8

Mapa conceitual final do Estudante 3 para a função logarítmica



A Tabela 10 apresenta o resultado desta análise.

Na Tabela 10, observa-se que o nível 5 foi considerado em três dos critérios. Então, o nível definido para o mapa conceitual final produzido por este estudante foi o nível 5, o que mostra uma grande evolução nos significados

construídos sobre o assunto abordado, quando comparado ao mapa conceitual inicial.

Tabela 10

Avaliação estrutural do segundo mapa conceitual do Estudante 3

Nível	C1	C2	C3	C4	C5
0	NC	0	0	0	0
1	$PC_1 < 0,5$	$< 0,5$	0 – 1	0	0
2	$PC_2 < 0,5$	$< 0,5$	2	1	0
3	$PC_1 = 0,5$	1	3 – 4	2	0
4	$PC_2 = 0,5$	1	5 – 6	3	0
5	$PC_1 > 0,5$	1	5 – 6	4	1 – 2
6	$PC_2 > 0,5$	1	≥ 7	≥ 5	> 2

Por fim, cabe mencionar que a avaliação inicial e a avaliação final, anteriormente mencionadas, também foram analisadas para buscar evidências de conhecimento construído pelos estudantes ao longo da aplicação da UEPS. As evidências de ocorrência da aprendizagem significativa, já constatadas na análise dos mapas conceituais, conforme apresentado anteriormente, também se revelaram na análise comparativa das avaliações inicial e final. Observou-se que houve evolução conceitual por parte de todos os estudantes participantes. Cabe, entretanto, ressaltar que a utilização de conceitos matemáticos em situações do cotidiano faz parte de um processo que requer a atenção dos professores, em todos os níveis de escolaridade. Em particular, na graduação em Engenharia, em que as aplicações dos conceitos de Matemática nas demais disciplinas do curso são abordadas e trabalhadas com ênfase na prática. Por isso, o processo de aprendizagem, no que diz respeito à interpretação e resolução de situações-problema, deve ser contínuo e deve merecer a devida atenção nas demais disciplinas do curso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da UEPS estimulou o desenvolvimento de posturas críticas e reflexivas sobre o estudo das funções matemáticas. Os estudantes tiveram a oportunidade de ser mais ativos nos seus processos de aprendizagem. Foram capazes de buscar soluções para dúvidas que surgiram no decorrer do

desenvolvimento da UEPS. Tiveram maior autonomia frente às diversas situações que foram propostas. Os estudantes, claramente, na maioria dos casos, desenvolveram e aperfeiçoaram suas habilidades de comunicação oral e escrita e de expressão gráfica.

A abordagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, por meio da UEPS, possibilitou a resolução de situações-problema contextualizadas, favorecendo, assim, a construção de conhecimento e a compreensão do mundo, como apregoam Quartieri e colaboradores (2014).

A elaboração dos mapas conceituais demonstrou a potencialidade desse recurso para auxiliar na busca de evidências da ocorrência de uma diferenciação progressiva e, conseqüentemente, da aprendizagem significativa, conforme mencionado nas análises dos mapas conceituais dos Estudantes 2 e 5, mostrados nas Figuras 4 e 6, respectivamente. Ainda que nenhum dos mapas conceituais finais tenha apresentado todos os conceitos esperados, em relação a cada uma das funções estudadas, consideramos como indício positivo a quantidade de conceitos presentes nos referidos mapas, em relação à quantidade encontrada nos mapas iniciais.

Segundo Novak (2000), o número expressivo de conceitos e ramificações utilizados em um mapa conceitual sinaliza a aproximação com a aprendizagem significativa. Além disso, Moreira (2011) enfatiza que se, na explicação do mapa, o aprendiz sobe e desce nas hierarquias conceituais, esse é um indício de reconciliação integradora e pode ser encontrado nos mapas conceituais finais, sobre a função polinomial de primeiro grau, do Estudante 2. No caso das funções exponencial e logarítmica, os mapas conceituais finais dos Estudantes 3 e 5, também atestam isso.

Os processos de ensino e aprendizagem utilizando uma UEPS – com o embasamento teórico de Moreira (2011) e os conceitos de aprendizagem significativa de Ausubel (2003) – favoreceram o desenvolvimento de novas aprendizagens.

Os resultados desta pesquisa demonstram a importância da verificação e da consideração dos conhecimentos prévios dos estudantes, como recomendam Moreira e Masini (2006), pois, a partir da averiguação destes, podem ser destacados os subsunçores presentes na estrutura cognitiva de cada estudante. Assim é que o professor consegue planejar, organizar e propor atividades que possam fazer sentido para seus estudantes, o que, de fato, ocorreu no desenvolvimento desta UEPS.

De forma geral, a aprendizagem dos estudantes participantes da UEPS foi considerada significativa, visto que os estudantes estabeleceram relações entre os conceitos estudados e os conhecimentos previamente construídos. Portanto, foi verificado que o trabalho e o material produzido atenderam às expectativas, às intenções e aos propósitos da pesquisa.

É possível afirmar, portanto, que as funções polinomiais de primeiro grau, exponencial e logarítmica, uma vez que trabalhadas de forma contextualizada, auxiliam na compreensão de diferentes conceitos e contribuem para a ocorrência de uma aprendizagem significativa, sempre que houver condições de aprendizagem para tal, o que requer a consideração dos conhecimentos prévios dos estudantes, além do interesse em aprender.

A utilização de uma UEPS possibilita ao professor uma avaliação formativa, ao longo do processo, não restringindo a uma prova final somente, favorecendo, assim, mais de uma forma de abordagem de cada conteúdo, de maneira progressiva e integradora, além de ser realizada com etapas individuais e coletivas entre estudante-estudante, estudante-classe e estudante-professor.

O processo avaliativo representou um rompimento de paradigma ao abandonar a postura tradicional de aferir resultados por meio de provas para utilizar outros elementos e instrumentos que possibilitaram aos estudantes expressar seus avanços na aprendizagem. (Hoffmann, 2019).

O tema dessa pesquisa não foi esgotado nesta discussão, o que motiva a realização de novos estudos, podendo ser adaptado e modificado conforme as características do contexto a ser considerado para sua aplicação.

DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

BCB, LZS e VVB conceberam o trabalho de pesquisa. BCB desenvolveu o trabalho de pesquisa sob rigorosa orientação e acompanhamento de LZS e VVB. BCB, LZS e VVB participaram ativamente na construção deste texto.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DOS DADOS

Os dados produzidos e que respaldam os resultados deste estudo podem ser fornecidos pelas autoras mediante solicitação.

REFERÊNCIAS

- Anton, H., Bivens, I. R. L., & Davis, S. (2014). *Cálculo*. Bookman.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. Tradução Eva Nick. Interamericana.
- Barr, R. B. & Tagg, J. (1995). From teaching to learning-A new paradigm for undergraduate education. *Change: The magazine of higher learning*, 27(6), 12-26.
- Biggs, J. B. & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university: What the student does*. Open University Press.
- Bigotte de Almeida, M. E., Queiruga-Dios, A., & Cáceres, M. J. (2021). Differential and Integral Calculus in First-Year Engineering Students: A Diagnosis to Understand the Failure. *Mathematics*, 9(1), 61. <https://doi.org/10.3390/math9010061> .
- Boff, B. C., Booth, I. A. S., Martins, J. A., & Villas-Boas, V. (2014). Núcleos de Apoio ao Ensino de Engenharia: superando dificuldades para prevenir a evasão. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*, Juiz de Fora.
- Brasil (2019). *Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia*. Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019. Diário Oficial da União.
- Cañas, A. J. et al. (2006). Confiabilidad de una taxonomía topológica para mapas conceptuales. In: *Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*. <https://cmc.ihmc.us/cmc2006Papers/cmc2006-p233.pdf> .
- Carvalho, J. G. D. (2011). *Aula de física: do planejamento à avaliação*. Livraria da Física.
- CNI (2006). *INOVA Engenharia: Propostas para Modernização da Educação em Engenharia no Brasil*. IEL. NC, SENAI. DN.
- Demo, P. (2014). Educação Científica. *Revista Brasileira de Iniciação Científica*, 1(1), 02-22.
- de Moraes, R. L. & Valente, P. S. (2016). Fundamentos de Matemática: uma análise das dificuldades apresentadas pelos ingressantes nos cursos de engenharia da Universidade Federal do Pará em 2014. *International Journal on Alive Engineering Education*, 3(1), 17-30.

- Firme, R. N., Ribeiro, E. M., & Barbosa, R. M. N. (2008). Análise de uma sequência didática sobre pilhas e baterias: uma abordagem CTS em sala de aula de química. In: *Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química*.
- Flegg, J., Mallet, D., & Lupton, M. (2012). Students' perceptions of the relevance of mathematics in engineering. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 43(6), 717-732.
- Fry, H., Ketteridge, S., & Marshall, S. (2015). *A handbook for teaching and learning in higher education: Enhancing academic practice*. Routledge.
- Harris, D., Black, L., Hernandez-Martinez, P., Pepin, B., & Williams, J. (2015). Mathematics and its value for engineering students: what are the implications for teaching? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 46(3), 321-336.
- Hoffmann, J. (2019). *Avaliação mediadora: uma prática em construção da pré-escola à universidade*. Mediação.
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347-1362.
- Hughes-Hallett, D., et al. (2014). *Cálculo e Aplicações*. Edgard Blücher.
- Madeira, V., de Lima, A. L. S., Mello, A. J. R., Melo, J. A. V. B., da Gama Afonso, H. C. A., Câmara, M. K., & Peixoto, A. (2018). The lack of preparation of students that enter engineering courses in Brazil. In: *IEEE Global Engineering Education Conference* (p. 1360-1363).
- Masini, E. F. S. (2011). Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(1), 16-24.
- Moreira, M. (1999). *A Aprendizagem significativa*. Editora da Universidade de Brasília.
- Moreira, M. A. (2006). *Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula*. Editora da Universidade de Brasília.
- Moreira, M. A. & Masini, E. F. S. (2006). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. Centauro.

- Moreira, M. A. (2009). *Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: A teoria da Aprendizagem Significativa*. Instituto de Física, UFRGS.
- Moreira, M. A. (2011). Unidades de enseñanza potencialmente significativas. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(2), 43-63.
- Moreira, M. A. (2012). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. <http://www.if.UFRGS.br/~moreira/mapasport.pdf> .
- Moreira, M. A. (2013). *Aprendizagem significativa em mapas conceituais. Texto de apoio ao professor de física*. http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n6_moreira_.pdf .
- Nasser, L., Sousa, G. A., & Torraza, M. A. (2012). Transição do ensino médio para o superior: como minimizar as dificuldades em cálculo. In *Anais do V Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*. http://sbem.iuri0094.hospedagemdesites.ws/files/v_sipem/PDFs/GT04/CC18595006768_A.pdf .
- Nortvedt, G. A. & Siqveland, A. (2019). Are beginning calculus and engineering students adequately prepared for higher education? An assessment of students' basic mathematical knowledge. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 50(3), 325-343.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1999). *Aprender a Aprender*. Plátano.
- Novak, J. D. (2000). *Aprender, criar e utilizar o conhecimento: mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas*. Plátano.
- Novak, J. D. & Cañas, A. J. (2008). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them, Technical Report IHMC CmapTools*. <https://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps> .
- Oliveira, L. D., Ramos, T. C., Carneiro, J. A., & Landi J., S. (2020). Conhecimentos de Matemática básica de graduandos nos anos iniciais de Engenharia: desafios, fragilidades e enfrentamentos possíveis. *Boletim online de Educação Matemática*, 8 (16) 134-152.
- Peres, P. (2017). Matemática: em busca de sentido. *Nova Escola. Fundação Lemann*, 31 (298), 30-37.

- Pozo, J. I. & Font, C. M. (1999). *El aprendizaje estratégico: enseñar a aprender desde el currículo*. Santillana.
- Quartieri, M. T., Giongo, I. M., Rehfeldt, M. J. H., Hauschild, C. A., Rockenbach, V. R., & Zanon, R. (2014). Estudantes da escola básica e pesquisa em Ciências Exatas: algumas possibilidades. In: *Anais do Congresso Ibero-Americano de Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação*. <https://ptdocz.com/doc/465235/estudantes-da-escola-b%C3%AAsica-e-pesquisa-em-ci%C3%A4ncias-exatas> .
- Reis, V. W., Cunha, P. J. M., & Spritzer, I. M. P. A. (2012). Evasão no ensino superior de engenharia no Brasil: um estudo de caso no CEFET/RJ. In: *Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. Editora da Abenge.
- Stewart, J. (2006). *Cálculo*. Pioneira Thomson.
- Souza, C. T., da Silva, C., & Gessinger, R. M. (2016). Um estudo sobre evasão no ensino superior do Brasil nos últimos dez anos. *Congresso CLABES*.
- Trindade, J. O. & Hartwig, D. R. (2012). Uso Combinado de Mapas Conceituais e Estratégias Diversificadas de Ensino: Uma Análise inicial das Ligações Químicas. *Química Nova na Escola*, 34(2), 83-91.
- Van Dyken, J. & Benson, L. (2019). Precalculus as a Death Sentence for Engineering Majors: A Case Study of How One Student Survived. *International Journal of Research in Education and Science*, 5(1), 355-373.
- Villas-Boas, V., Martins, J. A., Booth, I. A. S., Giovannini, O., Catelli, F., Lima, I. G., & Sauer, L. Z. (2011). Novas Metodologias para o Ensino Médio em Ciências, Matemática e Tecnologia. In: Valquiria Villas-Boas, Fernanda Miotto, José Arthur Martins (Orgs.). *Novas Metodologias para o Ensino Médio em Ciências, Matemática e Tecnologia* (p. 9-21). ABENGE.
- Zabala, A. (1998). *A prática educativa: como ensinar*. Artmed.
- Zabala, A. & Arnau, L. (2010). *Como aprender e ensinar competências*. Artmed.