

Mapas Conceituais Digitais para o Ensino e Aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral

Naíma Soltau Ferrão¹

Ana Lúcia Manrique²

GD4 – Educação Matemática no Ensino Superior

Resumo

Investigamos mapas conceituais digitais como recurso de ensino e estudo de conteúdos específicos do Cálculo Diferencial e Integral, mais precisamente da noção do conceito de derivada de uma função. Trata-se de uma abordagem qualitativa situada no campo da Educação Matemática, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e na técnica de mapeamento conceitual de Novak e Cañas. Neste relato contemplamos a revisão bibliográfica, o referencial teórico e parcialmente a metodologia.

Palavras-chave: Educação Matemática. Cálculo Diferencial e Integral. Derivada. Mapas conceituais digitais.

INTRODUÇÃO

As primeiras pesquisas na área de Educação Matemática abordando aspectos da aprendizagem matemática universitária começaram a surgir, segundo Fiorentini e Lorenzato (2006), no final dos anos 1980 quando o ensino médio e o superior ganharam a atenção dos pesquisadores, especificamente no que se refere à investigação do processo de ensino e da aprendizagem da matemática.

Estudos como os de Holton (2001) assinalam que o aumento do número e diversidade de estudantes no Ensino Superior, além de provocar mudanças no ensino da matemática estão diretamente ligados a redução do rendimento médio dos estudantes nos primeiros anos. Além disso, Holton salienta que o aumento significativo de ingressantes no nível superior não teve contrapartida proporcional no número de graduados em matemática.

Nasser (2009) afirma que temas relacionados à disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, tais como as dificuldades na aprendizagem, o baixo rendimento dos estudantes e os altos índices de reprovação e evasão dos cursos constituem-se em sérios problemas

¹Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC/SP, nsferrao@gmail.com

²Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC/SP, manrique@pucsp.br

educacionais e tem ocupado parte significativa das pesquisas recentes publicadas em eventos nacionais e internacionais na área de Educação Matemática, como os estudos de Rezende (2003), Barufi (2004), Nasser (2007, 2009), Mamona-Downs e Downs (2008), Cury (2009) e Tall (2010).

Cury (2009) e Rezende (2003) acrescentam aos fatores identificados no estudo de Holton (2001), a falta de conhecimentos prévios ou compreensão equivocada de conceitos matemáticos estudados nos níveis anteriores de ensino.

Segundo Nasser (2009) é grande a preocupação na comunidade de pesquisadores em Educação Matemática com o desempenho dos estudantes ingressantes em cursos superiores nas disciplinas que envolvem o estudo do Cálculo. Destaca ainda que este cenário é mundial e presente em todos os cursos que possuem conteúdos matemáticos na grade curricular.

Embora recentes, os estudos sobre o ensino e aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral aprofundaram reflexões, suscitaram novas indagações e resultaram em tentativas de enfrentar o problema, tais como a implantação de cursos de nivelamento para os estudantes ingressantes (FRECKI E PIGATTO, 2009), a inserção da disciplina “Pré-Cálculo” ou “Cálculo Zero” na grade curricular em algumas instituições (SANTAROSA e MOREIRA, 2011), realização de cursos *on-line* (NASSER, 2007), programas de tutoria, experiência de professores em grupo de pesquisa orientado ao ensino e à aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral com suporte de recursos computacionais (SOUZA JUNIOR, 2009, MARIN e PENTEADO, 2011), entre outras iniciativas similares para enfrentar o problema.

O presente estudo alinha-se a esta tradição de pesquisa em Educação Matemática buscando inserir-se no cenário da problemática apresentada na revisão bibliográfica e contextualizada pelas pesquisas perfiladas no referencial teórico.

ORIGEM E APRESENTAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa está relacionada a experiência como docente no Ensino Superior, mais especificamente, como professora de disciplinas que tem como conteúdo conceitos do Cálculo Diferencial e Integral em cursos presenciais e a distância.

No decorrer da trajetória acadêmica e profissional surgiram inquietações que conduziram à escolha do tema e a realização desta pesquisa. Ainda que de maneira assistemática constatei que parte das dificuldades enfrentadas pelos estudantes na aprendizagem de conceitos como limite, derivada e integral, tinham origem na falta de domínio de técnicas básicas para resolução de problemas elementares envolvendo manipulação algébrica e ausência de conhecimentos prévios suficientes. Percebi também que estudantes do ensino presencial compartilhavam as mesmas dificuldades observadas nos estudantes de cursos a distância e que estas eram independentes da área do curso, do tipo de instituição pública ou privada e até mesmo da região do país.

Estas percepções e inquietações conduziram-me a leituras, estudos e pesquisas por métodos ou ferramentas que favorecessem o processo de ensino e de aprendizagem do Cálculo e auxiliassem os estudantes a estabelecer vínculos entre os conceitos matemáticos estudados no Ensino Superior e aqueles vistos nos níveis anteriores.

Em 2011, ao ingressar no Programa de Mestrado Acadêmico em Educação Matemática da Pontifícia Universidade Católica em São Paulo (PUC-SP), conheci a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel que enfoca a aprendizagem no ambiente formal de ensino e tive contato com um projeto vinculado ao eixo de Difusão Científica do Instituto Nacional de Eletrônica Orgânica (INEO) que utiliza mapas conceituais (MCs) na difusão do conhecimento a respeito de eletrônica orgânica.

Os novos contatos, o ambiente e as inquietações resultantes da prática docente culminaram no amadurecimento desta investigação que objetiva elaborar, aplicar e analisar a utilização de mapas conceituais digitais (MCDs) no Ensino Superior como organizador do conteúdo derivada, mobilizando os conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, conforme definidos na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

No caso específico desta pesquisa, denominamos mapas conceituais digitais aqueles construídos, editados ou compartilhados por meio de um *software*³.

Segundo Novak e Cañas (2010) houve aumento no número de artigos sobre mapas conceituais relacionados a temas da Educação Matemática entre 2004 a 2008. Por outro lado, Magalhães (2009) ressalta que na área de Educação Matemática ainda são raros os trabalhos que priorizam a utilização de mapas conceituais digitais.

³ No âmbito deste estudo utilizamos o *software livre CmapTools*, disponível para *download* em <<http://cmap.ihmc.us/>>, para o desenho de MCDs.

TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) proposta por David Ausubel (1980, 2002) focaliza a aprendizagem que ocorre no contexto do ensino escolar formal ordinário e tem a aprendizagem significativa como conceito central.

Ausubel correlaciona sua teoria com a Psicologia Cognitiva e embora reconheça a importância e existência de relações entre as aprendizagens afetiva, psicomotora e cognitiva, concentra seus estudos apenas nesta última e busca explicar como aprendemos e retemos um novo conhecimento. Para ele, organizamos o conhecimento de forma hierárquica vinculando conceitos específicos sob conceitos mais gerais.

Para Ausubel a organização, clareza e estabilidade de ideias relevantes presentes na estrutura cognitiva⁴ do aprendiz em consequência de uma aprendizagem significativa ou mecânica é imprescindível para a aquisição de significados precisos e inequívocos que influenciam na capacidade de discriminar semelhanças e diferenças entre as ideias novas e as preexistentes. Vale ressaltar que Ausubel não apresenta os processos de aprendizagem mecânica e significativa como dicotômicas e sim como um *continuum*.

A aprendizagem é significativa quando um novo conhecimento interage com conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz - denominados no âmbito da TAS como subsunçores⁵. Desta interação resultam subsunçores mais estáveis, elaborados e prontos para a aquisição de novos conhecimentos (Fig.1). Se há pouca ou nenhuma interação entre a nova informação aprendida e as preexistentes, diz-se que a aprendizagem é mecânica. Neste caso, a nova informação é apenas memorizada sem interagir com conceitos subsunçores específicos.

No Cálculo Diferencial, por exemplo, conceitos como ‘variação’ e ‘função’, quando presentes na estrutura cognitiva do estudante podem servir de subsunçores para aquisição de novos conceitos como o de derivada.

Na ausência de subsunçores, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, que são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido, numa forma mais geral, inclusiva e abstrata, tendo por finalidade estabelecer uma ligação entre aquilo

⁴ Por estrutura cognitiva entende-se o conteúdo total e organizado de ideias de um dado indivíduo; ou, no contexto da aprendizagem de certos assuntos refere-se ao conteúdo e organização de suas ideias naquela área particular de conhecimento. (MOREIRA, 2006)

⁵ Subsunçor pode ser entendido como “um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva capaz de servir de âncora para a nova informação de modo que este adquira, desta maneira, significados para o indivíduo”. (MOREIRA, 2006, p. 15)

que o aprendiz já sabe e aquilo que precisa saber e, conseqüentemente, fortalecendo os aspectos relevantes da estrutura cognitiva que podem facilitar a nova aprendizagem e a retenção do novo conhecimento.

Dois princípios do processo de aquisição, armazenamento e organização de novos conhecimentos na estrutura cognitiva do indivíduo presentes na TAS nos interessam aqui: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa (Fig.1).

A **diferenciação progressiva**, segundo Ausubel (2002), se caracteriza quando um novo conhecimento se relaciona por meio de sucessivas interações com subsunçores, tornando-o novo, mais diferenciado e rico em significação.

Moreira e Mazini (1982) definem a diferenciação progressiva como um princípio programático na elaboração de conteúdo a ser ensinado de forma que as ideias mais gerais e inclusivas de uma disciplina sejam apresentadas antes e, somente depois, progressivamente diferenciadas, em termos de detalhe e especificidade. As ideias gerais e inclusivas devem ser retomadas periodicamente, pois os novos conhecimentos adquiridos apresentam diferenças e semelhanças entre si podendo gerar, algumas vezes, conflitos cognitivos. (NUNES, ALMOULOU e GUERRA, 2010)

A **reconciliação integrativa** ocorre quando a generalização de ideias ou conceitos agrupam subsunçores que antes estavam dispersos na estrutura cognitiva do indivíduo capaz de eliminar diferenças aparentes e integrar significados. Ausubel refere-se a este processo como “recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva” (MOREIRA, 2006, p.160).

A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são processos simultâneos no decorrer da aprendizagem significativa.

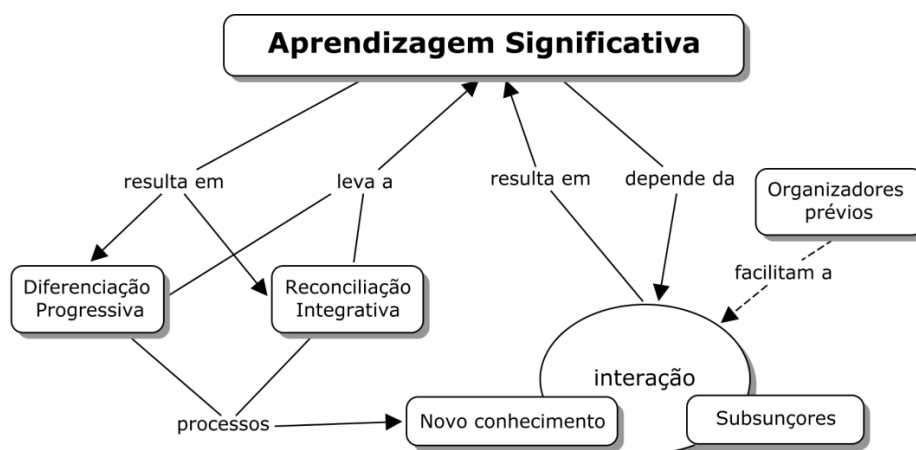


Fig.1: Conceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa relevantes para a pesquisa. Adaptado de Moreira e Buchweitz (1993).

MAPAS CONCEITUAIS: ORIGEM E CARACTERÍSTICAS

Os mapas conceituais, desenvolvidos em 1972 por Joseph Novak da Universidade de Cornell, estão fundamentados na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e tem por objetivo representar relações entre conceitos na forma de proposições⁶.

Novak e Gowin (1984) definem mapas conceituais como ferramentas gráficas para organização e representação do conhecimento. Sua representação é hierárquica de acordo com o princípio da diferenciação progressiva, na qual os conceitos mais gerais situam-se na parte superior e os conceitos mais específicos e menos inclusivos na parte inferior.

Moreira (2006) salienta que na perspectiva ausubeliana um mapa conceitual deve favorecer a leitura de suas proposições em qualquer direção (descendo ou subindo). Desta forma é possível explorar as relações proposicionais entre os conceitos, ressaltar semelhanças e diferenças, bem como possibilitar a reconciliação integrativa.

Flores (2009) afirma que mapas conceituais podem ser encontrados implícitos na estrutura do conhecimento de matemática. Novak (1984) argumenta que mapas conceituais podem auxiliar no entendimento das relações entre conceitos e sua organização no âmbito de uma aula, uma disciplina ou um curso inteiro, pois tornam claras as ideias chave nas quais tanto professores quanto alunos devem se ater em uma tarefa específica de aprendizagem.

Novak e Cañas (2010) indicam alguns passos para a elaboração de um bom mapa conceitual.

- Elaborar uma questão focal cuja resposta estará expressa no mapa conceitual a ser construído.
- Identificar os conceitos chave que se aplicam ao assunto em questão.
- Ordenar hierarquicamente os conceitos listados, do mais geral e inclusivo até o mais específico e menos geral.
- Esboçar um mapa conceitual preliminar.
- Escrever uma frase de ligação para cada par de conceitos escolhidos capaz de estabelecer relações entre eles.
- Revisar e reposicionar conceitos no mapa tantas vezes quanto se fizer necessário.

⁶ Uma proposição consiste em dois ou mais termos conceituais ligados por palavras de modo a formar uma unidade semântica. (NOVAK e GOWIN, 1984)

Por suas características e ferramentas de edição e compartilhamento, Novak e Cañas (2010) recomendam para a construção dos mapas conceituais digitais o *software CmapTools* desenvolvido no Instituto para a Cognição Humana e da Máquina (*Institute for Human and Machine Conition - IHMC*).

O *CmapTools* é um *software* livre, multiplataforma, de *interface* com o usuário bastante simples e intuitiva. Possui ferramentas para construir, navegar, compartilhar, analisar e disponibilizar mapas conceituais digitais em servidores distribuídos pela internet. Devido às características assinaladas e por possibilitar a inserção de outras fontes de informação, tais como textos, imagens, gráficos ou mesmo o direcionamento para outros mapas, é que escolhemos o *CmapTools* para a criação dos mapas conceituais digitais no âmbito desta pesquisa.

METODOLOGIA

O método a ser empregado pode ser caracterizado como hipotético-dedutivo com uma abordagem qualitativa. Sua amostragem será do tipo intencional, não probabilística e subordinada aos objetivos específicos da pesquisa que são:

- Identificar conhecimentos matemáticos obtidos pelos estudantes ao longo do processo de escolarização formal, no Ensino Fundamental e Médio, que guardam íntima relação com os conceitos de derivada ensinados nos cursos universitários.
- Elaborar mapas conceituais digitais sobre o conceito de derivada
- Aplicar e analisar a utilização dos mapas conceituais digitais como ferramenta de apoio ao processo de ensino e aprendizagem do cálculo para estudantes universitários de cursos da área de exatas.

Nesta pesquisa pretendemos combinar procedimentos qualitativos distintos e complementares numa estratégia de triangulação metodológica no sentido referido por Flick (2005). Até o momento definimos como parte do conjunto metodológico a entrevista direta com os estudantes que participarão da amostra, e, a análise dos mapas conceituais digitais desenhados por estes mesmos estudantes, antes e depois de expostos ao mapa conceitual digital criado pela pesquisadora para servir de referência.

Os processos indicados por Novak e Cañas (2010) para o desenho de mapas conceituais devem necessariamente integrar o escopo metodológico da pesquisa, uma vez

que será necessário apresentá-los aos estudantes participantes da amostra, bem como utilizá-los diretamente para a criação do mapa conceitual digital de referência.

Os procedimentos ora expostos não tem o propósito de criar apenas redundâncias metodológicas e sim buscar a complementaridade de uns com os outros. Desta forma, espera-se que cada procedimento possa suprir os demais naqueles aspectos que algum deles não seja capaz de ressaltar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os mapas conceituais digitais podem ser utilizados nas mais diversas áreas e em todos os níveis de escolaridade.

Durante a revisão bibliográfica, verificamos que as pesquisas atuais se limitam a aplicação dos mapas conceituais para análise e avaliação da aprendizagem. Sua construção é feita quase sempre pelos alunos e o uso de suporte computacional para o desenho dos mapas ainda é incipiente e pouco explorado.

Espera-se que os resultados desta pesquisa contribuam para a divulgação dos mapas conceituais digitais como recurso de ensino para professores e de estudo para os aprendizes no Ensino Superior. Além disso, visamos indiretamente contribuir para mostrar relações e estreitar a distância entre a matemática do nível médio e superior.

Até a data limite para a submissão desse artigo, ainda não havíamos realizado nenhuma incursão no campo experimental, nem definido o grupo de estudantes da amostra. No momento, estamos em fase de elaboração do mapa conceitual de referência.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana. 1980.

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2002.

CANDIDO, C.C.; BARUFI, M.C.B.; MONTEIRO, M.S. Dificuldades no ensino/aprendizagem de Cálculo. In: VII Encontro Paulista de Educação Matemática – EPEM. São Paulo: *Anais do VII EPEM*, 2004. Disponível em <<http://www.sbempaulista.org.br/epem/anais/gt.html>>. Acesso em 10/09/2012.

CURY, H. N. Pesquisas em análise de erros no ensino superior: retrospectiva e novos resultados. In: FROTA, M. C. R.; NASSER, L. (org.). *Educação Matemática no Ensino Superior: pesquisas e debates*. Recife: SBEM, 2009. p. 223-238.

FIorentini, Dario; LOrenzato, Sérgio. Tendências temáticas e metodológicas da pesquisa em educação matemática. In: FIorentini, Dario; LOrenzato, Sérgio. *Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos*. Coleção Formação de Professores. Campinas: Autores Associados, 2006.

FLICK, U. Triangulation in Qualitative Research. In: Flick, U., E. V. Kardorff, e I. Steinke (eds.). *A Companion to Qualitative Research*, Sage, p. 178-183, 2005.

FLORES, R. P. Concept mapping: an important guide for the mathematics teaching process. In: AFAMASAGA-FUATA'I, K. (ed.). *Concept mapping in mathematics: research into practice*. New York, NY: Springer, 2009, p. 259- 277.

FRESCKI, F. B.; PIGATTO, P. Dificuldades na aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral na Educação Tecnológica: proposta de um Curso de Nivelamento. In: *I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*. Ponta Grossa, 2009

HOLTON, D. .The Teaching and Learning of Mathematics at University Level. In: *New ICMI Study Series: Kluwer Academic Publishers*, 2001. Vol.7

MAGALHÃES, André Ricardo. *Mapas conceituais digitais como estratégia para o desenvolvimento da metacognição no estudo de funções*. 2009. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUCSP.

MAMONA-DOWNS, J. e DOWNS, M. L. N. Advanced mathematical thinking and the role of mathematical structure. In: ENGLISH, L. D.. *Handbook of International Research in Mathematics Education*. 2. ed. New York: Routledge, 2008, p.154-172.

MARIN, D.; PENTEADO, M. G. Professores que utilizam tecnologia de informação e comunicação para ensinar Cálculo. São Paulo: *Educação Matemática Pesquisa*, v.13, n.3, 2011, p.527-546.

MOREIRA, M.A e MASINI, E. *Aprendizagem significativa - a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

MOREIRA, M.A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília, Editora da UnB, 2006.

MOREIRA, M.A. e BUCHWEITZ, B. *Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

NASSER, L. Uma pesquisa sobre o desempenho de alunos de calculo no traçado de gráficos. In: FROTA, M.C.R. e NASSER, L. (org.). *Educação Matemática no Ensino Superior. Pesquisas e Debates*. Recife: SBEM, 2009. p.43-58.

NASSER, L.. Ajudando a superar obstáculos na aprendizagem de cálculo. In: IX Encontro Nacional de Educação Matemática, 2007, Belo Horizonte. Anais do IX Encontro Nacional de Educação Matemática. Belo Horizonte - MG : SBEM, 2007.

NOVAK, J. D., & D. B. GOWIN. *Learning How to Learn*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1984.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa*. Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan.-jun. 2010.

NUNES, J.M.V.; ALMOULOU, S.A; GUERRA, R.B.. O Contexto da História da Matemática como Organizador Prévio. *Bolema. Boletim de Educação Matemática* (UNESP. Rio Claro. Impresso), v. 23, p. 535-561, 2010.

REZENDE, Wanderley Moura. O ensino de Cálculo: dificuldades de natureza epistemológica. In Machado, N.; Cunha, M.(org.) *Linguagem, Conhecimento, Ação, ensaios de epistemologia e didática*. Escrituras. São Paulo. 2003. Disponível em <www.nilsonmachado.net/lca19.pdf>. Acesso em 20/08/2012

SANTAROSA, M. C. P.; MOREIRA, M. A.. O Cálculo nas aulas de Física da UFRGS: um estudo exploratório. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, p. 317-351, 2011.

SOUZA JÚNIOR, A. J; MEYER, J. Tecnologias da Informação e Comunicação na Universidade: A Produção Coletiva dos Professores de Matemática. In: FROTA, M.C.R. e NASSER, L. (org.). *Educação Matemática no Ensino Superior Pesquisas e Debates*. Recife: SBEM, 2009.

TALL, D. A sensible approach to the Calculus. In: *Plenary at The National and International Meeting on the Teaching of Calculus*. Puebla, Mexico: September, 2010a. Disponível em < <http://homepages.warwick.ac.uk/staff/David.Tall/pdfs/dot2010a-sensible-calculus.pdf>>. Acesso em 10/09/2012.