

# Ensino de equações diferenciais ordinárias em cursos de Engenharia Mecânica

---

RIEUSE LOPES PINTO<sup>1</sup>

GABRIEL LOUREIRO DE LIMA<sup>2</sup>

## Resumo

*Apresentamos por meio deste artigo a pesquisa de doutorado que estamos desenvolvendo com o propósito de discutir o ensino e a aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias lineares de 1ª e 2ª ordens em um curso de Engenharia Mecânica, sob a ótica da Matemática no Contexto das Ciências. A partir da análise de livros didáticos utilizados como referências principais nas disciplinas não matemáticas do referido curso, conduzida por meio da etapa central da metodologia Dipcing, inserida em uma das fases da MCC, a curricular, elaboraremos uma coletânea de situações da Engenharia Mecânica que mobilizam EDO lineares de 1ª e 2ª ordens. Essas aplicações das EDO servirão de base para a construção de uma sequência de ensino contextualizando esse conteúdo matemático na Engenharia Mecânica. Tal sequência será aplicada e analisaremos os possíveis ganhos, em termos de aprendizagem, trazidos pela atividade.*

**Palavras-chave:** Ensino Superior; Matemática no Contexto das Ciências; Engenharia; Equações Diferenciais.

## Abstract

*We present through this article the doctoral research that we are developing with the purpose of discussing the teaching and learning of the Ordinary Differential Equations of the 1st and 2nd linear order in a Mechanical Engineering course, from the perspective of Mathematics in the Context of Sciences. Based on the analysis of textbooks used as main references in the non-mathematical subjects of the mentioned course, conducted through the central stage of the Dipcing methodology, inserted in one of the phases of the MCC, the curricular, we will elaborate a collection of situations of the Mechanical Engineering that mobilize linear EDO of 1st and 2nd order. These applications of EDO will serve as the basis for the construction of a teaching sequence contextualizing this mathematical content in Mechanical Engineering. Such sequence will be applied and we will analyze the possible gains brought by it, in terms of learning.*

**Keywords:** Higher Education; Mathematics in the Context of Science; Engineering; Differential Equations.

## Introdução

Como professores de Cálculo em cursos de Engenharia, temos percebido que os estudantes realizam, com certo êxito, manipulações algébricas em atividades envolvendo conceitos da Matemática, porém sem atribuir significados a eles. Nesse contexto, ao refletirmos sobre os processos de ensino e de aprendizagem do Cálculo,

---

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Montes Claros. Doutoranda do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática – rieuse.lobes@unimontes.br.

<sup>2</sup> Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática – gllima@pucsp.br.

consideramos ser importante voltarmos nossa atenção ao objeto matemático Equações Diferenciais Ordinárias, visto que, muitas vezes, sua abordagem enfatiza as técnicas em detrimento da compreensão.

Um dos autores deste artigo, em sua dissertação de mestrado (PINTO, 2014), com o intuito de contribuir para o desenvolvimento da prática pedagógica no tratamento de conceitos fundamentais do Cálculo Diferencial e Integral, em particular, função e suas derivadas, realizou uma investigação, na perspectiva da pesquisa qualitativa. Seu objetivo foi compreender as possíveis contribuições trazidas para o desenvolvimento do pensamento matemático de discentes por discussões realizadas por grupos de estudantes referentes ao estudo sobre funções e suas derivadas, considerando o uso de definições matemáticas, utilizando um software de representação gráfica dinâmica.

A análise realizada por Pinto (2014) fundamentou-se na compreensão das definições matemáticas presentes na comunicação matemática dos estudantes, sujeitos da pesquisa, em relação ao tema funções e suas derivadas, no desenvolvimento de uma sequência de atividades complementares às aulas do professor regente, e nas interações que aconteceram durante as apresentações de grupos em um seminário, utilizando o *software* GeoGebra. Os acontecimentos foram interpretados sob a ótica do pensamento matemático avançado, tomando como referência os estudos de Tall (1991) e Vinner (1991). Foram utilizados os construtos imagens conceituais e definições conceituais – pessoal e formal – para realizar uma análise a respeito da compreensão dos estudantes sobre funções e suas derivadas com ênfase no uso de definições matemáticas.

Após a conclusão do mestrado, Pinto continuou interessada em investigar os processos de ensino e de aprendizagem de conceitos do Cálculo, o que a levou ao doutorado em Educação Matemática. Em sua tese em desenvolvimento, cujas ideias iniciais são apresentadas no presente artigo, direciona sua atenção ao ensino e à aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias (EDO) lineares de 1ª e 2ª ordens na graduação em Engenharia Mecânica.

Em nossa prática pedagógica, como professores de Cálculo Diferencial e Integral, vimos observando de forma empírica dificuldades relacionadas à aprendizagem e aplicação das EDO no contexto das Engenharias. Um dos fatores observados, que possivelmente contribui para o recorrente fracasso dos estudantes nessa disciplina, é a falta de esclarecimento dos objetivos da mesma em suas formações, ou seja, os

estudantes não estão convencidos do porquê estudar Cálculo, e isso gera desmotivação. Assim, a frequente desconexão com que os conceitos do Cálculo são trabalhados em relação às suas aplicações na Engenharia, tem se tornado um conflito diário para os estudantes.

Para investigar essa problemática, temos recorrido, como embasamento teórico, à *Matemática no Contexto das Ciências* (MCC).

## **1 A Matemática no Contexto das Ciências (MCC)**

A MCC foi desenvolvida pela pesquisadora Patrícia Camarena para fundamentar discussões a respeito do ensino de Matemática em cursos superiores nos quais essa ciência não é uma meta por si mesma, ou seja, em cursos que não visam à formação de matemáticos. Essa teoria começou a ser desenvolvida há mais de trinta anos no Instituto Nacional Politécnico do México por meio de investigações que visavam desenvolver currículos de Matemática efetivamente adequados à formação de engenheiros.

Conforme expõe Camarena (1987), a ciência no contexto é uma estrutura teórica que reflete sobre a ligação que existe entre as diferentes áreas do conhecimento contempladas nos programas acadêmicos das engenharias. O pressuposto filosófico educacional dessa teoria é que o estudante deve ser capaz de fazer a transferência de conhecimentos das ciências para áreas que exigem competências profissionais. Por meio da MCC, busca-se refletir a respeito do vínculo entre a Matemática e outras ciências, situações profissionais e atividades cotidianas.

Pela perspectiva da *Matemática no Contexto das Ciências*, a Matemática a ser ensinada aos estudantes deverá levá-los a atuar de maneira racional, lógica e analítica, considerando todas as variáveis envolvidas nos problemas e situações que deverão ser enfrentados em suas atividades profissionais (CAMARENA, 1987). A MCC tem sido empregada para fundamentar estudos que mostram a importância de uma aprendizagem significativa e contextualizada em cursos de Engenharia (CAMARENA, 1984, 1987, 1990, 2002).

Essa teoria concebe o ambiente de aprendizagem como um sistema onde cinco fases estão presentes: cognitiva, didática, curricular, epistemológica e docente. Cada fase possui um embasamento teórico e uma metodologia específica, em concordância com os paradigmas que a sustentam. Estão imersas em um sistema complexo onde cada uma

delas interage, além de não estarem isoladas umas das outras e nem serem independentes das condições sociológicas dos atores do processo educativo.

Na fase curricular, o pesquisador tem como objetivo principal o planejamento de programas de ensino de Matemática específicos para os diferentes cursos de graduação por meio da metodologia *Dipcing* (**D**iseño de **p**rogramas de estudio de matemáticas em **c**arreras de **i**ngeniería), (CAMARENA, 2002). Essa metodologia fundamenta-se no paradigma educativo de que as disciplinas matemáticas deverão munir os graduandos de conceitos e ferramentas específicas à sua formação e também, posteriormente, aos seus cotidianos profissionais. Na fase didática, a finalidade é trabalhar os conceitos matemáticos com os alunos de forma a auxiliá-los no desenvolvimento de habilidades em transferir tais conceitos para áreas específicas. Na fase cognitiva, são analisados os possíveis ganhos trazidos ao futuro engenheiro por uma abordagem de Matemática que busque proporcionar a construção de conhecimentos de forma estruturada, articulada e não fragmentada, desenvolvendo habilidades de pensamento por meio de reflexões relacionadas a situações de interesse dos estudantes, possivelmente proporcionando uma aprendizagem significativa. Na fase epistemológica, a preocupação central é a de que a Matemática que os alunos aprenderam deverá sofrer transformações para adaptar-se às necessidades sociais de outras ciências, entrando em jogo a ideia de Transposição Contextualizada (CAMARENA, 2001). Na fase docente, o objetivo é desenvolver formações que possam aperfeiçoar a prática dos professores universitários que ministram disciplinas matemáticas em cursos voltados à formação de não matemáticos.

Em nossa pesquisa de doutorado, pretendemos contextualizar o ensino das Equações Diferenciais Ordinárias na perspectiva da MCC, que indica estratégias didáticas específicas para o ensino de Matemática, e, conseqüentemente, de Cálculo, a futuros engenheiros.

Assim, visando tornar mais significativa a aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias lineares de 1ª e 2ª ordens para os estudantes dos cursos de Engenharia Mecânica, temos por propósito elaborar uma experiência de ensino por meio de atividades contextualizadas no âmbito desta modalidade de Engenharia.

A seguir tecemos algumas considerações a respeito da importância de pesquisas referentes aos processos de ensino e de aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias.

## **2 Por que estudar o ensino e a aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias?**

O ensino de Equações Diferenciais vem sofrendo algumas transformações ao longo das últimas décadas e a forma tradicional de ensino desse conteúdo tem sido articulada com outras estratégias que visam dinâmicas diferentes nos processos de ensino e de aprendizagem. Nesse contexto, dentre as primeiras leituras de nossa revisão bibliográfica, destacamos as pesquisas de Camarena (1987), Javaroni (2007) e Dullius (2009) que desenvolveram investigações objetivando efetivamente aperfeiçoar os processos de ensino e de aprendizagem das Equações Diferenciais. Para esses pesquisadores, a estratégia predominante de ensino desse conteúdo enfatiza métodos e técnicas de resolução analítica com um enfoque essencialmente algébrico, o que pode não ser suficiente para uma aprendizagem significativa.

A partir de nossas leituras e de nossa experiência profissional, constatamos a importância da pesquisa sobre os processos de ensino e de aprendizagem das Equações Diferenciais nos cursos de Engenharia, especialmente as Equações Diferenciais Ordinárias (EDO) lineares.

Possibilitar ao futuro engenheiro as interpretações das soluções de EDO e a aplicação de modelos matemáticos em suas áreas específicas de conhecimento são ações tão importantes quanto muni-los de técnicas de resolução desse tipo de equações, uma vez que tais ações podem favorecer o desenvolvimento de habilidades de análise e interpretação que são inegavelmente essenciais aos engenheiros. Por esse motivo, é necessário elaborar materiais didáticos que contemplem mais do que procedimentos algorítmicos.

Conforme ressalta Camarena (1987), a ênfase em técnicas de resoluções analíticas e ausência de situações visando refletir a respeito dos resultados obtidos tem reflexos negativos na aprendizagem de EDO por graduandos em Engenharia. Os estudantes percebem a Matemática como uma série de procedimentos definidos, em detrimento de uma efetiva compreensão dos conceitos estudados e de sua relevância para aplicações no contexto de cada modalidade de Engenharia; automatizam um processo para resolver uma equação diferencial, mas não compreendem seu significado, seu desenvolvimento e os resultados obtidos; em geral, apenas repetem mecanicamente o que é mostrado pelo professor ou abordado no livro didático.

Ressaltamos a importância, a partir de pesquisas como, por exemplo, as desenvolvidas por Camarena, de se definir o verdadeiro objetivo das disciplinas matemáticas nos cursos de Engenharia, pois muitas vezes as habilidades desenvolvidas e as competências construídas durante a graduação por meio das disciplinas da área de Matemática não correspondem à formação esperada para um futuro engenheiro.

Diante do que foi apresentado, propomos as seguintes questões como norteadoras de nossa pesquisa: (1) Como as Equações Diferenciais Ordinárias lineares de 1ª e 2ª ordens são mobilizadas nas disciplinas não matemáticas de um curso de graduação em Engenharia Mecânica? (2) Quais as contribuições trazidas para a aprendizagem de graduandos em Engenharia Mecânica por uma sequência de ensino constituída por atividades que contextualizam as EDO nessa modalidade de Engenharia?

A partir dessas questões, estabelecemos os seguintes objetivos:

- Discutir sobre aspectos epistemológicos e didáticos referentes aos processos de ensino e de aprendizagem das EDO;
- Analisar a mobilização das Equações Diferenciais Ordinárias lineares de 1ª e 2ª ordens, em livros didáticos utilizados como referências básicas em disciplinas não matemáticas presentes no currículo de um curso de Engenharia Mecânica;
- Desenvolver, a partir da elaboração de uma coletânea de situações presentes em disciplinas não matemáticas do curso de Engenharia Mecânica nas quais as EDO lineares de 1ª e 2ª ordens são mobilizadas, uma sequência de ensino para esse objeto matemático contextualizada na referida modalidade de Engenharia;
- Analisar as possíveis contribuições trazidas por essa sequência de ensino para o aprendizado de EDO lineares de 1ª e 2ª ordens por graduandos em Engenharia Mecânica.

Passemos então a apresentar considerações a respeito dos procedimentos metodológicos empregados nesta pesquisa de doutorado em desenvolvimento.

### **3 Procedimentos metodológicos**

A investigação em andamento caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, cujos pressupostos básicos são o aprofundamento intensivo, a compreensão do fenômeno e a possibilidade de ações mais adequadas ao estudo que está sendo realizado. A pesquisa qualitativa objetiva obter dados descritivos conseguidos por meio

de uma participação ativa entre o investigador, sujeitos e objetos de pesquisa; enfatiza muito mais o processo que o produto, ocupando-se dos fenômenos cujos significados procuram-se captar e compreender.

Para Bogdan e Biklen (1994, p. 47), a expressão *investigação qualitativa* é definida “como um termo genérico que agrupa diversas estratégias de investigação que partilham determinadas características” e observam que “nem todos os estudos considerados qualitativos patenteiam essas características com igual eloquência”. Os autores enumeram cinco características fundamentais das pesquisas qualitativas e, afirmam que não é necessário que a pesquisa atenda a todas as características, ou mesmo, a maioria delas. Segundo os autores, tais características fundamentais são:

1. Na investigação qualitativa, a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal;
2. A investigação qualitativa é descritiva;
3. Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos;
4. Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva;
5. O significado é de importância vital na abordagem qualitativa.

(BOGDAN e BIKLEN, 1994, p. 47)

Assim, devido à natureza de nosso estudo, a pesquisa qualitativa proporciona um caminho que permite uma extensa gama de possibilidades da utilização de diversos procedimentos e instrumentos de coleta de dados, considerando não só os seus objetivos, como também os instrumentos de coleta de dados que pretendemos utilizar.

Como uma primeira etapa de nossa pesquisa, realizaremos uma análise dos conteúdos matemáticos que são mobilizados pelas disciplinas não matemáticas de um curso de Engenharia Mecânica. A coleta e análise de dados para essa investigação inicial serão fundamentadas por meio da etapa central da *Dipping* que, conforme já destacamos, é uma metodologia própria da fase curricular da MCC. Essa etapa central se baseia na investigação de livros textos ou de referências bibliográficas mais utilizadas nas disciplinas básicas, específicas e profissionalizantes da Engenharia em questão. De acordo com Camarena (2002) e Camarena (2010), essa metodologia se desenvolveu em

torno da premissa de que, em um curso de graduação que não vise à formação de matemáticos, as disciplinas de Matemática devem possuir programas objetivos, construídos sobre bases objetivas, de tal forma que seja clara para o docente a justificativa da presença de cada tema matemático no programa curricular.

Essa etapa será fundamental para elaborarmos uma coletânea de situações da Engenharia Mecânica nas quais as EDO lineares de 1ª e 2ª ordens são mobilizadas. São tais situações que, posteriormente, servir-nos-ão de base para a construção de uma sequência de ensino contextualizada na modalidade supracitada de Engenharia para o trabalho com esse conteúdo matemático enfocado nesta pesquisa.

Antes, no entanto, de dar início às análises dos livros das disciplinas não matemáticas de um curso de Engenharia Mecânica, visando refinar a problemática da investigação em desenvolvimento, estamos realizando um levantamento de dissertações e teses sobre o ensino e a aprendizagem de Equações Diferenciais, na perspectiva da Educação Matemática.

Por meio desse levantamento, que está sendo realizado em diferentes bases, como, por exemplo, o Banco de Teses da CAPES, temos o propósito de conhecer, com profundidade, alguns dos estudos já desenvolvidos relativos a esse tema. Este movimento possibilitará a percepção de tendências e das contribuições destes estudos para a produção de conhecimento acerca do ensino e da aprendizagem das Equações Diferenciais que, certamente nos auxiliarão no desenvolvimento de nossa pesquisa.

A seguir, trazemos considerações a respeito das obras que já analisamos em uma primeira parte dessa revisão bibliográfica.

#### **4 Algumas pesquisas sobre o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias**

Dentre as pesquisas realizadas sobre o ensino e a aprendizagem de Equações Diferenciais, destacamos algumas que abordam a aprendizagem da aplicação das Equações Diferenciais Lineares de 1ª e 2ª ordens por resolução de problemas, visto que é essa a proposta de nossa pesquisa de doutorado em andamento.

Em sua tese, intitulada *Abordagem Geométrica: possibilidades para o ensino e aprendizagem de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias*, Javaroni (2007) analisa as possibilidades de ensino e aprendizagem de introdução às EDO por meio da

análise qualitativa dos modelos matemáticos com o auxílio das tecnologias da informação e comunicação. Como fio condutor para sua investigação, sua pergunta diretriz foi *Quais as possibilidades de ensino e aprendizagem de introdução às EDO através da análise qualitativa dos modelos matemáticos, com o auxílio de Tecnologia de Informação e Comunicação?* A pesquisadora apresenta uma exposição de diversos conceitos básicos necessários para a introdução do estudo às Equações Diferenciais e uma visão geral sobre seu ensino a partir da utilização de recursos tecnológicos.

Dullius (2009), em sua pesquisa, intitulada *Enseñanza y aprendizaje em ecuaciones diferenciales com abordaje gráfico, numérico y analítico*, investiga o ensino de Equações Diferenciais primeiramente com recursos computacionais e depois com o uso de técnicas para resoluções analíticas. Como pressupostos teóricos, utilizou as teorias da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, e a Sócio Interacionista, de Lev Vygotsky. Os resultados da pesquisa mostraram o quanto seria importante os professores mudarem seus métodos de ensino, considerando, por exemplo, a possibilidade de aproveitar os avanços tecnológicos para atualizar a metodologia de ensino das ED. Como sugestões para a continuação do trabalho desenvolvido, indicam a necessidade de criar módulos auxiliares para que os alunos que apresentam mais dificuldades possam aprender a mobilizar conhecimentos necessários para que o conteúdo de ED possa ser compreendido satisfatoriamente e também a importância de desenvolver metodologias com a utilização de ferramentas computacionais para a resolução analítica de ED em um ambiente de aprendizagem que gera maior participação dos estudantes.

Essas pesquisas apontam ser preciso inovar, ressignificar a ação pedagógica, principalmente no ensino superior, e buscar novas metodologias que atendam às necessidades atuais. Especialmente a formação de profissionais da Engenharia no Brasil, e no resto do mundo, tem sido motivo de interrogações devido às várias mudanças sociais, políticas e econômicas dos tempos atuais. Corroborando essa ideia, Camarena (1984) considera que os tão destacados altos índices de reprovação em disciplinas matemáticas de cursos de Engenharia são somente sintomas de um problema mais amplo, sobre o qual incidem questões de ordem econômica, social e curricular associadas a questões didáticas e à formação do professor universitário.

É crescente a necessidade de adequar o ensino do Cálculo nos cursos de formação de engenheiros a uma realidade que está em constante processo de inovação, e, nesse

sentido, Camarena (1987) desenvolve um trabalho que permite a construção de modelos matemáticos que exploram fenômenos da Engenharia Elétrica por meio de Equações diferenciais. Por meio de contextualizações do conteúdo em situações relativas a circuitos elétricos, essa pesquisa apresenta considerações sobre a didática do ensino de Equações Diferenciais.

Nos tempos atuais, as preocupações mais gerais das pesquisas que voltam a sua atenção àqueles cursos nos quais a Matemática é utilizada como ferramenta, centram-se nos processos de construção do conhecimento profissional. Nesse contexto, Rodríguez (2009) orientado por Patrícia Camarena, apresenta uma proposta de ensino das equações diferenciais de primeira e segunda ordem no contexto do movimento uniforme. O objetivo da pesquisa é projetar uma série de atividades de ensino de equações diferenciais no contexto da Física, levando em conta o conhecimento prévio, as representações e as crenças de estudantes de Engenharia. O quadro teórico que embasa essa pesquisa é a *Matemática no Contexto das Ciências* (CAMARENA, 1987, 1995, 2001, 2005).

Portanto, de acordo com essas pesquisas, percebe-se que, quando o professor fundamenta o ensino de ED somente em operações algébrica se técnicas com soluções analíticas, o estudante tende a valorizar mais o processo do que a compreensão. Pensamos que o professor deve agregar a prática da pesquisa educacional para apoiar suas ações, com vistas à possível melhoria da aprendizagem e qualidade acadêmica.

## **Considerações**

Para autores como Camarena (1987), Javaroni (2007) e Dullius (2009), no ensino das Equações Diferenciais a metodologia de ensino predominante é aquela focada na resolução de exercícios, com ênfase em métodos e técnicas analíticas, levando o estudante a trabalhar com o conteúdo de forma mecânica e sem interpretação ou compreensão.

Fundamentados na teoria da *Matemática no Contexto das Ciências*, objetivamos compreender como se dá a aprendizagem a partir da discussão sobre aspectos epistemológicos e didáticos referentes aos processos de ensino e de aprendizagem das EDO, considerando as especificidades da formação do futuro engenheiro mecânico.

Atualmente, temos nos dedicado a uma detalhada revisão bibliográfica para nossa investigação, considerando pesquisas nacionais e internacionais. Paralelamente a essa

revisão, daremos início, tendo por subsídio a etapa central da metodologia *Dipping*, à compreensão de quais são as situações presentes nas disciplinas não matemáticas da Engenharia Mecânica que mobilizam EDO lineares de 1ª e 2ª ordens e como tal mobilização ocorre. Como já destacado ao longo do artigo, essa análise a respeito das aplicações desse conteúdo matemático na modalidade de engenharia em destaque em nossa pesquisa é que nos dará a base para o desenvolvimento da sequência de ensino contextualizada, objetivo principal dessa tese.

## Referências

- ANACLETO, G. M. C. **Uma investigação sobre a aprendizagem do Teorema Fundamental do Cálculo**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2007.
- BALDINO, R. Cálculo Infinitesimal: passado ou futuro?. **Temas e Debates**, Ano VIII, n. 6, p.5-21, 1995.
- BARUFI, M. C. B. **A construção/negociação de significados no curso universitário inicial de Cálculo Diferencial e Integral**. Tese (Doutorado em Educação). São Paulo: Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1999.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- CAMARENA G. P. El currículo de las matemáticas em Ingeniería. In: **Mesas redondas sobre definición de líneas de investigación en el I.P.N.** México, 1984.
- \_\_\_\_\_. **Diseño de un curso de ecuaciones diferenciales em el contexto de los circuitos eléctricos**, Tese (Maestría). México: Cinvestav I.P.N, 1987.
- \_\_\_\_\_. Especialidad em docencia de la ingeniería matemática em electrónica. In: **Edit. Esime-IPN**. México, 1990.
- \_\_\_\_\_. La enseñanza de la matemática em el contexto de la ingeniería. In: **XXXVII Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana**. Colima, 1995.
- \_\_\_\_\_. Contextualización de las Series em Ingeniería (Estrategia Didáctica). **Científica: the Mexican Journal y of Electromr chanical Engineering Esime**, v. 5, n. 4, 2001.
- \_\_\_\_\_. La serie de Fourier enel Contexto de Transferencia de Masa. **Científica: the Mexican Journaly of Electromr chanical Engineering Esime**, v. 6, n. 4, 2002.
- \_\_\_\_\_. La modelación matemática em las carreras universitarias. In: **IV Congreso Internacional Trujillano de Educaciónen Matemática y Física**. Venezuela, 2005.
- DULLIUS, M.M. **Enseñanza y Aprendizaje em Ecuaciones Diferenciales con Abordaje Gráfico, Numérico y Analítico**. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências (PIDEC) *Universidad de Burgos (UBU) - España* e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2009.
- IGLIORI, S. B. C. Considerações sobre o ensino do cálculo e um estudo sobre os números reais. In: FROTA, M. C. R.; NASSER, L. (Org.). **Educação Matemática no**

- Ensino Superior:** pesquisas e debates. Recife: SBEM, 2009. p. 11-26.
- JAVARONI, S.L. **Abordagem Geométrica: possibilidades para o ensino e aprendizagem de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias.** Tese (Doutorado em Educação Matemática). Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007.
- NASSER, L. **Educação Matemática no Ensino Superior:** uma área de pesquisa em ascensão. **Livro de resumos do II SIPEM.** SBEM, 2003. p. 57-59.
- NASSER, L. Uma pesquisa sobre o desempenho de alunos de cálculo no traçado de gráficos. In: FROTA, M. C. R.; NASSER, L. (Org.). **Educação Matemática no Ensino Superior:** Pesquisas e Debates. Recife: SBEM, 2009. p. 43-58.
- PINTO, R. L. **Definições matemáticas sobre funções e suas derivadas como um eixo de discussão para o ensino e a aprendizagem do cálculo.** Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2014.
- REIS, F. S. **A tensão entre rigor e intuição no ensino de Cálculo e Análise: a visão de professores-pesquisadores e autores de livros didáticos.** Tese (Doutorado em Educação). Campinas: Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 2001.
- \_\_\_\_\_. Rigor e intuição no ensino de Cálculo e Análise. In: FROTA, M. C. R.; NASSER, L. (Org.). **Educação Matemática no Ensino Superior:** pesquisa e debates. Recife: SBEM, 2009. p. 81-98.
- RODRIGUEZ, M.A.H. **Las Ecuaciones Diferenciales ordinárias lineales de primer y segundo orden em el contexto del movimiento uniforme.** Tese (Doutorado em Ciencias en Matemática Educativa). México: Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación em Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, 2009.
- TALL, D. The psychology of advanced mathematical thinking. In: TALL, D. (Org.). **Advanced mathematical thinking.** Dordrecht: Kluwer, 1991. p. 3-21.
- VINNER, S. O papel das definições no ensino e aprendizagem de Matemática. Tradução de Márcia Maria Fusaro Pinto e Jussara de Lóiola Araújo. The Role of Definitions in the Teaching and Learning of Mathematics. In: TALL, D. (Ed.) **Advanced Mathematical Thinking.** Dordrecht: Kluwer, 1991. p. 65-81.