

UNIVERSITY OF OTTAWA - UOTTAWA	Pós-doutorado	MATEMÁTICA	01/06/2006	01/06/2007
--------------------------------	---------------	------------	------------	------------

## DADOS BÁSICOS DO PROJETO

<b>Título do Tema</b>			
Transformação Digital: Indústria e Serviços 4.0			
<b>Título do Projeto</b>			
Internacionalização da Matemática e integração com Física e Engenharias			
<b>Palavras-chave</b>	<b>Data Início</b>	<b>Data Término</b>	<b>Duração</b>
formação dos pós-graduandos Interdisciplinaridade cooperações internacionais	11/2018	08/2022	46
<b>Área de Conhecimento</b>			
MATEMÁTICA / PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA (MATEMÁTICA)			
<b>Descrição do Projeto</b>			
XXXX			
<b>Contexto do Projeto</b>			
<p>A Matemática é essencial a todas as outras ciências. O Brasil vem avançando muito nesta área, tendo sido elevado a elite mundial dos países em Matemática, laureado com um medalhista Fields, recebido a Olimpíada Internacional de Matemática (Rio 2017) e o congresso internacional dos matemáticos ICM2018 (Rio de Janeiro). Os anos de 2017-2018 foram declarados o biênio da Matemática no Brasil. Este avanço vem da grande internacionalização da Matemática brasileira, o que traz inúmeros benefícios ao país. Em particular, o PPGMPA vem implementando uma forte internacionalização em seu programa que já levou, por exemplo, o programa à nota 5 na avaliação Capes. Desta forma, para podermos continuar avançando, em conjunto com outros PPGs, é fundamental a parceria com outras instituições, a interação com pesquisadores, e bolsas de estudos para estudantes e pós-doutorandos. Dentre os temas de pesquisa considerados, destacamos o desenvolvimento e análise matemática de algoritmos de otimização para a resolução de vários problemas de interesse da indústria, como por exemplo em sistemas de controle com restrição de recurso (encontrados em geração eficiente de energia, plantas petroquímicas e unidades de manufatura). Além disso, as novas tecnologias quânticas terão impacto social equivalente ao dos semicondutores e microprocessadores presentes em quase todas as máquinas do nosso dia a dia. A pesquisa nessa área forma pessoal de nível superior altamente qualificado, devido ao caráter internacional e multidisciplinar do tema. As aplicações são consideradas estratégicas pelos governos dos principais países do mundo. A cooperação com as universidades estrangeiras deste projeto representa uma via de comunicação com os principais centros de pesquisa do mundo. Além do impacto imediato na formação de nossos estudantes, outras unidades da UFSC poderão se beneficiar deste contato, tendo em vista a referência destas universidades no desenvolvimento de pesquisa e tecnologias de ponta.</p>			
<b>Problema</b>			

Modelos matemáticos aparecem na descrição de fenômenos em diversas áreas como Engenharias, Física, Química, Biologia, Medicina e muitas outras. Abaixo descrevemos alguns dos problemas que serão considerados pela equipe: - Na área de otimização convexa, pretendemos desenvolver e analisar algoritmos modernos de decomposição com aplicação em várias áreas estratégicas da indústria e nas ciências aplicadas em geral. Outro objetivo é desenvolver algoritmos eficientes de programação semidefinida para problemas em geometria de distâncias e informação quântica. - A pesquisa em Equações Diferenciais Parciais envolve vários aspectos tais como resultados de existência, unicidade, regularidade e comportamento assintótico de soluções para problemas de valor inicial e/ou de contorno. Um dos objetivos do projeto é desenvolver técnicas para estudar o comportamento assintótico de equações diferenciais bem como considerar suas aplicações em problemas da Física e das Engenharias. - Álgebras de operadores surgiram como modelos para fenômenos físicos quânticos. O estudo de operadores, suas representações e as álgebras geradas por eles tem aplicação direta na Física quântica. Propomos aqui estudar avanços na teoria de álgebras de operadores e suas iterações com as mais variadas áreas, como sistemas dinâmicos, álgebras, física, engenharia, etc. - O grupo de Informação Quântica atuará nos tópicos de: simulação quântica (utilização de sistemas quânticos sobre os quais temos bom controle experimental para simular o comportamento de outros sistemas menos acessíveis); comunicação quântica (utilização de sistemas quânticos para criptografar e transmitir informação de forma secreta e inviolável) e computação quântica (estudo de sistemas com potencial para processar informação quântica), trabalhando em conjunto com o grupo de otimização no desenvolvimento de algoritmos que auxiliem na caracterização experimental de sistemas e estados quânticos com técnicas ópticas.

### **Relevância**

Os assuntos a serem estudados e discutidos são voltados a problemas atuais, importantes para a evolução dos conhecimentos em matemática e também nas aplicações em áreas afins. São tópicos que contribuem para o avanço da tecnologia e o desenvolvimento destas áreas. Assim, o projeto se destaca por seus temas e pelo interesse em pautar discussões importantes, que estão sendo estudadas por pesquisadores de renome nacional e internacional. A pesquisa no tema do projeto é intrinsecamente internacional, uma vez que ela está mundialmente estruturada em redes de cooperação envolvendo vários países. Os resultados esperados para este projeto vão desde treinamento e experiência internacional para estudantes e docentes até a resolução de problemas de interesse da indústria, engenharia e ciências aplicadas.

### **Insumo**

Para o desenvolvimento do projeto são necessários computadores de alto rendimento. Desta maneira peças de reposição são necessárias, bem como algumas peças que melhorem o desempenho dos computadores atualmente disponíveis aos envolvidos no projeto. Ainda, a equipe de engenheiros presente no projeto necessita de material de laboratório, como capacitores, resistores, placas de eletrônica, etc., para testarem as hipóteses levantadas e que serão posteriormente validadas por meios analíticos da Matemática.

### **Discussão teórico-metodológica**

Este projeto visa a internacionalização do programa de Pós-graduação em Matemática da UFSC (PPGMPA) e sua integração com outras áreas como física e engenharias, com ramificações em todos os programas tecnológicos da UFSC. Devido a experiência científica dos membros do projeto e sua constante colaboração com grupos de pesquisa do exterior nos últimos anos, parte fundamental da nossa proposta consiste em fomentar novas parcerias e consolidar as já existentes, através do intercâmbio de pós-graduandos e pesquisadores da UFSC e do exterior. A matemática permeia virtualmente todos os avanços científicos importantes da humanidade. Nosso projeto foca na aplicação da Matemática em áreas afins e problemas práticos, bem como o desenvolvimento da Matemática Pura. A equipe deste projeto conta com pesquisadores das áreas de Equações Diferenciais, Análise e Controle de Sistemas Dinâmicos, Álgebra de Operadores e Otimização, ramos da matemática que, além de sua importância teórica, encontram aplicações na física e engenharias. Tais aplicações nos levaram à colaboração com grupos de pesquisa em Física, Engenharia Elétrica e Engenharia de Automação e Sistemas. Em conjunto com pesquisadores estrangeiros, líderes em suas respectivas áreas, atuaremos nestas frentes, trabalhando em temas desafiadores, com impacto direto em ciência e tecnologia. Dentre os temas de pesquisa considerados, podemos destacar: (i) desenvolver técnicas para estudar o comportamento assintótico de equações diferenciais bem como considerar suas aplicações em problemas da física e das engenharias. Os professores Cleverton R. da Luz e Ruy C. Charão desenvolveram em conjunto com Ryo Ikehata (Hiroshima University - Japão) um método para estudar o comportamento assintótico de modelos de evolução em  $\mathbb{R}^n$  [2, 3]. O método foi aplicado com sucesso para três modelos associados a equações diferenciais de segunda ordem: equação de ondas, equações de placas e sistema de ondas elásticas. Posteriormente, os professores Cleverton R. da Luz, Ruy C. Charão e Marcello D'Abicco (University of Bari - Itália), obtiveram resultados para a equação de placa com inércia rotacional e uma dissipação fracionária com coeficiente dependendo do tempo [1]. Um dos objetivos do projeto é desenvolver técnicas para estudar o comportamento assintótico de equações diferenciais semilineares e de sistemas de equações diferenciais, bem como considerar suas potenciais aplicações. (ii) estudar avanços na teoria de álgebras de operadores e suas interações com as mais variadas áreas, como sistemas dinâmicos, álgebras, física, engenharia. Na área de álgebra de operadores os professores Daniel Gonçalves e Alcides Buss tem colaborado com diversos pesquisadores estrangeiros: Thierry Giordano (U. Ottawa), Charles Starling (U. Carleton), Aidan Sims (U. Wollongong), Mercedes Siles Molina (Málaga), Siegfried Echterhoff (Münster), Ralf Meyer (Göttingen). Visando dar continuidade nos resultados já obtidos [4,5,6], planeja-se estudar avanços na teoria de álgebras de operadores e suas interações com outras áreas. (iii) Desenvolver e analisar algoritmos modernos de decomposição com aplicação em várias áreas estratégicas da indústria e nas ciências aplicadas em geral. O Prof. Maicon M. Alves tem colaborado com R. Monteiro (Georgia Tech) na área de complexidade [7], Y. Garcia e O. Bueno (U. del Pacifico) na área de Operadores Monótonos e H. Attouch (U. Montpellier) em métodos contínuos [8]. Com base nos resultados recentes [7,8], a ideia agora é aplicar os algoritmos desenvolvidos em problemas da indústria e ciências físicas. (iv) Desenvolvimento e análise de algoritmos combinatórios para o problema de Geometria de Distâncias. O Prof. Douglas Gonçalves mantém colaboração com A. Mucherino (U. Rennes 1) e outros colaboradores do Brasil e da França para o desenvolvimento de algoritmos para uma classe de problemas de Geometria de Distâncias onde é possível discretizar o espaço de busca [9]. A metodologia proposta encontra importantes aplicações em geometria molecular e determinação de nanoestruturas [10]. O desafio agora é tratar a incerteza nos dados e desenvolver algoritmos mais robustos e numericamente estáveis. (v) O desenvolvimento e análise matemática de algoritmos de otimização para a resolução de vários problemas de interesse da indústria, como por exemplo, em sistemas de controle com restrição de recurso (encontrados em geração eficiente de energia, plantas petroquímicas e unidades de manufatura) [12, 13, 14, 15]. Um dos objetivos do projeto é produzir resultados científicos significativos e relevantes, com vista a publicação em revistas especializadas. Para atingir os objetivos planejamos visitas científicas de pesquisadores estrangeiros alocados ao projeto, de curto e longo prazo, assim como missões de trabalho dos pesquisadores brasileiros da equipe. Ainda, esperamos poder fomentar a participação dos pesquisadores e alunos em atividades de campo e em conferências internacionais especializadas, bem como, organizar eventos científicos internacionais que permitam promover um intercâmbio cada vez maior entre os pesquisadores do projeto.

## Referências

- [1] M. Marques Alves, R. D. C. Monteiro, B. F. Svaiter. Regularized HPE-type methods for solving monotone inclusions with improved pointwise iteration-complexity bounds. *SIAM Journal on Optimization* 26 (2016), no. 4, 2730-2743. [2] H. Attouch, M. Marques Alves, B. F. Svaiter. A dynamic approach to a proximal-Newton method for monotone inclusions in Hilbert spaces, with complexity  $O(1/n^2)$ . *Journal of Convex Analysis* 23 (2016), no. 1, 139-180. [3] D. S. Gonçalves, A. Mucherino, C. Lavor, L. Liberti. Recent advances on the interval distance geometry problem. *Journal of Global Optimization*, 69(3) (2017) 525-545. [4] D. S. Gonçalves, M. A. Gomes-Ruggiero, C. Lavor, O. J. Farias, P. H. S. Ribeiro. Local solutions of maximum likelihood estimation in quantum state tomography. *Quantum Information & Computation* 12 (2012) 775-790. [5] P. Walther, K. J. Resch, T. Rudolph, E. Schenck, H. Weinfurter, V. Vedral. Experimental one-way quantum computing, *Nature* 434 (2005) 169-176. [6] M. P. Almeida, F. de Melo, M. Hor-Meyll, A. Salles, S. P. Walborn, P. H. S. Ribeiro. Environment-induced sudden death of entanglement, *Science* 316 (2007) 579-582. [7] A. Aspuru-Guzik, P. Walther. Photonic quantum simulators. *Nature Physics* 8 (4) (2012) 285. [8] M. Tillmann, B. Dakić, R. Heilmann, S. Nolte, A. Szameit, P. Walther. Experimental boson sampling. *Nature Photonics* 7 (2013) 540-544. [9] M. D'Abbicco, R. C. Charão, C. R. da Luz. Sharp time decay rates on a hyperbolic plate model under effects of an intermediate damping with a time-dependent coefficient. *Discrete and Continuous Dynamical Systems* 36 (2016) 2419-2447. [10] R. C. Charão, C. R. da Luz, R. Ikehata. Sharp decay rates for wave equations with a fractional damping via new method in the Fourier space. *Journal of Mathematical Analysis and Applications* 408 (2013) 247-255. [11] C. R. da Luz, R. Ikehata, R. Charão. Asymptotic Behavior for Abstract Evolution Differential Equations of Second Order. *Journal of Differential Equations* 259 (2015) 5017-5039. [12] T. Giordano, D. Gonçalves, C. Starling. Bratteli-Vershik models for partial actions of  $\mathbb{Z}$ . *International Journal of Mathematics*, v. 28 (2017) p. 1750073. [13] D. Gonçalves, J. Öinert, D. Royer. Simplicity of partial skew group rings with applications to Leavitt path algebras and topological dynamics. *Journal of Algebra (Print)*, v. 420 (2014) 201-216. [14] A. Buss, R. Meyer. Crossed products for actions of crossed modules on  $C^*$ -algebras. *Journal of Noncommutative Geometry*, v. 11 (2017) 1195-1235. [15] A. Buss, S. Echterhoff, R. Willett. Exotic crossed products and the Baum-Connes conjecture. *Journal für die reine und angewandte Mathematik (Crelles Journal)*, 2016. [16] E. L. Cesar, D. J. Pagano, Josep Pou. Bifurcation Analysis of Parallel-Connected Voltage-Source Inverters with Constant Power Loads. *IEEE Transactions on Smart Grid*. (2017) Volume: PP, Issue: 99, DOI: 10.1109/TSG.2017.2668381. [17] R. Cristiano, D. J. Pagano, L. Benadero, E. Ponce. Bifurcation analysis of a dc-dc bidirectional power converter operating with constant power loads. *International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering*. Vol. 26, No 4 (2016) 1630010-1, 1630010-18. [18] E. Lenz, D. J. Pagano, A. P. N. Tahim. Codimension-two bifurcation analysis in dc microgrids under droop control. *International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering*. Vol. 26, No 2: (2016) 1630028-1, 1630028-18. [19] V. R. Rosa, E. Camponogara, V. J. M. Ferreira Filho. Design Optimization of Oilfield Subsea Infrastructures with Manifold Placement and Pipeline Layout. *COMPUTERS & CHEMICAL ENGINEERING*, v. 108 (2018) 163-178. [20] E. O. Hulse, E. Camponogara. Robust formulations for production optimization of satellite oil wells. *Engineering Optimization (Print)*, v. 49 (2017) 846-863.