



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA

## SUMÁRIO

Requerente(s): **Prof. Antônio Carlos Gardel Leitão**  
Título do Projeto: **Tópicos em Problemas Inversos V**  
Assunto: **Projeto de Pesquisa.**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

## SÍNTESE DO PROJETO DE PESQUISA

Situação: Aguardando Aprovação do Coordenador de Pesquisa

Número: 202107229

### 1. Título:

Topicos em Problemas Inversos V

### 2. Resumo:

favor ver documento PDF anexo.

### Palavras-chave:

favor ver documento PDF anexo.;

### 3. Coordenador:

Nome: Antonio Carlos Gardel Leitao

Departamento: MTM/CFM - DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA / MTM/CFM

Tipo: Professor

Regime de Trabalho: DE

Valor Mensal: Sem remuneração

Forma de Remuneração: Sem bolsa

Carga Horária Semanal: 20.00h

### 4. Entidades Participantes:

Financiadores:

Valor Total: R\$ 0,00

Fundações:

Tipo de Instrumento Contratual: Não será celebrado instrumento jurídico com a UFSC.

### 5. Período:

Previsão de Início: 01/05/2021

Início Efetivo: A partir da data da assinatura.

Duração: 36 Meses

### 6. Área do Projeto:

Grande Área do Conhecimento: CIENCIAS EXATAS E DA TERRA

Área do Conhecimento: MATEMATICA

Subárea do conhecimento: MATEMATICA APLICADA

Grupo de Pesquisa:

### 7. Comitê de Ética:

Não se aplica;



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

## SÍNTESE DO PROJETO DE PESQUISA

Situação: Aguardando Aprovação do Coordenador de Pesquisa

Número: 202107229

### 8. Equipe do Projeto:

CPF / Nome	Tipo	Período	Depto/Curso	Valor Mensal / Valor Total	Teto Excedid	Carga Hora. Semanal	Paad	Situação
Antonio Carlos Gardel Leitao 012.830.017-56	Professor Coordenador	01/05/2021 à 30/04/2024	MTM/CFM - DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA / MTM/CFM	R\$ 0,00 / R\$ 0,00		20.00h	Sim	

Número total de participantes na equipe do projeto: 1

0 externos à UFSC (0,00%)

1 vinculados à UFSC (100,00%)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

## SÍNTESE DO PROJETO DE PESQUISA

Situação: Aguardando Aprovação do Coordenador de Pesquisa

Número: 202107229

### 9. Financiamento:

Não se aplica.

### 10. Propriedade Intelectual:

Não se aplica.

### 12. Movimentações:

Data	Responsável	Ação	Notificados	Comentários
03/05/2021 - 19:26h	Antonio Carlos Gardel Leitaο	Criou o projeto		
03/05/2021 - 19:26h	Antonio Carlos Gardel Leitaο	Enviou o projeto para aprovaçāo	Cleverson Roberto da Luz	

# Projeto de Pesquisa

Modalidade: Projeto de Pesquisa MTM-UFSC

Período de Execução: 01/Mai/2021 a 30/Abr/2024

Carga Horária: 20 horas semanais

Título: Tópicos em Problemas Inversos V

Coordenador: Antonio Leitão

## 1 Apresentação e projetos anteriores:

O presente projeto visa dar continuidade à pesquisa científica por mim desenvolvida (juntamente com vários colaboradores) nas áreas de **análise numérica** e **problemas inversos**, mais especificamente: **métodos iterativos para identificação de parâmetros**.

A linha de pesquisa em questão, ao longo dos últimos dezoito anos, vem sendo suportada pelo CNPq através de diferentes bolsas PQ (processos 305823/2003-5, 306020/2006-8, 303098/2009-0, 309767/2013-0 e 311087/2017-5).

## 2 Objetivos do projeto proposto:

O foco das investigações científicas do projeto proposto está voltado para análise dos denominados **problemas inversos e mal postos**, e tem como objetivos principais:

- i) Investigação de questões teóricas (tais como existência, estabilidade, regularidade, ...) relacionadas modelos matemáticos específicos [27, 30, 31, 33, 34, 35];
- ii) Análise de métodos numéricos estáveis para obtenção de soluções aproximadas para problemas mal postos, e.g., [29, 28, 25, 26, 32].

Alguns dos temas específicos que serão objeto de investigação no decorrer do presente projeto são descritos a seguir em detalhes:

## 2.1 Métodos iterativos estocásticos para regularização de equações lineares e não-lineares

**Colaboradores:** Joel Rabelo (UFPI), Yuri Saporito (FGV-RJ).

Os métodos do tipo Kaczmarz compõem uma classe de métodos iterativos. Neles divide-se o problema em estudo em um número finito de sub-problemas menores. O objetivo é diminuir o esforço computacional necessário para a obtenção de uma solução, aumentando assim a velocidade do algoritmo original.

Os métodos Kaczmarz podem ser acoplados a estratégias estocásticas de escolha de blocos. Tal procedimento é adequado para o tratamento de sistemas de grande porte, pois reduz o esforço computacional necessário à implementação dos respectivos métodos numéricos.

A análise de algoritmos estocásticos para a resolução de problemas mal-postos é bem mais sofisticada que a análise de métodos determinísticos. Até o presente momento existe uma quantidade significativamente menor de resultados teóricos conhecidos.

**Objetivos:** Os primeiros passos na direção de adaptar os algoritmos existentes para a solução de problemas mal-postos aos métodos do tipo Kaczmarz estocásticos já foram dados para uma adaptação do método de Landweber [Leitão, Rabelo, Saporito 2020], no entanto a análise é bem mais complicada do que aquela aplicada para métodos determinísticos e ainda há muito espaço para pesquisa. O principal objetivo desse projeto é ampliar os resultados existentes com a adaptação de outros algoritmos iterativos aos métodos de Kaczmarz estocásticos.

## 2.2 Estratégias de aceleração para métodos iterativos de regularização: Equações de operadores não lineares

**Colaboradores:** Joel Rabelo (UFPI), Fábio Margotti (UFSC), Benar Svaiter (IMPA).

Técnicas de regularização para problemas mal-postos do tipo  $F(x) = y$ , em que  $F$  é um operador linear ou não linear, tem se tornado o foco de muitos investigadores em vários ramos da matemática e outras ciências. Como exemplo citamos o estudo de imagens médicas (tomografia computadorizada CT e ressonância magnética MRI), a identificação e caracterização de reservatórios de petróleo ou gás natural (aplicações geofísicas), o estudo de síntese de voz com ênfase no sistema texto-voz (TTS - *text-to-speech*), a identificação de fraturas em estruturas (detecção de cracks).

A precisão dos dados obtidos ou medidos é essencial quando o problema em questão é mal-posto, ou em outras palavras, instável. Denotamos assim  $y^\delta$  os dados que contêm ruídos de medição ou que somam algum tipo de incerteza.

Recentemente uma nova metodologia baseada em técnicas projetivas (range-relaxed iterations) foi introduzida por Leitão e Svaiter para acelerar a convergência de métodos iterativos para problemas mal-postos. Tais técnicas se aplicam tanto a métodos tipo gradiente [14, 9], quanto a métodos tipo Newton [8].

**Objetivos:** Tencionamos dar continuidade ao estudo das técnicas de aceleração "range-relaxed" citadas acima. Em particular, determinadas famílias de problemas parecem permitir a utilização de técnicas ainda mais radicais/eficientes de aceleração de convergência.

### 2.3 Identificação de cracks utilizando modelos de EDP's elípticas

**Colaboradores:** Adriano De Cezaro (FURG), Axel Osses (Chile).

O interesse é voltado aos seguintes problemas: (i) Identificação de coeficientes de resistividade e de absorção descontínuos em modelos de tomografia óptica. (ii) Identificação de coeficientes de difusão e de fonte descontínuos em modelos de difusão térmica.

Em ambos os modelos o maior interesse está relacionado a identificação de coeficientes descontínuos, os quais descrevem efeitos de interesse em aplicações. A saber, as discontinuidades nos coeficientes, em geral, modelam a existência de diferentes materiais concentrados em determinadas regiões do domínio de interesse, as quais, fisicamente se traduzem em mudanças bruscas de fontes de difusão, de absorção, etc. O conjunto de aplicações de tais modelos é muito diversificado, dentre os quais podemos citar: identificação de fontes de poluentes, a detecção de minas terrestres, detecção de falhas em estruturas, modelos de tomografia, entre outros.

**Objetivos:** Estudar propriedades do operador parâmetro-para-output em espaços de funções adequados, em modelos de EDP's com coeficientes descontínuos, em particular em modelos elípticos e parabólicos.

Este estudo é de suma importância para propor estratégias de regularização convergentes para atacar problemas de identificação de parâmetros, em especial, em problemas de identificação de parâmetros descontínuos.

Propor um método de solução baseado em 2 funções level-set para o problemas de identificação de parâmetros em questão (identificação de cracks).

Neste ponto pretendemos aliar técnicas de análise convexa e métodos level set para obter métodos estáveis e convergentes, os quais exijam poucas iteração do método iterativo.

## References

### Artigos submetidos (proj. pesquisa MTM-UFSC anterior):

- [1] F. Filippozzi, E. Hafemann, J. Rabelo, F. Margotti, A. Leitão. *Range-relaxed criteria for choosing the Lagrange multipliers in Levenberg Marquardt Kaczmarz type methods*, submitted
- [2] J. Rabelo, Y. Saporito, A. Leitão. *On randomized Kaczmarz type methods for solving large scale systems of linear ill-posed equations*, submitted

### Artigos aceitos para publicação (proj. pesquisa MTM-UFSC anterior):

- [3] A. Leitão, F. Margotti, B. Svaiter. *Range-relaxed criteria for choosing the Lagrange multipliers in Levenberg-Marquardt method*, IMA Journal of Numerical Analysis (2021), to appear (doi:10.1093/imanum/draa050)
- [4] F. Filippozzi, J. Rabelo, R.Boiger, A. Leitão. *Range-relaxed criteria for choosing the Lagrange multipliers in iterated-Tikhonov Kaczmarz type methods for solving systems of ill-posed operator equations*, Inverse Problems (2021), to appear (doi:10.1088/1361-6420/abc233)

**Artigos publicados (proj. pesquisa MTM-UFSC anterior):**

- [5] J.A.M. Valle, A. Madureira, A. Leitão. *A Computational Approach for the inverse problem of neuronal conductances determination*, Journal of Computational Neuroscience 48 (2020), no. 3, 281-297 (doi:10.1007/s10827-020-00752-7)
- [6] M.P. Machado, F. Margotti, A. Leitão. *On the choice of Lagrange multipliers in the iterated Tikhonov method for linear ill-posed equations in Banach spaces*, Inverse Problems in Science and Engineering 28 (2020), no. 6, 796-826 (doi:10.1080/17415977.2019.1662001)
- [7] M.P. Machado, F. Margotti, A. Leitão. *On nonstationary iterated Tikhonov methods for ill-posed equation in Banach spaces*, In: New Trends in Parameter Identification for Mathematical Models, Ed.: B. Hofmann et al., Birkhäuser Basel, 2018, 175-193 (doi:10.1007/978-3-319-70824-9\_10)
- [8] R. Boiger, A. Leitão, B. Svaiter. *Range-relaxed criteria for choosing the Lagrange multipliers in nonstationary iterated Tikhonov method*, IMA Journal of Numerical Analysis 40 (2020), no. 1, 606-627 (doi:10.1093/imanum/dry066)
- [9] A. Leitão, B. Svaiter. *On a family of gradient type projection methods for nonlinear ill-posed problems*, Numerical Functional Analysis and Optimization 39 (2018), no. 11, 1153-1180 (doi:10.1080/01630563.2018.1466331)
- [10] J.P. Agnelli, A. DeCezaro, A. Leitão. *A regularization method based on level sets and augmented Lagrangian for parameter identification problems with piecewise constant solutions*, Inverse Problems 34 (2018), 125003 (doi:10.1088/1361-6420/aae04d)

**Outras referências bibliográficas:**

- [11] B. Hofmann, A. Leitão, J.P. Zubelli. *New Trends in Parameter Identification for Mathematical Models*, Series Title: Trends in Mathematics, Birkhäuser Basel, 2018
- [12] F. Margotti, A. Rieder, A. Leitão. *A Kaczmarz version of the REGINN-Landweber iteration for ill-posed problems in Banach spaces*, SIAM Journal on Numerical Analysis 52 (2014), no. 3, 1439-1465
- [13] S. Kinderman, A. Leitão. *Convergence rates for Kaczmarz type regularization methods*, Inverse Problems and Imaging 8 (2014), no. 1, 149-172



- [14] A. Leitão, B. Svaiter. *On projective Landweber-Kaczmarz methods for solving systems of nonlinear ill-posed equations*, Inverse Problems **32** (2016), no. 1, 025004
- [15] J.P. Agnelli, M.M. Alves, A. DeCezaro, A. Leitão. *On regularization methods for optical tomography with piecewise constant coefficients*, ESAIM: Control, Optimisation and Calculus of Variations **23** (2017), 663-683
- [16] U. Ascher, K. van den Doel, A. Leitão. *Multiple level sets for piecewise constant surface reconstruction in highly ill-posed problems*, Journal of Scientific Computing **43** (2010), 43 (2010), 44-66
- [17] J. Baumeister, B. Kaltenbacher, A. Leitão. *On Levenberg-Marquardt-Kaczmarz iterative methods for solving systems of nonlinear ill-posed equations*, Inverse Problems and Imaging **4** (2010), 335-350
- [18] J. Baumeister and A. DeCezaro, A. Leitão. *Modified iterated Tikhonov methods for solving systems of nonlinear ill-posed equations*, Inverse Problems and Imaging **5** (2011), 1-17
- [19] H. Egger, A. Leitão. *Nonlinear regularization methods of levelset type with application to elliptic Cauchy problems*, Inverse Problems **25** (2009), 115014
- [20] H. Egger, A. Leitão. *Efficient stable solutions of nonlinear elliptic Cauchy problems with piecewise constant solutions*, Advances in Applied Mathematics and Mechanics **1** (2009), 729-749
- [21] I. Bleyer, A. Leitão. *On Tikhonov functionals penalized by Bregman distances*, CUBO A Mathematical Journal **11** (2009), 99-115
- [22] M. Haltmeier, A. Leitão, E. Resmerita. *On regularization methods of EM-Kaczmarz type*, Inverse Problems **25** (2009), 075008
- [23] A. DeCezaro, A. Leitão. *Level-set approaches of L2-type for recovering shape and contrast in ill-posed problems*, Inverse Problems in Science and Engineering **20** (2012), 571-587
- [24] A. DeCezaro, A. Leitão, X.C. Tai. *On level-set type methods for recovering piecewise constant solutions of ill-posed problems*, Lecture Notes in Computer Sciences **5567** (2009), 50-62
- [25] A. DeCezaro, A. Leitão, X.C. Tai. *On multiple level-set regularization methods for inverse problems*, Inverse Problems **25** (2009), 035004
- [26] A. DeCezaro, M. Haltmeier, A. Leitão, O.Scherzer. *On Steepest-Descent-Kaczmarz methods for regularizing systems of nonlinear ill-posed equations*, Applied Mathematics and Computation **202** (2008), 596-607
- [27] A. Leitão, J.P. Zubelli. *Iterative regularization methods for a discrete inverse problem in MRI*, CUBO A Mathematical Journal **10** (2008), 137-146

- [28] S. Anzengruber, F. Bauer, A. Leitão, R. Ramlau. *New algorithms for parallel MRI*, Journal of Physics: Conference Series **135** (2008), 012009
- [29] M.M. Alves, A. Leitão. *On level set type methods for elliptic Cauchy problems*, Inverse Problems **23** (2007), 2207–2222
- [30] S. Kindermann, A. Leitão. *Regularization by dynamic programming*, Journal of Inverse and Ill-Posed Problems **15** (2007), 295–310
- [31] S. Kindermann, A. Leitão. *On regularization methods based on dynamic programming techniques*, Applicable Analysis **86** (2007), 611–632
- [32] M. Haltmaier, R. Kowar, A. Leitão, O. Scherzer. *Regularization of systems of nonlinear ill-posed equations: II. Applications*, Inverse Problems and Imaging **1** (2007), 507–523
- [33] M. Haltmaier, A. Leitão, O. Scherzer. *Regularization of systems of nonlinear ill-posed equations: I. Convergence Analysis*, Inverse Problems and Imaging **1** (2007), 289–298
- [34] J. Baumeister, A. Leitão, G.N. Silva. *On the value function for nonautonomous optimal control problems with infinite horizon*, Systems and Control Letters **56** (2007), 188–196
- [35] A. Leitão, P.A. Markowich, J.P. Zubelli. *Inverse Problems for Semiconductors: Models and Methods*, In: Transport Phenomena and Kinetic Theory, Ed.: C. Cercignani and E. Gabetta, Birkhäuser Boston, 2007, 117–149
- [36] J. Baumeister, A. Leitão. *Introdução a Teoria de Controle e Programação Dinâmica*, IMPA Mathematical Publications, Euclides Project, 2008

Florianópolis. 5 de Abril de 2021.



A. Leitão.

