



MEMORIAL PARA CONCURSO PÚBLICO  
PROFESSOR DOUTOR (RDIDP) EM MÉTODOS POTENCIAIS  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

# **MEMORIAL**

## **LEONARDO UIEDA**

Apresentado para concurso público de títulos e provas para cargo de  
Professor Doutor junto ao Departamento de Geofísica do  
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da  
Universidade de São Paulo.

Edital ATAc-IAG/044/2022

# Resumo

---

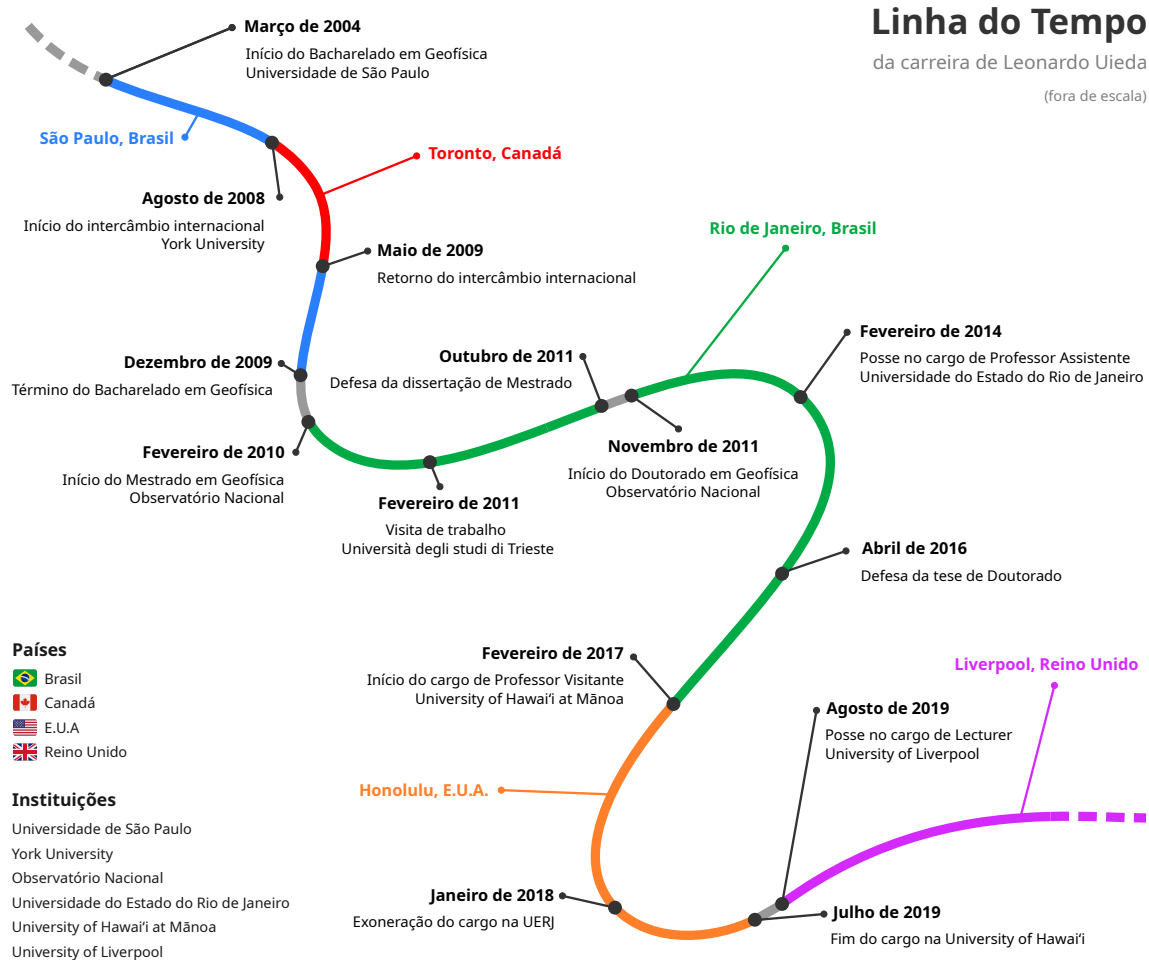
Possuo Bacharelado em Geofísica pela Universidade de São Paulo e Mestrado e Doutorado em Geofísica pelo Observatório Nacional. Ao longo da minha formação e carreira, passei por seis instituições de ensino superior em quatro países diferentes. Trabalhei como Professor Assistente na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Professor Visitante na University of Hawai'i at Mānoa e atualmente sou Lecturer (equivalente a Professor Doutor) na University of Liverpool. Ministrei 10 disciplinas diferentes a nível de graduação e 17 cursos de curta duração abrangendo uma gama de tópicos da geofísica, geologia e programação. Sou autor de 16 artigos científicos que agregam mais de 1700 citações<sup>1</sup>. Atuo na área de ciência aberta e reprodutibilidade desde meu primeiro artigo publicado em 2012 durante meu Mestrado. Desenvolvo diversos projetos de software livre para ciência, dentre eles [Fatiando a Terra](#), [Tesseroids](#) e [Generic Mapping Tools](#), que podem chegar a ter centenas de milhares de downloads mensais<sup>2</sup>. Sou reconhecido por minha expertise em Geociências, ciência aberta e desenvolvimento de software livre, tendo servido como editor do [Journal of Open Source Software](#) e na coordenação das organizações internacionais [EarthArXiv](#), [pyOpenSci](#) e [Software Underground](#).

Este memorial apresenta minha formação e atuação profissional, incluindo reflexões sobre os fatores que me trouxeram até onde estou e as lições que aprendi ao longo do caminho. Além disso, o memorial também relata meus planos futuros para meu desenvolvimento profissional e a minha motivação para retornar à Universidade de São Paulo, onde iniciei minha trajetória 19 anos atrás.

---

<sup>1</sup>Segundo Google Scholar em 27/12/2022: <https://scholar.google.com/citations?user=qfmPrUEAAAAJ>

<sup>2</sup>Por exemplo, o software [Pooch](#) que é parte do Fatiando a Terra: <https://pypistats.org/packages/pooch>



Linha do tempo (fora de escala) resumindo minha trajetória acadêmica, desde o início do meu curso de Bacharelado em Geofísica na Universidade de São Paulo em 2004 até meu cargo de Lecturer na University of Liverpool de 2019 até o presente.

# Sumário

---

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Influências durante a infância e a adolescência . . . . .	2
1.2	Reflexão sobre vantagens e privilégios . . . . .	2
1.3	A estrutura deste memorial . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Formação Acadêmica</b>	<b>4</b>
2.1	Universidade de São Paulo . . . . .	4
2.1.1	Iniciação científica: Paleomagnetismo . . . . .	6
2.1.2	Iniciação científica: Gravimetria e computação . . . . .	6
2.2	York University . . . . .	7
2.3	Observatório Nacional . . . . .	7
2.3.1	Mestrado . . . . .	9
2.3.2	Viagem para Trieste . . . . .	10
2.3.3	Doutorado . . . . .	10
2.4	Formação complementar em pedagogia . . . . .	11
2.4.1	Software Carpentry . . . . .	11
2.4.2	Pedagogia no ensino superior . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Atuação Profissional</b>	<b>14</b>
3.1	Universidade do Estado do Rio de Janeiro . . . . .	15
3.2	University of Hawai'i at Mānoa . . . . .	16
3.3	University of Liverpool . . . . .	17
3.4	Atuação na Comunidade Científica . . . . .	18
3.4.1	Journal of Open Source Software . . . . .	19
3.4.2	Software Underground . . . . .	19
3.4.3	Software Sustainability Institute . . . . .	20
3.4.4	EarthArXiv . . . . .	20
3.4.5	pyOpenSci . . . . .	20
<b>4</b>	<b>Ciência Aberta</b>	<b>21</b>
4.1	Introdução . . . . .	22
4.2	Software livre . . . . .	23
4.2.1	Tesseroids . . . . .	24
4.2.2	Fatiando a Terra . . . . .	25
4.2.3	Generic Mapping Tools . . . . .	28
4.2.4	xlandsat . . . . .	30
4.3	Recursos educacionais abertos . . . . .	32
<b>5</b>	<b>Linhas de Pesquisa</b>	<b>34</b>
5.1	Orientações . . . . .	35
5.2	Modelagem direta de campos gravitacionais em escala global . . . . .	36
5.3	Inversão 3D em métodos potenciais . . . . .	38
5.4	Determinação da espessura crustal através de distúrbios da gravidade . . . . .	41

5.5	Camada equivalente para processamento de dados gravimétricos e magnetométricos . . . . .	43
5.6	Deconvolução de Euler . . . . .	45
5.7	Interpolação de dados geofísicos . . . . .	46
5.8	Modelagem de dados de microscopia magnética . . . . .	48
5.9	Determinação do fluxo geotermal Antártico através de dados magnetométricos	49
<b>6</b>	<b>Atividades de Ensino e Extensão</b>	<b>51</b>
6.1	Cursos de curta duração . . . . .	52
6.2	Disciplinas de graduação . . . . .	53
6.3	Atividades de Extensão . . . . .	56
<b>7</b>	<b>Conclusão</b>	<b>57</b>
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>59</b>

# Introdução

---



**Figura 1.1:** Minha mãe mostrando para mim e minha irmã caçula o lado inferior de uma pedra em um riacho, provavelmente contendo invertebrados aquáticos. Foto de Junho de 1997, tirada no estado de Nova York, E.U.A., durante o pós-doutorado de meus pais na [Cornell University](https://www.cornell.edu/).

## **i** Informações para contato

- ✉ email profissional: [Leonardo.Uieda@liverpool.ac.uk](mailto:Leonardo.Uieda@liverpool.ac.uk)
- ✉ email pessoal: [leouieda@gmail.com](mailto:leouieda@gmail.com)
- ORCID: [0000-0001-6123-9515](https://orcid.org/0000-0001-6123-9515)
- 📄 Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/8939551682050504>
- 📄 ResearcherID: [G-3258-2012](https://orcid.org/G-3258-2012)
- 👤 Página pessoal: <https://www.leouieda.com>
- 👥 Grupo de pesquisa: <https://www.compgeolab.org>

Este memorial apresenta uma análise reflexiva sobre os principais temas de minha carreira acadêmica: minha formação, minhas linhas de pesquisa, minhas atividades de ensino e extensão e meus esforços para tornar a ciência feita em nossa disciplina mais aberta, reprodutível e acessível para uso das comunidades científica, acadêmica e empresarial. Ao buscar a fonte de vários dos princípios que me guiam hoje em dia, percebi que o ponto mais adequado para começar seria com uma análise das influências que tive durante minha criação.

## 1.1 Influências durante a infância e a adolescência

Meu primeiro contato com a ciência foi através de meus pais, [Virginia Sanches Uieda](#) e [Wilson Uieda](#), ambos professores aposentados do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) de Botucatu, São Paulo. Eles rotineiramente incluíam minhas duas irmãs e eu em suas atividades como docentes da UNESP, o que nos proporcionou oportunidades de aprendizagem únicas e que foram particularmente influentes na minha formação. Tenho memórias marcantes de coletar peixes e invertebrados aquáticos com minha mãe (figura 1.1), fotografar morcegos do gênero [Artibeus](#) se alimentando dos frutos do chapéu-de-sol com meu pai, observar minha mãe corrigindo provas de zoologia de vertebrados e tentar acertar mais questões que seus alunos, alimentar os morcegos [Desmodus rotundus](#) que meu pai mantinha em cativeiro com cubos de sangue bovino congelado nos finais de semana e acompanhar minha mãe na disciplina de campo sobre cetáceos onde pudemos interagir diretamente com botos-cinza ([Sotalia guianensis](#)) em seu habitat natural.

A curiosidade, a dedicação e a ética dos meus pais formaram a base da minha posição a respeito da ciência e do que significa ser um educador de qualidade. Essa base e todo o apoio que recebi de meus pais foram fundamentais para alcançar tudo o que consegui até hoje (i.e., o conteúdo deste memorial).

## 1.2 Reflexão sobre vantagens e privilégios

Este memorial representa todas as minhas conquistas ao longo da minha carreira. Dedicação, esforço e talento (i.e., mérito) foram certamente importantes para meu sucesso profissional. Porém, seria muito ingênuo de minha parte assumir que esses foram os únicos fatores que influenciaram minha trajetória. Por isso, acho importante refletir sobre as vantagens e privilégios que tive sobre meus contemporâneos para dar contexto ao resto do memorial.

Primeiramente, sou homem, heterossexual, cisgênero e de etnia mista branca europeia e norte asiática. A junção desses fatores significa que, por nenhum mérito próprio, tive que superar um número consideravelmente menor de barreiras ao longo de minha carreira que outras pessoas. Fui criado por pais dedicados e com imenso suporte de toda minha família estendida. Minha família é de classe média alta e tive acesso a educação privada em boas escolas. Ao contrário de alguns dos meus colegas do curso de graduação, não tive que trabalhar para me sustentar durante meu curso de graduação, podendo me dedicar exclusivamente aos estudos<sup>1</sup>.

Ter pais acadêmicos, em particular, me conferiu diversas vantagens. Antes mesmo de ingressar no ensino superior, eu já sabia sobre o estilo de trabalho, a trajetória para se chegar ao cargo de Professor Doutor, o balanço entre ensino, pesquisa e extensão, os tipos de cargos administrativos que existem, entre outros. Mas talvez a vantagem mais importante que meus pais deram foi a oportunidade de morar no exterior quando criança. Entre Agosto de 1996 e Dezembro de 1997, meus pais fizeram um pós-doutorado na [Cornell University](#), E.U.A., levando junto toda a família. Por isso, cursei o quinto e sexto ano do ensino fundamental nos Estados Unidos e aprendi a ler, escrever e falar inglês fluentemente. So-

<sup>1</sup>E, é claro, às festas e outras atividades culturais que enriquecem a experiência universitária.

mente percebi o quanto esse único fator (fluência na língua inglesa) me foi vantajoso após ingressar no curso de Bacharelado em Geofísica da Universidade de São Paulo (seção 2.1). Eu era capaz de ler livros e artigos em inglês em menos tempo que meus colegas, me comunicava com pesquisadores estrangeiros naturalmente durante meu trabalho de conclusão de curso e creio que minha fluência na língua foi um fator importante para conseguir o intercâmbio com a York University, Canadá, (seção 2.2).

A sorte é outro fator que foi muito importante em diversas etapas da minha carreira. Minha decisão de prestar o vestibular da USP para o curso de Geofísica dependeu de minha irmã mais velha encontrar aleatoriamente um aluno de Geofísica no “bandeirão” da USP que lhe contou sobre o curso. Como eu estava indeciso sobre minhas escolhas de carreira, selecionei Geofísica como minha primeira opção por conselho de minha irmã sem saber exatamente do que se tratava o curso. Ter entrado no curso de Geofísica na USP no ano de 2004, em particular, foi extremamente oportuno. A turma da Geofísica de 2004 é simplesmente excepcional. O apoio da turma foi muito importante, tanto para superar momentos desafiadores quanto para elevar cada um de nós a alcançar além do que achávamos possível. Além disso, pude usufruir desse suporte ainda na pós-graduação no Observatório Nacional (seção 2.3), tanto por conta de vários membros da turma estarem trabalhando no Rio de Janeiro, quanto por ter meu amigo [Vanderlei C. Oliveira Jr.](#) comigo na pós-graduação (Vanderlei é atualmente Pesquisador Titular do Observatório Nacional). Também tive muita sorte no meu acesso a mentores excelentes: Manoel S. D’Agrella Filho, Ricardo I. F. Trindade e Naomi Ussami durante a graduação, Valéria C. F. Barbosa e Carla Braitenberg durante a pós-graduação e Paul Wessel durante o pós-doutorado.

Todos os fatores descritos acima me proporcionaram acesso diferenciado a oportunidades e vantagens para conquistá-las. Porém, um fator que considero de mérito próprio é que tive a perspicácia para identificar essas oportunidades quando elas se apresentaram, a confiança para aplicar e a perseverança para usufruir ao máximo de minhas conquistas.

### 1.3 A estrutura deste memorial

Identificar uma estrutura coerente para este memorial que minimizasse a sobreposição de informação entre os capítulos foi uma tarefa desafiadora. A minha formação, atividades de ensino e pesquisa e, principalmente, minha atuação na área de software livre estão todas intrinsecamente ligadas. A estrutura que concebi começa pela minha formação acadêmica no capítulo 2 e atuação profissional no capítulo 3. Em seguida, dividi minhas atividades acadêmicas entre ciência aberta (capítulo 4), linhas de pesquisa (capítulo 5) e ensino e extensão (capítulo 6). Algumas informações estão necessariamente repetidas entre alguns capítulos, por exemplo o software [Fatiando a Terra](#) é discutido em quase todos os capítulos em diferentes contextos. Finalmente, apresento considerações finais no capítulo 7.



## Formação Acadêmica



**Figura 2.1:** Realizando medidas da direção do campo geomagnético no observatório de Vassouras, Rio de Janeiro. A atividade foi parte de uma disciplina de instrumentação geofísica que cursei durante a pós-graduação do Observatório Nacional.

### **i** Resumo da formação acadêmica

2004–2009	Bacharelado em Geofísica – Universidade de São Paulo
2008–2009	✈ Intercâmbio Internacional – York University, Canadá
2010–2011	Mestrado em Geofísica – Observatório Nacional
2011–2016	Doutorado em Geofísica – Observatório Nacional

Este capítulo relata a minha formação acadêmica, do Bacharelado ao Doutorado, refletindo sobre os fatores que influenciaram minhas linhas de pesquisa e o rumo que tomei durante minha carreira.

## 2.1 Universidade de São Paulo

### **🎓** Bacharelado em Geofísica

<b>🏛</b>	Universidade de São Paulo
<b>📅</b>	Fevereiro 2004 – Novembro 2009
<b>👤</b>	Orientadora: Naomi Ussami
<b>i</b>	Trabalho de conclusão: Cálculo do tensor gradiente gravimétrico utilizando tesseroides ( <a href="https://doi.org/10.6084/m9.figshare.963547">https://doi.org/10.6084/m9.figshare.963547</a> )

Ingressei no curso de Bacharelado em Geofísica da Universidade de São Paulo em 2004. Já no primeiro semestre, o curso desafiou diversos de meus preconceitos sobre os assuntos abordados. Uma das experiências mais marcantes foi a disciplina MAC0115 “Introdução à Computação para Ciências Exatas e Tecnologia”. Minha expectativa era aprender sobre funções avançadas de softwares como o Microsoft Office, talvez aprender sobre algum programa específico para a geofísica. Jamais havia imaginado que como parte do meu curso de Geofísica eu aprenderia como criar meus próprios programas, mas foi exatamente isso que aprendemos nessa disciplina que foi ministrada de maneira excepcional. Minha carreira com certeza teria tomado um rumo completamente diferente se minha primeira experiência com a programação não houvesse sido tão positiva. Aprendi os conceitos básicos da linguagem de programação C e, junto com meu amigo [Lucas Balancin](#), resolvi todos os exercícios fornecidos para estudo da disciplina. Porém, não alcancei um nível suficientemente avançado para enxergar aplicações imediatas da programação nas demais disciplinas do curso.

Busquei aprender mais sobre a programação através da disciplina optativa AGG0204 “Computação para Geofísicos”. Durante a disciplina, desenvolvi aplicações diretas da programação à geofísica como o cálculo do International Geomagnetic Reference Field (IGRF) a partir dos coeficientes de harmônicos esféricos. Essas aplicações me mostraram o enorme poder da programação no aprendizado de conceitos complexos da geofísica e da matemática. Ao criar uma implementação computacional de um método, fui levado a considerar detalhes e a elaborar perguntas que me passariam despercebidas ao estudar somente pela teoria. Além disso, também fui capaz de explorar as possibilidades e os limites de uma teoria de forma dinâmica e independente.

Nos anos seguintes continuei a estudar programação por conta própria nas horas vagas e a aplicar à geofísica o que estava aprendendo. Aprendi como programar nas linguagens Java, C++ e Python (por recomendação do então aluno de mestrado [Fernando Paolo](#)). Implementei a Transformada Discreta de Fourier<sup>1</sup> para estudar para a disciplina AGG0330 “Processamento de Sinais Digitais”. Utilizei uma implementação do método *Ant Colony Optimization* ([Socha and Dorigo, 2008](#)), que fiz por curiosidade própria, para realizar uma inversão de velocidades de grupo de ondas Love<sup>2</sup> como meu projeto para a disciplina AGG0305 “Teoria de Ondas Sísmicas e Estrutura da Terra”. Cursei a disciplina optativa MAC0122 “Princípios de Desenvolvimento de Algoritmos” onde aprendi os conceitos de estruturas de dados e recursividade que possibilitaram alguns dos avanços que obtive em [Uieda et al. \(2016\)](#) (seção 4.2.1).

O curso também me forneceu treinamento excepcional em quase todos os métodos de geofísica. Tivemos experiências de campo e utilizamos uma ampla variedade de equipamentos geofísicos. A junção da base teórica sólida com essa experiência prática foi extremamente motivante para alunos como eu, que estavam indecisos sobre suas carreiras e sobre qual rumo seguir após a graduação.

Refletindo agora, quase 19 anos após ingressar na USP, percebo o quão sólida foi a base que adquiri durante a graduação. Utilizo os conceitos que aprendi nas disciplinas de computação, álgebra linear, física e métodos potenciais diariamente. Tendo passado por cinco outras instituições no Brasil e no exterior, reconheço o quão raro é um curso preparar tão bem seus alunos. Por isso, sou muito grato a todos os meus professores e ao país por me

<sup>1</sup>Disponível em <https://github.com/leouieda/dft-in-c>

<sup>2</sup>Disponível em <https://github.com/leouieda/love-aco-inv>

dar acesso a essa educação de forma gratuita (outra raridade, principalmente no exterior).

### 2.1.1 Iniciação científica: Paleomagnetismo

Durante meu segundo ano de graduação, iniciei um projeto de iniciação científica com o Professor Manoel Souza D'Agrella Filho. O objetivo do trabalho era obter um paleo-pólo geomagnético para um conjunto de diques de idade cambriana da região de Maravilhas, Paraíba. O projeto intitulado “Paleomagnetismo e mineralogia magnética dos diques cambrianos de Maravilhas e Prata (PB)” foi apoiado por uma bolsa da FAPESP<sup>3</sup> por um ano. O trabalho incluiu uma expedição para amostrar novos diques na região de Monteiro, Paraíba, liderado pelo Professor Ricardo I. F. Trindade. Os resultados foram apresentados em um poster no XI Simpósio de Iniciação Científica do IAG/USP (Uieda and D'Agrella-Filho, 2006). Essa foi a primeira vez que participei de um projeto de pesquisa e apresentei um poster. Sou muito grato ao Manuel e o Ricardo pela oportunidade de aprender mais sobre o paleomagnetismo e pelas experiências de laboratório e de campo. Percebi com esse projeto que, embora os resultados e sua interpretação tenham sido muito interessantes, a rotina de laboratório não era algo que eu conseguiria manter a longo prazo. Ao mesmo tempo, estava cada vez mais interessado na computação e modelagem numérica. Isso me levou a buscar outra área para continuar minha iniciação científica e trabalho de conclusão de curso. Mesmo assim, o paleomagnetismo ainda é um assunto que me interessa muito. Tanto que, 16 anos depois dessa primeira iniciação científica, estou retornando ao assunto com uma nova linha de pesquisa em microscopia magnética em colaboração com o Ricardo (seção 5.8).

### 2.1.2 Iniciação científica: Gravimetria e computação

No final de 2007, durante meu terceiro ano de graduação, me juntei ao grupo da Professora Naomi Ussami para trabalhar em um projeto que abordava os temas que mais me interessavam naquele momento: computação, modelagem numérica e gravimetria. O projeto intitulado “Modelagem gravimétrica de corpos tesseroidais” foi executado com uma bolsa da SBGF<sup>4</sup> e em colaboração com a Professora Carla Braitenberg da Università degli studi di Trieste, Itália. Nosso objetivo era desenvolver um software que pudesse calcular campos gravitacionais causado por segmentos de uma esfera (*tesseroides*). Esse programa seria utilizado para trabalhar com dados da futura missão de satélite *GOCE*, tanto na fase inicial de avaliação de sua sensibilidade a diferentes estruturas geológicas quanto na fase de processamento e modelagem dos dados obtidos. Durante as fases iniciais desse projeto, contei com o auxílio da Dra. Franziska Wild-Pfeiffer, cujo artigo (Wild-Pfeiffer, 2008) eu estava tentando reproduzir. Apresentei meus resultados iniciais no XIII Simpósio de Iniciação Científica do IAG/USP (Uieda and Ussami, 2008). No final de 2009, concluí o Bacharelado defendendo o trabalho de conclusão de curso intitulado “Cálculo do tensor gradiente gravimétrico utilizando tesseroides”<sup>5</sup>.

Este trabalho marcou a primeira versão do software Tesseroids (seção 4.2.1), desenvolvido inicialmente na linguagem Python, e o início de uma linha de pesquisa que abrangeu

<sup>3</sup>Mais informações em <https://bv.fapesp.br/pt/bolsas/73578/paleomagnetismo-e-mineralogia-magnetica-dos-diques-cambrianos-de-maravilhas-e-prata-pb>

<sup>4</sup>Mais informações em [https://sbgf.org.br/programa\\_ic](https://sbgf.org.br/programa_ic)

<sup>5</sup>Disponível em <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.963547>

minha pós-graduação e primeira coorientação de um aluno de Doutorado (seção 5.2).

## 2.2 York University

### ✈ Intercâmbio internacional

🏛 York University, Canadá

📅 Agosto 2008 – Maio 2009

Tive a vontade de fazer um intercâmbio no exterior desde o início do curso de graduação. Rotineiramente vasculhava as diversas oportunidades divulgadas pela universidade por uma que oferecesse cursos de Ciências da Terra. Uma das primeiras que encontrei foi a [York University](#), Canadá, cujo curso de Ciências da Terra oferecia diversas disciplinas que complementariam minha formação na USP, principalmente na área de geodésia. Me inscrevi no processo seletivo interno da USP para concorrer a uma única vaga que estava sendo ofertada para alunos de todos os cursos da universidade. Felizmente fui selecionado e me mudei para Toronto, Canadá, em Agosto de 2008.

Tive uma surpresa ao chegar na York e me apresentar na secretaria de graduação: o curso de Ciências da Terra havia sido descontinuado no ano anterior por causa do baixo número de alunos inscritos. Aparentemente, a página online do curso não havia sido atualizada e por isso eu baseei meu plano de estudos para o ano em curso inexistente. Por sorte, a maioria das disciplinas que eu havia escolhido cursar ainda seriam oferecidas como parte de outros cursos. Os meus estudos acabaram não sendo tão afetados mas minha experiência não foi como eu esperava por não ter uma turma de alunos de geociências cursando as mesmas disciplinas, como era o caso na USP.




Durante minha estadia na York, aprendi sobre sistemas geográficos de coordenadas, posicionamento, ajustes de redes geodésicas, geodésia física e levantamentos gravimétricos de alta precisão. Um destaque dessa experiência foram as aulas do Professor [Spiros Pagiatakis](#). Suas aulas de geodésia e matemática forneceram a clareza que me faltava nos conceitos de anomalias da gravidade e a solução prática de problemas inversos em geofísica. Observando outros alunos presentes na disciplina, considero que somente pude aproveitar plenamente essas aulas graças à base sólida que tinha obtido em outras disciplinas da USP.

Meu tempo em Toronto foi excelente para meu crescimento pessoal, cultural e acadêmico. Fiz amizade com pessoas de todos os cantos do planeta (Europeus, Asiáticos, Canadenses) com os quais mantenho contato até hoje. O conhecimento que adquiri nas disciplinas me possibilitaram começar a trabalhar diretamente no meu projeto de Mestrado pois já possuía grande parte da base teórica e experiência prática computacional necessária. Por isso, fui capaz de desenvolver um método novo em pouco tempo.






## 2.3 Observatório Nacional

### 🎓 Mestrado em Geofísica

🏛 Observatório Nacional

-  Fevereiro de 2010 – Outubro de 2011
-  Orientadora: Valéria C. F. Barbosa
-  Dissertação: Robust 3D gravity gradient inversion by planting anomalous densities (<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16882300>)

### Doutorado em Geofísica

-  Observatório Nacional
-  Novembro de 2011 – Abril de 2016
-  Orientadora: Valéria C. F. Barbosa
-  Tese Modelagem direta e inversão de campos gravitacionais em coordenadas esféricas (<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16883689>)
-  Ganhador do Prêmio SBGf de Melhor Tese de Doutorado (2015–2017)<sup>6</sup>

Minha ida para o Canadá durante a graduação fez com que eu atrasasse minha formatura em um ano. Ao retornar, comecei a explorar as opções do que fazer após terminar a graduação. Após conversar com meus amigos que já estavam formados e trabalhando em empresas voltadas à indústria do petróleo no Rio de Janeiro, cheguei à conclusão de que ainda gostaria de continuar meus estudos e expandir minhas atividades de pesquisa. Minha experiência no Canadá me mostrou o quão benéfico é a exposição a uma diversidade de formas de pensamento que se obtém em diferentes instituições. Por isso, após cinco anos na USP, decidi que estava na hora de buscar uma pós-graduação em outra instituição no Brasil.

O Observatório Nacional (ON) já havia despertado meu interesse após uma visita que fizemos à instituição em 2007 durante uma viagem de nossa turma de graduação para participar do Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica. Além disso, meu amigo e colega de turma [Vanderlei C. Oliveira Jr.](#) já havia se formado e estava cursando o Mestrado em Geofísica do Observatório Nacional (ON) sob supervisão da Professora [Valéria C. F. Barbosa](#). Após uma visita ao Rio de Janeiro em 2009, o Vanderlei me convenceu (sem muito esforço) a me inscrever no Mestrado do ON ao terminar a graduação na USP. Ele também convenceu a Valéria a me orientar, o que considero ser um dos maiores favores que um amigo jamais me fez. Sou eternamente grato ao Vanderlei pela recomendação e à Valéria por aceitar me orientar.

O ambiente da pós-graduação do ON era extremamente produtivo e estimulante. As salas misturavam alunos dos diversos grupos de pesquisa da astronomia e geofísica, facilitando o intercâmbio de ideias entre os alunos. Por exemplo, aprendi muito sobre o processamento de dados sísmicos e de GPR ajudando meu amigo e colega de sala [Saulo Siqueira Martins](#) (atualmente Professor de Geofísica da Universidade Federal do Pará) a utilizar o software [Madagascar](#). Esse conhecimento foi extremamente útil nas minhas atividades de ensino na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (capítulo 6).

A pós-graduação também me forneceu diversas oportunidades de frequentar congressos internacionais com financiamento da CAPES e de projetos da Valéria. Essas participações me ajudaram a estabelecer contatos e criar uma rede de apoio e colaboração internacional. Por exemplo, os contatos que fiz no congresso [Scipy](#) de 2013 e 2014 levaram a minha

<sup>6</sup>Mais informações em <https://sbgf.org.br/premiacoes>



participação na diretoria do [Software Underground](#), a organização de seções em congressos e colaborações com os desenvolvedores do software [SimPEG](#). O incentivo e a liberdade de escolher meus temas de pesquisa dados pela Valéria sempre me motivaram a dar o melhor de mim. Não exagero quando afirmo que conhecer a Valéria foi o acontecimento mais influente na minha carreira.

Durante a pós-graduação, continuei a perseguir meu interesse na programação, no software livre e na ciência aberta. Aprendi como usar o sistema de controle de versão [git](#) e a plataforma [GitHub](#) e como criar páginas da internet com HTML e CSS. Continuei o desenvolvimento do software [Tesseract](#) e criei o projeto [Fatiando a Terra](#) (seção 4.2.2) junto com alguns colegas da graduação, incluindo o Vanderlei. O investimento inicial que fiz na qualidade do código do Fatiando me permitiu terminar meu projeto de Mestrado em apenas 18 meses, concluir minha tese de Doutorado enquanto já trabalhava como Professor Assistente na UERJ (seção 3.1) e elaborar aulas interativas sobre geofísica para meus alunos de geologia.

Em meados de 2013, eu, o Vanderlei e a Valéria iniciamos o grupo de [Problemas Inversos em Geofísica](#) (PINGA). A conta do grupo no [GitHub](#)<sup>7</sup> agrega os repositórios com o código fonte para reproduzir as publicações do grupo. O grupo também conta com uma página na internet<sup>8</sup>, feita em grande parte por mim<sup>9</sup>, onde divulgamos as teses, artigos, projetos e integrantes do grupo.

### 2.3.1 Mestrado

Meu projeto de mestrado era adaptar o método desenvolvido pela Valéria e seu ex-aluno [Fernando Silva Dias](#) ([Silva Dias et al., 2009](#)) para inverter dados de gradiente da gravidade. Na época, esse tipo de dado estava começando a ser utilizado na área de recursos minerais mas ainda havia uma falta de métodos de inversão 3D para sua interpretação. O projeto estava atrelado ao projeto de Doutorado do aluno [Dionisio Uendro Carlos](#), que iria utilizar o método desenvolvido por mim para interpretar dados fornecidos pela empresa [Vale](#).

A abordagem que eu preferia (e prefiro até hoje) para compreender um assunto novo é fazer por conta própria a implementação computacional de todos os conceitos básicos e reproduzir resultados existentes. Logo, comecei meu Mestrado implementando novamente as rotinas básicas necessárias para realizar a inversão: o método de modelagem direta de [Nagy et al. \(2000\)](#), a geração de dados sintéticos, a solução de problemas inversos lineares com regularização e a visualização em 3D dos modelos. Esse código formou a base do projeto [Fatiando a Terra](#) e ainda sobrevive em partes de sua encarnação atual (seção 4.2.2). Minha vontade era encontrar uma abordagem nova, ao invés de simplesmente seguir o que já havia sido feito em [Silva Dias et al. \(2009\)](#). Sendo uma orientadora consciente, a Valéria corretamente me deu somente até o final de meu primeiro ano para explorar diferentes opções. Caso não fosse capaz de desenvolver um método novo, combinamos que eu faria o projeto inicialmente proposto. Tendo esse prazo em mente, trabalhei incessantemente durante o ano de 2010 para desenvolver uma abordagem nova de inversão.

Minha grande descoberta veio quando me deparei com o trabalho de [René \(1986\)](#). Este trabalho relativamente desconhecido propôs um método de inversão 2D de dados de gra-

<sup>7</sup>Disponível em <https://github.com/pinga-lab>

<sup>8</sup>Página do grupo PINGA: <https://www.pinga-lab.org>

<sup>9</sup>Sou o maior contribuidor em termos de linhas de código geradas: <https://github.com/pinga-lab/website/graphs/contributors>.

vidade pouco convencional. Seu método adiciona elementos iterativamente à solução em torno de “sementes” e evita a solução de sistemas lineares, um dos grandes empecilhos computacionais para a inversão 3D. Porém, esse trabalho não explorou completamente as vantagens que o conceito de construir a solução iterativamente possibilitava. Baseado nas ideias de [René \(1986\)](#), criei um método capaz de inverter de maneira conjunta dados de gravimetria tradicional e gradiometria gravimétrica em três dimensões. Adicionei diversas inovações ao método para torná-lo viável a modelos da ordem de milhões de elementos e melhor controlar a forma do modelo final. Essas inovações são resultado direto do meu interesse pela computação, podendo ser rastreadas às disciplinas que cursei ainda na graduação. O resultado foi publicado em meu primeiro artigo ([Uieda and Barbosa, 2012](#)), que formou minha dissertação e foi apresentado nos congressos internacionais da Society of Exploration Geophysicists, European Association of Geoscientists and Engineers, e Sociedade Brasileira de Geofísica (seção 5.3). Esse artigo também foi meu primeiro experimento em ciência aberta. Todo o código para produzir os resultados e figuras do artigo foi publicado em um repositório do GitHub<sup>10</sup> e o material suplementar foi publicado no [figshare](#)<sup>11</sup>.

Terminei meu mestrado em Outubro de 2011 (quatro meses adiantado) e ingressei no Doutorado em Geofísica do Observatório Nacional, ainda sob supervisão da Valéria, logo em seguida.

### 2.3.2 Viagem para Trieste

Em 2011, ainda no Mestrado, fui convidado pela Professora Carla Braitenberg para passar um mês na Università degli studi di Trieste, Itália, para continuar o desenvolvimento do software Tesseroids. Passei Fevereiro de 2011 trabalhando com ela em uma nova versão do software escrito em linguagem C. Na época, produzir um software numérico em Python que pudesse alcançar a performance de programas escritos em C não era uma tarefa fácil. Por isso, decidimos que a melhor alternativa seria reescrever o software em C. Essa nova versão mais eficiente do programa seria necessária para o processamento de dados do satélite GOCE que o grupo de Trieste almejava fazer. Durante minha estadia em Trieste, reescrevi o software na linguagem C, criei uma página para a documentação<sup>12</sup> e desenvolvi um algoritmo de discretização adaptativa para combater o problema de estabilidade numérica do método<sup>13</sup>.

### 2.3.3 Doutorado

Meu projeto de Doutorado era desenvolver métodos para inversão de dados de gravidade 3D em uma aproximação esférica da Terra, combinando assim os temas do meu trabalho de conclusão de curso de graduação e dissertação de Mestrado. A aproximação esférica é necessária para a modelagem em escala continental e global. Também decidimos que o desenvolvimento dos softwares Tesseroids e Fatiando a Terra seriam parte dos objetivos principais da tese. Esses programas seriam os principais “produtos” gerados pelo meu Doutorado para a comunidade científica.

<sup>10</sup>Disponível em <https://github.com/pinga-lab/paper-planting-densities>

<sup>11</sup>Disponíveis em <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.91574> e <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.91469>

<sup>12</sup>Disponível em <https://tesseroids.leouieda.com>

<sup>13</sup>O *commit* 0af974f introduziu a discretização adaptativa de tesseroides em 11 de Fevereiro de 2011: <https://github.com/leouieda/tesseroids/commit/0af974f26a15f98f1072ccc6c4ebf29588863f51>





Os dois primeiros anos do meu Doutorado foram dedicados ao desenvolvimento dos programas e à colaborações com outros membros do recém-formado PINGA. Participei da concepção, execução e escrita dos trabalhos Oliveira Jr. et al. (2013), Melo et al. (2013), Carlos et al. (2014), Oliveira Jr. et al. (2015) e Carlos et al. (2016). Expandi a gama de funções disponíveis no Fatiando a Terra<sup>14</sup> e apresentei meus trabalhos em diversos congressos internacionais.

No final de 2013, me inscrevi e fui aprovado no concurso público para a vaga de Professor Assistente no Departamento de Geologia Aplicada da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (seção 3.1). Entre 2014 e 2016, exerci minhas tarefas de docente da UERJ enquanto terminava os trabalhos Uieda et al. (2016) e Uieda and Barbosa (2017). Esses dois anos foram muito desafiadores, principalmente no período de adaptação ao meu novo cargo de Professor. Graças ao investimos que havia feito no Fatiando a Terra nos quatro anos anteriores, fui capaz de desenvolver, aplicar e publicar o método descrito em Uieda and Barbosa (2017) durante o pouco tempo vago que tive em 2015 e 2016<sup>15</sup>. Em Abril de 2016, defendi minha tese de Doutorado intitulada “Modelagem direta e inversão de campos gravitacionais em coordenadas esféricas”, composta pelos trabalhos Uieda et al. (2013), Uieda et al. (2016) e Uieda and Barbosa (2017). Fui ganhador do Prêmio SBGf de Melhor Tese de Doutorado (2015–2017)<sup>16</sup> e esses três artigos estão entre meus trabalhos com maior número de citações<sup>17</sup>.

## 2.4 Formação complementar em pedagogia

Minha formação no Bacharelado, Mestrado e Doutorado me prepararam bem para uma carreira de pesquisa. Porém, senti que ainda havia lacunas no meu treinamento, principalmente na área de ensino. Busquei preencher essas lacunas através dos cursos complementares em técnicas práticas de ensino e teoria pedagógica descritos abaixo.

### 2.4.1 Software Carpentry

	<b>The Carpentries Instructor Training</b>
	<b>The Carpentries</b>
	9–10 de Julho de 2018
	Habilitação para organizar e ministrar os cursos <i>Software Carpentry</i> , <i>Data Carpentry</i> e <i>Library Carpentry</i> , incluindo treinamento em pedagogia e práticas de ensino de programação e ciência de dados

Me deparei com o [Software Carpentry](#) em 2008 durante meu intercâmbio na York University. Na época, a organização consistia de uma página na internet com informações para treinamento de cientistas em técnicas de engenharia de software<sup>18</sup>. Esse material

<sup>14</sup>Ver lista de mudanças nas versões v0.1 e v0.2 em <https://legacy.fatiando.org/changelog.html>

<sup>15</sup>O primeiro *commit* do repositório do GitHub do artigo é de Março de 2015: <https://github.com/pinga-lab/paper-moho-inversion-tesseroids/commit/edd0e33a200bd1946be0020a38d1d362d93f2c36>

<sup>16</sup>Mais informações em <https://sbgf.org.br/premiacoes>

<sup>17</sup>Segundo o Google Scholar em 27/12/2022: <https://scholar.google.com/citations?user=qfmPrUEAAAAJ&hl=en>

<sup>18</sup>Infelizmente, a versão do material de 2008 só está disponível no repositório <https://github.com/swcarpentry/v3>




abriu meus olhos para o mundo da engenharia de software que ia muito além das disciplinas de programação que cursei na USP durante minha graduação. Passei grande parte do meu tempo livre durante os meses de inverno no Canadá imerso no Software Carpentry, aprendendo sobre o sistema de controle de versão [subversion](#) (precursor do [git](#)), testes unitários, programação defensiva, automatização com o [GNU Make](#), expressões regulares, programação em [bash](#), entre outros. Busquei aplicar esses conceitos novos imediatamente, tanto para as tarefas das disciplinas que estava cursando quanto para meu trabalho de conclusão de curso e para o programa Tesseractoids. Utilizo todas as lições que aprendi com o Software Carpentry diariamente na minha pesquisa, ensino e até mesmo para escrever esse memorial (que está armazenado em um repositório privado no GitHub e utiliza o Make para compilação do código  $\text{\LaTeX}$ ).

Atualmente, o Software Carpentry é parte da organização sem fins lucrativos [The Carpentries](#), que promove internacionalmente cursos de curta duração em engenharia de software para cientistas. Os cursos são ministrados, e frequentemente organizados, voluntariamente por instrutores credenciados. Em 2018, realizei o curso de habilitação de instrutores do The Carpentries e me tornei um instrutor credenciado<sup>19</sup>. O curso cobre técnicas para ensino de programação baseadas em evidências da literatura pedagógica (resumidas em [Brown and Wilson, 2018](#)). A habilitação me permite organizar e ministrar cursos oficiais do The Carpentries.


Utilizo as técnicas aprendidas tanto em minhas aulas de programação em Python como nas aulas de geofísica que possuem uma componente computacional (capítulo 6), que são a grande maioria das aulas que dou atualmente. A experiência que tive com o uso eficaz de tecnologias para ensino virtual que foram utilizadas nas etapas finais do curso (Zoom, Google Docs, etc.) foram extremamente valiosas durante a transição para o ensino online causada pela pandemia de COVID em 2020 e 2021.

## 2.4.2 Pedagogia no ensino superior

### Postgraduate Certificate in Academic Practice

 Universidade de Liverpool

 Novembro de 2020 – Maio de 2022

 Curso de pós-graduação em pedagogia no ensino superior que me confere o título de *Fellow of the Higher Education Academy* (número de referência PR242069)

Durante meu segundo ano em Liverpool, realizei o curso de pós-graduação Postgraduate Certificate in Academic Practice (PGCAP) oferecido pela Faculty of Humanities and Social Sciences da universidade. A conclusão do PGCAP em 2022 me conferiu o título de *Fellow of the Higher Education Academy*<sup>20</sup>, que é necessário para progressão na carreira acadêmica nas instituições da Inglaterra. O curso foi dividido em duas partes: a primeira composta de aulas sobre teoria pedagógica aplicada ao ensino superior e a segunda composta de um projeto de pesquisa ou revisão em pedagogia.

Meu projeto para a segunda parte do curso foi uma revisão bibliográfica sobre a técnica de observação por pares aplicada ao ensino superior ([Cosh, 1998](#); [Fletcher, 2018](#); [O’Keeffe](#)

<sup>19</sup>Mais informações em <https://carpentries.org/instructors/#leouieda>

<sup>20</sup>Mais informações em <https://www.advance-he.ac.uk/fellowship/fellowship>

et al., 2021). Observação por pares se refere a diversas técnicas que envolvem professores assistirem e revisarem aulas de outros professores. Resolvi abordar esse tema após realizar uma sessão de observação por pares durante a primeira parte do curso. De todas as atividades que fizemos no PGCAP, essa foi a que mais me beneficiou e me pareceu ter o maior potencial para difundir boas práticas pedagógicas entre os professores. Minha revisão bibliográfica e demais reflexões e notas do curso estão disponíveis em <https://www.leouieda.com/pgcap>.

# Atuação Profissional



**Figura 3.1:** Foto de uma apresentação que fiz para o *Geographic Data Science Lab* da Universidade de Liverpool em Março de 2020. O propósito da palestra foi me apresentar para o grupo pouco após minha chegada em Liverpool e tentar estabelecer temas para colaborações futuras.

## **Resumo da atuação profissional**

2014–2018	<b>Professor Assistente – Universidade do Estado do Rio de Janeiro</b>
2017–2019	<b>Pesquisador Visitante – University of Hawai‘i at Mānoa, E.U.A.</b>
2019–2022	Topic Editor <sup>†</sup> – Journal of Open Source Software (voluntário)
2019–2022	Advisory Council Member <sup>†</sup> – EarthArXiv
2019–atual	<b>Lecturer (Professor Doutor) – University of Liverpool, Reino Unido</b>
2020–atual	Fellow <sup>†</sup> – Software Sustainability Institute
2022–atual	Board Member <sup>†</sup> – Software Underground
2022–atual	Advisory Committee Member <sup>†</sup> – pyOpenSci

<sup>†</sup>Posição não remunerada

Este capítulo relata minha atuação profissional, tanto como funcionário em instituições de ensino superior, quanto como voluntário em posições de liderança em organizações sem fins lucrativos que servem a comunidade científica. Os relatos abaixo se referem somente à atividades institucionais e experiências pessoais. Minhas linhas de pesquisa (incluindo a orientação de alunos) e atividades de ensino e extensão serão discutidas nos capítulos 5, 6, respectivamente.

### 3.1 Universidade do Estado do Rio de Janeiro

🏛️ Vínculo institucional	
👤	Professor Assistente
📍	Departamento de Geologia Aplicada – Faculdade de Geologia
📅	Fevereiro 2014 – Janeiro 2018 <sup>1</sup>
🏆	Paraninfo da turma de formandos da Geologia (ano de ingresso 2012)
☰ Atividades institucionais	
2014–2017	Coordenador: Laboratório de Geofísica de Exploração (LAGEX)
2014–2017	Coordenador: Projeto Qualitec para contratação de um bolsista de nível superior para atuar no LAGEX
2015–2017	<i>Faculty Advisor</i> : Capítulo Estudantil da Society of Exploration Geophysicists (UERJ Geophysical Society)
2015	Representante docente titular da sub-comissão eleitoral da Faculdade de Geologia

No final de 2013, durante meu segundo ano do Doutorado, surgiu a oportunidade de prestar o concurso público para cargo de Professor Assistente na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Somente era necessário o título de Mestre e o concurso era para a área de Geofísica. Por recomendação da minha orientadora Valéria C. F. Barbosa, decidi prestar o concurso pois seria uma excelente oportunidade para iniciar uma carreira acadêmica antes mesmo de terminar meu Doutorado. Felizmente, fui aprovado em primeiro lugar no concurso e tomei posse do cargo de Professor Assistente na UERJ em Fevereiro de 2014. De início, assumi a posição de coordenador do Laboratório de Geofísica de Exploração (LAGEX) e fui responsável por duas novas disciplinas de geofísica do Bacharelado em Geologia e outras disciplinas do Bacharelado em Oceanografia (seção 6.2).

Na coordenação do LAGEX, liderei nossa aplicação para uma chamada de projetos interna da UERJ (QUALITEC) que forneceria financiamento para a contratação de um bolsista de nível superior por quatro anos. Nossa aplicação foi bem sucedida e no final de 2014 nomeei o [Victor Thadeu Xavier de Almeida](#) para assumir a bolsa. O Victor era responsável por manter os computadores GNU/Linux do LAGEX, por auxiliar no ensino de disciplinas de graduação que utilizavam o laboratório e também por contribuir com o desenvolvimento do Fatiando a Terra. Ter o Victor no LAGEX durante minha estadia foi excelente e elevou minhas contribuições de ensino, pesquisa e desenvolvimento do Fatiando.

Ainda em 2014, trabalhei com os alunos [Caroline Adolphsson Nascimento](#) e [Gustavo do Couto Ramos Pereira](#) para fundar um capítulo estudantil da [Society of Exploration Geophysicists](#) (SEG) na UERJ. Os capítulos da SEG proporcionam diversas oportunidades de desenvolvimento profissional para os alunos através do financiamento de sua participação no congresso anual nos E.U.A., campeonatos regionais e ciclos de palestras internacionais. O capítulo, denominado “State University of Rio De Janeiro Geophysical Society” foi fundado

<sup>1</sup>Afastado entre Fevereiro de 2017 e Janeiro de 2018 para trabalhar na University of Hawai’i at Mānoa

oficialmente em Janeiro de 2015 e ainda encontra-se em operação<sup>2</sup>.




Após terminar meu doutorado em 2016, comecei a cogitar pedir um afastamento de um ano para fazer um pós-doutorado fora do país. Isso foi motivado em partes pelo meu cansaço após dois intensos anos trabalhando em período integral enquanto terminava o Doutorado, mas também em parte porque minha parceira (e atual esposa) [Ana Caroline Colombo](#) iria passar um ano na [Stony Brook University](#) nos Estados Unidos como parte de seu doutorado. A oportunidade de continuarmos no mesmo país surgiu na forma do cargo de Pesquisador Visitante na [University of Hawai'i at Mānoa](#) para trabalhar com o [Generic Mapping Tools](#) (GMT), um dos projetos de software livre de maior impacto na geofísica. Essa oportunidade era muito boa para ser passada e então pedi meu afastamento da UERJ por um ano a partir de Fevereiro de 2017.

Uma escolha muito mais desafiadora se apresentou em Janeiro de 2018 quando meu afastamento chegaria ao fim. Meu envolvimento no GMT estava sendo proveitoso e havia financiamento para me manter no cargo por mais um ano e meio, com a possibilidade de conseguirmos mais recursos no futuro. Ao mesmo tempo, as condições financeiras e sociais no Brasil continuaram a piorar, principalmente no Rio de Janeiro. A UERJ se encontrava em grave situação financeira, causando o atraso no pagamento dos servidores. A escolha entre a certeza do meu cargo na UERJ e a incerteza de uma posição temporária nos Estados Unidos não foi fácil. Por fim, decidi que a melhor escolha para mim e para minha família naquela fase da nossa vida seria tentar a sorte no exterior e pedir exoneração do cargo da UERJ.

Minha experiência na UERJ foi positiva e muito educativa. Avancei minhas linhas de pesquisa e fiz amizades com outros professores e servidores da Faculdade de Geologia. Também foi na UERJ que eu tive confirmação de que é na interação com os alunos, tanto no papel de professor quanto de mentor, onde encontro a maior satisfação profissional. Meus esforços foram reconhecidos pelos alunos pois tive a honra de ser escolhido como paraninfo da turma de formandos da Geologia em 2016 (ano de ingresso 2012), que foi a primeira turma a qual dei aulas de geofísica.

## 3.2 University of Hawai'i at Mānoa

### Vínculo institucional

-  Pesquisador Visitante
-  Department of Earth Sciences – School of Ocean and Earth Science and Technology
-  Fevereiro 2017 – Agosto 2019

Comecei a contemplar a possibilidade de fazer um pós-doutorado no exterior após defender minha tese de doutorado em meados de 2016. Na busca por oportunidades de financiamento, me inscrevi em todas as listas de email e classificados que pude encontrar<sup>3</sup>. Foi assim que me deparei com um email do Professor [Paul Wessel](#) divulgando uma posição para desenvolver uma ponte entre o software [Generic Mapping Tools](#) (GMT) e a linguagem

<sup>2</sup>Segundo <https://seg.org/Education/Student/Student-Chapter-Details/student-chapter-listing-details/scID/000000440245> (acessado em 03/01/2023)

<sup>3</sup>Até escrevi um artigo no meu blog com uma lista desses recursos: <https://www.leouieda.com/blog/job-sites.html>

de programação Python. Tanto o Paul quanto o GMT são mundialmente famosos e o meu perfil se encaixava perfeitamente na descrição das qualificações necessárias para a vaga. Após uma entrevista por vídeo conferência com o Paul e os outros desenvolvedores do GMT, fui informado de que havia sido selecionado para a vaga. Em Fevereiro de 2017 me mudei do Rio de Janeiro para Honolulu, E.U.A., para começar essa nova etapa.

Conhecer e trabalhar com o Paul foi o destaque da minha estadia na University of Hawai'i at Mānoa (UH). Aprendi muito com ele, não somente sobre desenvolvimento de software mas sobre como o sistema acadêmico americano funciona, como escrever projetos para agências de fomento, como ser um líder que eleva as pessoas ao meu redor e como ser humilde e reconhecer todos os fatores externos que possibilitaram meu sucesso. O jeito descontraído, bem humorado e energético do Paul é contagiante. Sua paixão e brilhantes contribuições para a ciência são fruto de uma vida fazendo exatamente o que mais gosta.

Minha experiência na UH foi diversa, incluindo participações em congressos e até uma experiência de três dias no navio científico [R/V Kilo Moana](#). Criei uma rede de colaboradores nos E.U.A. através do Paul, principalmente com o grupo do Professor [David Sandwell](#) do Scripps Institution of Oceanography. Esse grupo desenvolve o software [GMTSAR](#) para processamento de dados de Synthetic Aperture Radar (SAR) e a geração de interferogramas com a técnica InSAR. Íamos ao Scripps anualmente para trabalhar com o grupo no software e ajudar a ministrar o curso de GMT e GMTSAR que era promovido pela organização [UNAVCO](#) (seção 6.1). Minhas contribuições para o GMT serão discutidas mais adiante na seção 4.2.3.

O tempo que passei em Honolulu foi inesquecível. Porém, quando comecei a avaliar as opções para permanecer a longo prazo na UH ou outra instituição do país, percebi que a carreira acadêmica nos E.U.A. era excessivamente estressante e incerta. Como eu e minha esposa sentíamos que ainda não estávamos prontos para retornar ao Brasil, retomei minha busca por oportunidades de emprego no exterior que possibilitassem um balanço melhor entre a vida pessoal e profissional. Foi assim que encontrei um anúncio para uma vaga na área de geofísica na University of Liverpool no Reino Unido.

### 3.3 University of Liverpool

🏛️ Vínculo institucional	
👤	Lecturer ( <i>equivalente a Professor Doutor</i> )
📍	Department of Earth, Ocean and Ecological Sciences – School of Environmental Sciences
📅	Agosto 2019 – Presente
☰ Atividades institucionais	
2020–2022	Comissão para avaliação do website do departamento
2020–atual	Early Career Academic (ECA) Representative – Earth Sciences
2022–atual	Coordenador de curso: Bacharelado em Geofísica e Mestrado em Geologia e Geofísica

Com meu financiamento para me manter nos E.U.A. chegando ao fim e um desejo de



continuar no exterior por mais tempo, retomei minha busca por novas oportunidades de pós-doutorado ou uma posição permanente. No final de 2018 encontrei a chamada para uma vaga na University of Liverpool de Lecturer (que no Reino Unido é equivalente a Professor Doutor) na área de geofísica. Descobri que o curso de geofísica de Liverpool possui uma longa tradição e que diversos membros do departamento possuem ligações com o Brasil na área de oceanografia geológica, geomagnetismo e paleomagnetismo. Por conta desses fatores positivos, apliquei para a vaga e fui chamado para uma entrevista no início de 2019. Durante minha primeira viagem a Liverpool, pude confirmar que o departamento era acolhedor e agradável de se trabalhar. Mesmo com o *jet lag* severo por conta da diferença de 10 horas entre Honolulu e Liverpool, fui bem sucedido no processo seletivo e dei início ao meu cargo de Lecturer em Agosto de 2019.

Ao chegar em Liverpool, fundei o grupo de pesquisa [Computer-Oriented Geoscience Lab](#) (CompGeoLab) com meu então aluno de doutorado [Santiago R. Soler](#) e comecei a buscar outros alunos para se juntarem ao grupo (mais informações sobre orientações na seção 5.1). Ministrei um total de sete disciplinas de graduação, incluindo trabalho de campo de geofísica, programação em Python, sensoriamento remoto e geodinâmica (seção 6.2). Assumi o cargo de representante de acadêmicos em início de carreira (*Early Career Academic Representative*), ou seja, servidores no nível de Lecturer. Minha responsabilidades incluem a organização eventos para desenvolvimento profissional, eventos sociais entre departamentos, mentoria de novos Lecturers e representação da categoria em comissões administrativas da universidade. Entre 2020 e 2022, participei de uma comissão interna do departamento para avaliar, organizar e atualizar nossa página na internet<sup>4</sup>. Em 2022, assumi o cargo de coordenador dos cursos de Bacharelado em Geofísica e Mestrado em Geologia e Geofísica.

Como coordenador, sou responsável por recrutar alunos, alocar professores para as disciplinas, revisar a estrutura do curso, revisar outros cursos da School of Environmental Sciences, organizar atividades para os calouros, dar apoio aos alunos e lidar com casos administrativos como transferências de curso, trancamento, etc. Atualmente, eu e o coordenador dos cursos de geologia estamos reformulando a estrutura dos cursos para modernizá-los e possibilitar mais integração entre as áreas. Além disso, estamos criando uma nova especialização em geofísica para o Bacharelado em Física. O que mais senti falta durante os dois anos e meio que passei em Honolulu era o contato direto com os alunos. Estar novamente em uma posição que me permite ensinar e atuar como mentor é muito gratificante. Por isso, eu almejava assumir a posição de coordenador do curso em algum ponto para ter uma visão mais geral de como os cursos são gerenciados pela universidade. Não esperava que a oportunidade viesse tão cedo (somente por conta de problemas de saúde do coordenador anterior) mas fiquei contente em assumir a responsabilidade e poder ter um impacto positivo no curso.

## 3.4 Atuação na Comunidade Científica

### ☰ Resumo das atividades

<sup>4</sup>Disponível em <https://www.liverpool.ac.uk/earth-ocean-and-ecological-sciences/>

2019–2022	Topic Editor – <a href="#">Journal of Open Source Software</a> (ISSN 2475-9066)
2019–2022	Advisory Council Member – <a href="#">EarthArXiv</a>
2020–atual	Fellow – <a href="#">Software Sustainability Institute</a>
2022–atual	Board Member – <a href="#">Software Underground</a>
2022–atual	Advisory Committee Member – <a href="#">pyOpenSci</a>

Além dos vínculos institucionais acima descritos, tenho uma participação extensa na comunidade científica, principalmente na interseção entre geociências, infraestrutura digital da ciência (e.g., software livre científico) e ciência aberta. Fui membro da banca de trabalhos de conclusão de Doutorado e Mestrado da Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (aluno Peter Haas), University of Liverpool (aluna Yael Annemiek Engbers) e Universidade do Estado do Rio de Janeiro (aluna Natacha Medeiros Rocha). Atuei como revisor dos periódicos<sup>5</sup>: *Geophysical Journal International*, *Geophysics*, *Journal of Geodesy*, *Pure and Applied Geophysics*, *Journal of Applied Geophysics*, *Geophysical Prospecting*, *Central European Journal of Geosciences*, *Computers and Geosciences* e *Journal of Open Source Software*. Organizei sessões para os congressos internacionais AGU Fall Meeting de 2018 e 2019 e EGU General Assembly de 2021.

### 3.4.1 Journal of Open Source Software

Em 2019 fui convidado a me juntar ao corpo editorial do [Journal of Open Source Software](#) (JOSS)<sup>6</sup> como Topic Editor na área de geociências. O JOSS é um periódico que é operado no modelo *diamond open access* onde a publicação é gratuita, os autores retem seus direitos autorais e os artigos são disponibilizados gratuitamente com uma licença [Creative Commons Attribution](#) (CC-BY). Seu objetivo é fornecer crédito, através de publicações revisadas por pares, aos cientistas que se dedicam à criação de ferramentas de software livre para o benefício da comunidade científica. Necessitei me afastar dessa posição na metade de 2022 quando assumi o cargo de coordenador do curso de graduação para dar conta da carga horária administrativa mais elevada. Espero poder retornar ao JOSS no futuro próximo.

### 3.4.2 Software Underground

O [Software Underground](#) teve seu início em 2014 como uma lista de emails<sup>7</sup> para pessoas interessadas em geociências e programação. Em seguida, a comunidade migrou para a plataforma [Slack](#) onde cresceu rapidamente, atualmente contando com mais de 4000 membros. Em 2020, o Software Underground se tornou uma sociedade profissional sem fins lucrativos incorporada no Canadá. Além da plataforma Slack, a nova sociedade organiza eventos online e presenciais e dá apoio aos projetos de software livre desenvolvidos pela comunidade (como o Fatiando a Terra).

Estou envolvido no Software Underground desde o início. Ter essa comunidade online ativa foi ainda mais importante durante o isolamento forçado por conta da pandemia de COVID em 2020 e 2021. Em 2022 me juntei à diretoria da sociedade como *Board Member*<sup>8</sup>. Meus maiores objetivos como parte da diretoria são estabelecer um mecanismo de apoio

<sup>5</sup> Mais informações em <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/G-3258-2012>

<sup>6</sup> Mais informações em [https://joss.theoj.org/about#editors\\_emeritus](https://joss.theoj.org/about#editors_emeritus)

<sup>7</sup> Ainda disponível em <https://groups.google.com/g/softwareunderground>

<sup>8</sup> Mais informações em <https://softwareunderground.org/board>



financeiro pra projetos de software livre em geociências e progredir com a iniciativa de publicações científicas regidas pela sociedade, que está sendo feito em parceria com meu amigo [Rowan Cockett](#), outro membro da diretoria e fundador da plataforma [Curvenote](#).

### 3.4.3 Software Sustainability Institute

Em 2020, fui premiado com um *Fellowship* do [Software Sustainability Institute](#) (SSI) que inclui a afiliação não remunerada ao instituto e acesso a financiamento para organizar eventos e atividades relacionadas à missão de aprimorar a criação e manutenção de software para pesquisa. Como *Fellow*, eu tenho acesso à rede de contatos do instituto e participação nos eventos e cursos organizados por eles. Utilizei meu financiamento para organizar um encontro de geocientistas com interesse na ciência aberta chamado [Geo+Code](#) (figura 4.1), onde demos início ao desenvolvimento de recursos educacionais abertos para geofísica aplicada (seção 4.3). O evento contou com a participação de 15 pesquisadores, professores e profissionais da indústria de nove instituições diferentes do Reino Unido e Irlanda. Já estamos planejando uma segunda e terceira iteração do evento para continuarmos o trabalho e produzir um livro digital aberto de geofísica aplicada com ênfase no uso de computação para o aprendizado.

### 3.4.4 EarthArXiv

O [EarthArXiv](#) é um repositório de [preprints](#) criado em 2017 e mantido pela comunidade geocientífica. Entre 2019 e 2022, servi como membro do Advisory Council<sup>9</sup>, auxiliando na migração do repositório para uma nova plataforma hospedada na [California Digital Library](#) e na avaliação de submissões antes de serem publicadas.

### 3.4.5 pyOpenSci

A organização [pyOpenSci](#) foi fundada em 2019 pela Dra. [Leah Wasser](#). Baseada no modelo do [rOpenSci](#), a organização tem como objetivo ajudar cientistas a desenvolverem software livre de qualidade na linguagem Python. Conheci a Leah durante um painel sobre dados abertos na AGU Fall Meeting de 2018 e me envolvi nas etapas iniciais do estabelecimento do [pyOpenSci](#) através das sessões de mesa redonda que organizei na AGU Fall Meeting de 2018 e 2019. Em 2022, me juntei oficialmente ao projeto como *Advisory Committee Member*<sup>10</sup>, auxiliando na criação das normas para revisão de submissões e no estabelecimento de parcerias com outras organizações como o Journal of Open Source Software e o Software Underground.

<sup>9</sup>Mais informações em <https://eartharxiv.github.io/AdvisoryCouncil.html>

<sup>10</sup>Mais informações em <https://www.pyopensci.org/our-community/#pyopensci-working-advisory-committee>



**Figura 4.1:** Foto do evento *Geo+Code UK* que organizei com meu financiamento do [Software Sustainability Institute](#) em Novembro de 2022. Durante o evento, demos início à criação de um livro texto digital sobre geofísica aplicada que será desenvolvido conjuntamente por educadores de diversas instituições do Reino Unido e Irlanda.

## **Portfólio de produção em ciência aberta**

- Página pessoal: <https://www.leouieda.com>
- Grupo de pesquisa: <https://www.compgeolab.org>
- GitHub: <https://github.com/leouieda> (código, material didático)
- figshare: [https://figshare.com/authors/Leonardo\\_Uieda/97471](https://figshare.com/authors/Leonardo_Uieda/97471) (dados, apresentações, material suplementar)
- Impactstory: <https://impactstory.org/u/0000-0001-6123-9515> (análise contextual da produção aberta)
- YouTube: <https://youtube.com/LeonardoUieda> (palestras, tutoriais, aulas)






Este capítulo relata minhas atividades relacionadas a ciência aberta: desenvolvimento de software livre, dados abertos, reprodutibilidade e recursos educacionais abertos. Essas atividades estão intrinsecamente ligadas à minhas linhas de pesquisa (capítulo 5) e atividades de ensino (capítulo 6). Porém, decidi dedicar um capítulo a elas pois as considero atividades complementares e tão importantes quanto publicações e aulas dadas.

## 4.1 Introdução

Meu primeiro contato com o movimento de [software livre](#) foi durante meu curso de graduação na Universidade de São Paulo (seção 2.1), onde utilizávamos computadores com o sistema GNU/Linux e o software [Seismic Unix](#) nossas aulas. Fui cativado pelas ideias de liberdade para modificar e experimentar com programas e a cultura de se desenvolver produtos para o bem comum de maneira colaborativa e transparente. Para mim, esses são os ideais que a ciência idealiza mas que na prática acabam não sendo realizados por diversas razões, incluindo a elevada competitividade e falta de incentivos que dominam a ciência no século XXI.

Desde a elaboração de meu primeiro artigo ([Uieda and Barbosa, 2012](#)), decidi que iria sempre buscar atingir esses ideais de transparência e colaboração sem barreiras em tudo o que faço, mesmo que o resultado disso fosse que meu currículo não seria bom o suficiente para uma carreira acadêmica. Felizmente, esse receio inicial não se realizou e percebo hoje as grandes vantagens em termos de impacto, reputação e oportunidades que essa dedicação me proporcionou. Atualmente todos os meus artigos como primeiro autor, e diversos como coautor, incluem todo o código necessário para reproduzir todos os resultados apresentados. Mais que isso, busco utilizar somente dados que estão disponíveis com licenças abertas (e.g., [CC-BY](#)) e publicar em acesso aberto para garantir que qualquer pessoa interessada possa reproduzir meus resultados. Esses princípios estão descritos de forma mais extensa no manual de operações<sup>1</sup> do [Computer-Oriented Geoscience Lab](#), um documento que criamos para informar novos colaboradores e membros do grupo sobre nossas expectativas em relação à ciência aberta. Essa abordagem se estende ao material didático que desenvolvo para minhas aulas e quase todos os outros aspectos da minha atuação profissional, incluindo apresentações orais e em formato pôster e figuras ilustrativas. Todo esse material pode ser encontrado nas diversas plataformas listadas no “Portfólio de produção em ciência aberta” acima.

### Apresentações sobre ciência aberta

- 2022 **Uieda, L.** Getting started with Open Science, *SPIN SPIN-ITN: Seismological Parameters and Instrumentation*.  Código: <https://github.com/leouieda/2022-05-06-spin-open-science>.
- 2021 **Uieda, L.**, Soler, SR. Python-based workflows for small-to-medium sized data: what works, what doesn't, and what can be improved, *AGU Fall Meeting*.  Código: <https://github.com/compgeolab/agu2021>.  
**Uieda, L.** Academia e software livre: Desafios e oportunidades no Brasil e no exterior, *National Observatory's SEG and EAGE Student Chapter*, Rio de Janeiro, Brazil.  Código: <https://github.com/leouieda/2021-07-22-on>.  Vídeo: <https://youtu.be/r2x-DN6laj8>.
- 2020 **Uieda, L.** Geophysical research powered by open-source, *Departamento de Geofísica, IAG, Universidade de São Paulo*.  Código: <https://github.com/leouieda/2020-06-18-usp>.  Vídeo: <https://youtu.be/VqI8BX1Yg54>.

<sup>1</sup>Disponível em <https://github.com/compgeolab/manual>

**Uieda, L.** Geophysical research powered by open-source, *Christian Albrechts Universität zu Kiel*, Kiel, Germany. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/2020-07-01-kiel>.

**Uieda, L.** Geophysical research powered by open-source, *Technische Universität Bergakademie Freiberg*. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/2020-06-04-freiberg>.

**Uieda, L.** Geophysical research powered by open-source, *Geographic Data Science Lab, University of Liverpool*. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/liverpool-gdsl-2020>.

2019 **Uieda, L.** Building the foundations for open-source geophysics, *University of Liverpool*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.10255832>.

2017 **Uieda, L.**, Wessel, P. Nurturing reliable and robust open-source scientific software, *AGU Fall Meeting*. 📺 Vídeo: <https://youtu.be/0GO4ZZ5Ry6M>.

## 4.2 Software livre

O termo *software livre* se refere a programas de computador que respeitam as liberdades de seus usuários de acessar, reutilizar e modificar o seu código fonte. Essas liberdades são geralmente garantidas pelo uso de licenças aprovadas pela [Open Source Initiative](#) (OSI). Desde a graduação, estou envolvido na produção de software livre para uso na ciência. Sou o criador dos programas *Tesseroids*, *Fatiando a Terra*, *PyGMT* e *xlandsat*. Além disso, contribuo com o desenvolvimento de outros projetos de software livre<sup>2</sup>, principalmente na linguagem Python.

Todos esses projetos são utilizados na minha pesquisa (capítulo 5) e ensino (capítulo 6). Para promover a sinergia entre essas atividades e o desenvolvimento dos softwares, adotamos a seguinte abordagem no [CompGeoLab](#):

- Todas as contribuições metodológica resultantes da nossa pesquisa devem ser incluídas em algum software livre, seja um dos que desenvolvemos internamente ou projetos desenvolvidos pela comunidade científica.
- Código desenvolvido ao longo da pesquisa que não é de caráter inovador (e.g., funções baseadas em trabalhos já publicados ou rotinas básicas) deve ser incluído em algum software livre imediatamente.
- Código que é de caráter inovador poderá ser desenvolvido privadamente até o momento da publicação do artigo/tese/dissertação. Após a publicação, o código deve ser integrado a um projeto de software livre.
- O software desenvolvido pelo CompGeoLab deve ser distribuído com uma licença que facilite seu uso pelo setor privado (e.g., [BSD](#) ou [MIT](#)).

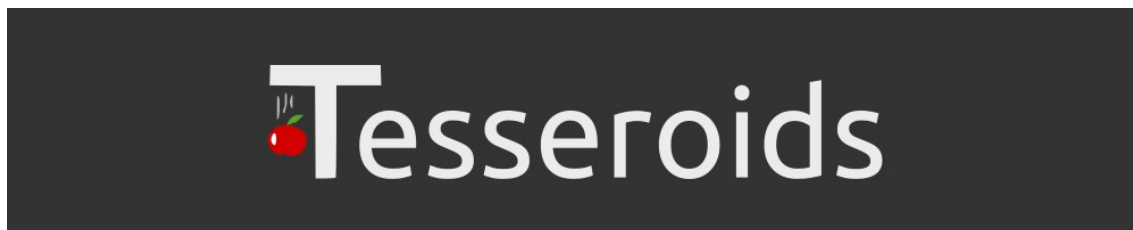
Essas regras visam maximizar o impacto de nossa pesquisa, com toda a comunidade científica e o setor privado podendo usufruir de nossos esforços sem restrições. Até o momento, essa abordagem também se mostrou muito vantajosa para minha carreira e a de meus colaboradores. As publicações que são acompanhadas pelas ferramentas computacionais (e.g., [Uieda and Barbosa, 2017](#); [Uieda et al., 2016](#)) costumam ser mais citadas que minhas outras publicações<sup>3</sup>.

Apresento a seguir um resumo da minha produção relacionada a software livre.

<sup>2</sup>Como pode ser observado pela minha atividade no GitHub: <https://github.com/leouieda>

<sup>3</sup>Segundo dados da plataforma Google Scholar <https://scholar.google.com/citations?user=qfmPrUEAAAAJ> (acessado em 10/01/2023)

### 4.2.1 Tesseroids



**Figura 4.2:** Logo do software Tesseroids, com uma maçã caindo da letra “T” para representação a lei da gravitação de Newton.

**Informações sobre o projeto**

🔗 Página principal: <https://tesseroids.leouieda.com>

🔗 Código: <https://github.com/leouieda/tesseroids>

🔗 Licença: [BSD 3-clause](#)

📄 146 citações no [Google Scholar](#)<sup>4</sup> (acessado em 27/12/2022)

**Artigos publicados**

2016 **Uieda, L.**, Barbosa, VCF, Braitenberg, C. Tesseroids: Forward modeling gravitational fields in spherical coordinates, *Geophysics*, <https://doi.org/10.1190/geo2015-0204.1>. 📄

Código: <https://github.com/pinga-lab/paper-tesseroids>.

O Tesseroids foi meu primeiro projeto de software, o tema do meu trabalho de conclusão de curso de graduação (seção 2.1.2) e um dos capítulos da minha tese de doutorado (seção 2.3.3). A primeira versão do software foi feita da linguagem C na forma de programas de linha de comando. Cada programa era capaz de ler a geometria dos tesseroides e calcular o potencial gravitacional ou uma de suas primeiras ou segundas derivadas espaciais nos pontos especificados pelo usuário. Como estava aprendendo a linguagem Python, resolvi reescrever o código ainda durante minha iniciação científica para poder utilizar as diversas bibliotecas disponíveis na linguagem e evitar o trabalho de compilar o código para diferentes sistemas operacionais. Porém, a versão do código em Python era consideravelmente mais lenta que a versão original em C. Isso era devido à minha limitação como programador, não às limitações da linguagem e ferramentas disponíveis na época. Em 2011, durante meu mestrado, fui convidado pela Professora Carla Braitenberg para passar um mês na Università degli studi di Trieste reescrevendo o software na linguagem C como no modelo que havia feito inicialmente. Essa última versão do Tesseroids possui diversas vantagens sobre as anteriores:

1. Execução mais rápida por conta do código otimizado em C.
2. Documentação na forma de uma página na internet, que aprendi como gerar através do meu trabalho no Fatiando a Terra (seção 4.2.2).
3. Programas para calcular o feito de prismas retangulares retos em coordenadas esféricas, usados para avaliar os resultados obtidos com tesseroides.

<sup>4</sup>Citações ao trabalho [Uieda et al. \(2016\)](#).



4. Programas para auxiliar na geração de modelos topográficos.
5. Testes unitários para verificar o funcionamento correto do código de forma automática<sup>5</sup>.
6. Distribuição de versões compiladas do código para as plataformas Linux e Windows em 32 e 64 bits.
7. Utilização do serviço [TravisCI](#) de [integração contínua](#) para executar os testes unitários automaticamente cada vez que uma mudança é feita no código.
8. Algoritmo de discretização adaptativa dos tesseroides para garantir acurácia melhor que 0.1% dos resultados ([Uieda et al., 2016](#)).

Essa última versão do Tesseroids foi descrita no artigo [Uieda et al. \(2016\)](#), que é um dos meus trabalhos mais citados<sup>6</sup>. O desenvolvimento do Tesseroids foi interrompido em 2017 para que eu pudesse me dedicar mais ao Fatiando a Terra e meu novo trabalho na University of Hawai'i at Mānoa (seção 3.2). Porém, o método desenvolvido em [Uieda et al. \(2016\)](#) e aprimorado em [Soler et al. \(2019\)](#) foi implementado no Fatiando a Terra. A versão atual do código Python para a modelagem com tesseroides, desenvolvido pelo meu ex-aluno de doutorado [Santiago R. Soler](#) (seção 5.1) para a biblioteca [Harmonica](#) (parte do Fatiando a Terra), é mais rápida que a versão em C.

## 4.2.2 Fatiando a Terra



**Figura 4.3:** Logo do projeto Fatiando a Terra (meio da figura) e os logos dos softwares Pooch, Verde, Harmonica e Boule (da esquerda para a direita) que fazem parte do projeto.

 <b>Informações sobre o projeto</b>	
	Página principal: <a href="https://www.fatiando.org">https://www.fatiando.org</a>
	Código: <a href="https://github.com/fatiando">https://github.com/fatiando</a>
	Licença: <a href="#">BSD 3-clause</a>
	119 citações no <a href="#">Google Scholar</a> <sup>7</sup> (acessado em 27/12/2022)
 <b>Artigos publicados</b>	
2020	<b>Uieda, L, Soler, SR, Rampin, R, van Kemenade, H, Turk, M, Shapero, D, Banihirwe, A, Leeman, J.</b> Pooch: A friend to fetch your data files. <i>Journal of Open Source Software</i> . <a href="https://doi.org/10.21105/joss.01943">https://doi.org/10.21105/joss.01943</a> .  Código: <a href="https://github.com/fatiando/pooch">https://github.com/fatiando/pooch</a> .

<sup>5</sup>Testes unitários disponíveis em <https://github.com/leouieda/tesseroids/tree/master/test>

<sup>6</sup>Segundo a plataforma Google Scholar [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=qfmPrUEAAAAJ&citation\\_for\\_view=qfmPrUEAAAAJ:AXPGKj\\_ei8C](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=qfmPrUEAAAAJ&citation_for_view=qfmPrUEAAAAJ:AXPGKj_ei8C) (acessado em 27/12/2022)

<sup>7</sup>Total de citações aos trabalhos [Uieda et al. \(2013\)](#), [Uieda \(2018\)](#) e [Uieda et al. \(2020\)](#).

- 2018 **Uieda, L.** Verde: Processing and gridding spatial data using Green's functions. *Journal of Open Source Software*. <https://doi.org/10.21105/joss.00957>. 📄 Código: <https://github.com/fatiando/verde>.

#### 📁 Trabalhos completos em anais de eventos

- 2013 **Uieda, L., Oliveira Jr, VC, Barbosa, VCF.** Modeling the Earth with Fatiando a Terra, *Proceedings of the 12th Python in Science Conference*. <https://doi.org/10.25080/Majora-8b375195-010>. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/scipy2013>.

#### 🗣️ Outras apresentações

- 2021 **Uieda, L., Li, L, Soler, SR, Pesce, A.** Design useful tools that do one thing well and work together: rediscovering the UNIX philosophy while building the Fatiando a Terra project, *AGU Fall Meeting*. 📄 Código: <https://github.com/fatiando/agu2021>.
- Uieda, L., Soler, SR, Pesce, A.** Open-science for gravimetry: tools, challenges, and opportunities, *GFZ Helmholtz Centre Potsdam*. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/2021-06-22-gfz>. 📺 Vídeo: [https://youtu.be/z-5dvWfB\\_SM](https://youtu.be/z-5dvWfB_SM).
- Uieda, L., Soler, SR, Pesce, A.** Fatiando a Terra: Open-source tools for geophysics, *Geophysical Society of Houston*. 📄 Código: <https://github.com/fatiando/2021-gsh>.
- Uieda, L., Soler, SR, Pesce, A, Perozzi, L, Wiczorek, MA.** Harmonica and Boule: Modern Python tools for geophysical gravimetry, *EGU General Assembly*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-8291>. 📄 Código: <https://github.com/fatiando/egu2021>.
- 2015 **Uieda, L.** Fatiando a Terra: construindo uma base para ensino e pesquisa de geofísica, *Universidade de São Paulo*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.1381870>
- 2014 **Uieda, L., Oliveira Jr, VC, Barbosa, VCF.** Using Fatiando a Terra to solve inverse problems in geophysics, *Scipy*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.1089987>.

Durante meu curso de graduação, eu e meus colegas [Vanderlei C. Oliveira Jr.](#), [Henrique Bueno dos Santos](#), [André Lopes Ferreira](#) e [José Fernando Caparica Jr.](#) começamos a planejar o desenvolvimento de um software livre capaz de modelar todos os tipos de dados geofísicos. Chamávamos esse projeto ambicioso de “Fatiando a Terra” pois nosso objetivo era modelar a Terra inteira (fatiá-la em polígonos) utilizando todos os dados disponíveis. O software seria escrito na linguagem C++ e chegamos até a criar um diagrama da componentes principais que iríamos implementar<sup>8</sup>. Por razões óbvias, não alcançamos nosso objetivo até o final do nosso curso de graduação. Porém, o nome do projeto sobreviveu. Em 30 de Abril de 2010, no início do meu mestrado, transformei o Fatiando a Terra em uma biblioteca, chamada *fatiando*, escrita na linguagem Python<sup>9</sup>. Meu novo objetivo passou a ser agregar todo o código que estava desenvolvendo para minha dissertação e as disciplinas da pós-graduação. Por conta disso, a biblioteca inclui funções para a modelagem direta e inversão de diversos métodos geofísicos (e.g., métodos potenciais em 2D e 3D, perfilagem sísmica vertical, condução de calor geotermal, entre outros).

<sup>8</sup>Esse diagrama ainda existe no histórico do repositório do GitHub: <https://github.com/fatiando/fatiando/blob/10c8ff7c17df53e0abd83f1ce8d2a3f6bc57aa/fluxo-simples.pdf>

<sup>9</sup>O momento exato em que essa mudança aconteceu está registrado no repositório do GitHub: <https://github.com/fatiando/fatiando/commit/928515b0fcfdcccebc4f661ed2469390ef43ec1d>

Um grande parte do desenvolvimento inicial, incluindo a criação da primeira versão da página <https://www.fatiando.org>, ocorreu em preparo para o curso “Tópicos de inversão em geofísica” que ministrei com o Vanderlei na XVI Escola de Verão de Geofísica do IAG-USP em 2012 (seção 6.1). O software continuou a crescer durante minha pós-graduação, contando com a participação de 12 outros desenvolvedores<sup>10</sup>. Utilizei o Fatiando como parte integral das minhas aulas de geofísica na UERJ e contratei o bolsista Victor Thadeu Xavier de Almeida para trabalhar no desenvolvimento das funções para processamento sísmico (seção 3.1).

Em 2016, o aluno de doutorado [Santiago R. Soler](#) se juntou à equipe de desenvolvimento do Fatiando como parte de seu projeto (seção 5.1). O Santiago é um programador talentoso e rapidamente aprendeu como participar do desenvolvimento do Fatiando, criar exemplos para a documentação e atuar como mentor para novos programadores. Simultaneamente, o grupo [Software Underground](#) estava se formando (seção 3.4.2) e nos conectando com os criadores dos projetos de software livre [SimPEG](#) ([Cockett et al., 2015](#)), [pyGIMLi](#) ([Rücker et al., 2017](#)) e [GemPy](#) ([de la Varga et al., 2019](#)), todos escritos na linguagem Python para modelagem direta e inversão. Através dessas interações e das conversas semanais que tinha com o Santiago, percebemos que estava na hora de redefinir os objetivos do Fatiando para nos alinharmos com esses outros projetos. Nossa decisão<sup>11</sup> foi de interromper o desenvolvimento da biblioteca [fatiando](#) e separar suas funções em bibliotecas menores com escopos mais bem definidos. As funções que não estavam sendo utilizadas ou que já existiam em outras bibliotecas seriam abandonadas. Essa também seria uma oportunidade para modernizar o nosso código e torná-lo mais eficiente e fácil de usar.

As novas bibliotecas que são parte do projeto Fatiando a Terra são:

- **Verde**: A primeira biblioteca que foi desenvolvida para a nova fase do Fatiando. O Verde contém funções e classes para processar e interpolar dados distribuídos irregularmente.
- **Harmonica**: Nossa biblioteca para processamento e modelagem de dados de métodos potenciais. O Harmonica é liderado pelo Santiago e inclui funções para modelagem direta, correção topográfica, processamento com fontes equivalentes (seção 5.5) e filtros no domínio da frequência.
- **Boule**: Biblioteca para o cálculo do campo de gravidade gerado por elipsóides de referência (i.e., a gravidade normal). As funções e classes do Boule eram originalmente parte do Harmonica. O Boule foi criado em colaboração com os desenvolvedores do [SHTools](#) ([Wieczorek and Meschede, 2018](#)) para que pudéssemos utilizar suas funções de maneira independente do Harmonica. O cálculo da gravidade normal em qualquer ponto fora do elipsóide é feito através da solução analítica de [Lakshmanan \(1991\)](#) e [Li and Götze \(2001\)](#). Logo, a correção de ar-livre não é necessária para o cálculo de distúrbios da gravidade.
- **Pooch**: Uma biblioteca para baixar dados da internet e armazená-lo localmente. O Pooch não é diretamente relacionado à geofísica e foi criado em colaboração com os desenvolvedores do [MetPy](#) ([May et al., 2016](#)). Durante o congresso Scipy de 2018, notamos que diversas bibliotecas em Python, incluindo o Verde e o MetPy, possuíam código semelhante para baixar dados. Por isso, criamos o Pooch para que todos pudessemos utilizá-lo e eliminar o código repetido.

<sup>10</sup>Mais informações em <https://github.com/fatiando/fatiando/graphs/contributors>

<sup>11</sup>Resumida em um artigo publicado no meu blog: <https://www.leouieda.com/blog/future-of-fatiando.html>



- **Ensaio:** Biblioteca que utiliza o Pooch para baixar os dados abertos que utilizamos nos tutoriais e documentação dos outros softwares.
- **Choclo:** A mais recente adição ao Fatiando. O Choclo é desenvolvido e liderado pelo Santiago. Essa biblioteca implementa rotinas altamente otimizadas para modelagem direta em métodos potenciais. Assim como o Boule, o código presente no Choclo era inicialmente parte do Harmonica mas está sendo separado para que possa ser usado tanto no Harmonica como no SimPEG. Esse trabalho é parte do pós-doutorado que o Santiago está fazendo com a Professora [Lindsey Heagy](#) (uma das criadoras do SimPEG) na University of British Columbia, Canadá.

Nossa reestruturação foi acompanhada de um esforço para aumentar o engajamento e a diversidade de voluntários no projeto. Eu e o Santiago começamos a orientar e ensinar pessoas interessadas, buscar contribuidores ativamente em nossas redes sociais e organizar reuniões semanais para criar uma comunidade em torno do Fatiando. Nossos esforços foram bem sucedidos e o Fatiando conta hoje em dia com a participação regular de outras cindo pessoas.

O escopo bem definido de cada uma das bibliotecas (ao invés de “modelar toda a Terra”) também contribui para sua adoção pela comunidade científica. Um exemplo claro de sucesso é o Pooch, que atualmente é utilizado por 88 outros softwares<sup>12</sup>. Como consequência, o Pooch agregou mais de 14 milhões de downloads<sup>13</sup> e 31 pessoas participaram do seu desenvolvimento<sup>14</sup>. Sabemos que as outras bibliotecas também estão sendo utilizadas pela comunidade pelas mais de 50 mil visualizações anuais das nossas páginas de documentação, com visitantes originados de todos os continentes (exceto a Antártica)<sup>15</sup>.

### 4.2.3 Generic Mapping Tools



**Figura 4.4:** Logo do Generic Mapping Tools (GMT), gerado pelo próprio GMT utilizando o comando `gmt logo`.

#### **i** Informações sobre o projeto GMT

- 🔗 Página principal: <https://www.generic-mapping-tools.org>
- 🔄 Código: <https://github.com/GenericMappingTools>
- 📄 Licença: [GNU LGPL](#)
- 📖 934 citações no [Google Scholar](#)<sup>16</sup> (acessado em 27/12/2022)

<sup>12</sup>Segundo a página <https://libraries.io/pypi/pooch/dependents> (acessada em 11/01/2023)





<sup>13</sup>Segundo a página <https://pepy.tech/project/Pooch> (acessada em 11/01/2023)

<sup>14</sup>Segundo a página <https://github.com/fatiando/pooch/graphs/contributors> (acessada em 11/01/2023)

<sup>15</sup>Segundo a página <https://plausible.io/fatiando.org> (acessada em 11/01/2023)

<sup>16</sup>Citações ao trabalho [Wessel et al. \(2019\)](#).



### Informações sobre o projeto PyGMT

-  Página principal: <https://www.pygmt.org>
-  Código: <https://github.com/GenericMappingTools/pygmt>
-  Licença: [BSD 3-clause](#)
-  43 citações no [Google Scholar](#)<sup>17</sup> (acessado em 27/12/2022)

### Artigos publicados

- 2019 Wessel, P, Luis, J, **Uieda, L**, Scharroo, R, Wobbe, F, Smith, WHF, Tian, D. The Generic Mapping Tools, Version 6. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. <https://doi.org/10.1029/2019GC008515>.

### Apresentações

- 2019 **Uieda, L**, Wessel, P. PyGMT: Accessing the Generic Mapping Tools from Python, *AGU Fall Meeting*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11320280>
- 2018 **Uieda, L**, Wessel, P. Building an object-oriented Python interface for the Generic Mapping Tools, *Scipy*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.6814052>  Vídeo: <https://youtu.be/6wMtfZXfTRM>
- Uieda, L**, Wessel, P. Integrating the Generic Mapping Tools with the Scientific Python Ecosystem, *AOGS 15<sup>th</sup> Annual Meeting*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.6399944>
- 2017 **Uieda, L**, Wessel, P. A modern Python interface for the Generic Mapping Tools, *AGU Fall Meeting*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5662411>
- Uieda, L**, Wessel, P. Bringing the Generic Mapping Tools to Python, *Scipy*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7635833>  Vídeo: <https://youtu.be/93M4How7R24>

O **Generic Mapping Tools** (GMT) é um dos softwares livres mais utilizados na geofísica. Ele foi criado na década de 1980 por dois alunos de doutorado do Lamont-Doherty Earth Observatory, E.U.A., [Walter H. F. Smith](#) e [Paul Wessel](#). O GMT é um programa de linha de comando (i.e., sem interface gráfica) escrito na linguagem C. O programa oferece dezenas de comandos para processar e visualizar dados geofísicos. Meu envolvimento com o projeto começou em 2017 quando fui contratado pelo Paul para criar uma ponte entre o GMT e a linguagem Python (seção 3.2). O resultado desse meu trabalho foi a criação do software **PyGMT**.

Meu primeiro desafio para tornar o GMT acessível da linguagem Python foi realizar a compilação do software de maneira compatível com a bibliotecas científicas do Python (numpy, scipy, etc.). Isso foi possível graças à plataforma [Conda-Forge](#), que automatiza a compilação e distribuição de software, e a ajuda imensa do [Filipe Fernandes](#), um dos líderes do Conda-Forge e um brilhante oceanógrafo e programador brasileiro. Gastei meus primeiros seis meses de trabalho para superar esse desafio. Em seguida, dei início ao desenvolvimento do código em Python que seria capaz de executar rotinas da biblioteca em C do GMT. Para isso, utilizei uma tecnologia chamada *C foreign function interface* (C FFI)




<sup>17</sup>Citações ao trabalho [Uieda et al. \(2022\)](#).

que permite a interação de bibliotecas em C com outras linguagens diretamente. Construir essa interface foi um trabalho árduo mas que formou o núcleo que o PyGMT usa para se comunicar com o GMT. Meu investimento valeu a pena pois o PyGMT depende desse núcleo até hoje com poucas modificações nos últimos anos. Inicialmente, optei por concentrar meus esforços nessa parte do código que é complexa e requer conhecimento profundo do GMT, bibliotecas em C e funções avançadas em Python. Também investi muito do meu tempo criando documentação, incluindo um guia para desenvolvedores, e tornando o processo de desenvolvimento do PyGMT automatizado e simples. Tomei essas decisões para facilitar ao máximo o envolvimento futuro de novos desenvolvedores voluntários no projeto, quebrando algumas das barreiras que normalmente impossibilitam a participação de programadores novatos. Como resultado disso, o projeto agora conta com a participação de oito outros desenvolvedores e mais de 40 contribuidores esporádicos<sup>18</sup>. Sou muito grato à dedicação do [Dongdong Tian](#), [Wei Ji Leong](#) e [Max Jones](#) que assumiram posições de liderança no projeto quando meu envolvimento diminuiu em 2019 ao me mudar para Liverpool. Tenho muito orgulho de dizer que o PyGMT continua crescendo e evoluindo sem minha participação direta no seu desenvolvimento. Considero o estabelecimento da comunidade que se formou em torno do PyGMT a minha maior conquista relacionada a software livre.

Além do meu trabalho no PyGMT, também fui responsável pela transição do desenvolvimento do GMT para a plataforma GitHub (motivada pela falha do servidor utilizado anteriormente durante um encontro de desenvolvedores), a criação da atual página do projeto <https://www.generic-mapping-tools.org> e a modernização e automatização da compilação da página de documentação do GMT<sup>19</sup>. Também fui responsável pela escrita e coordenação, junto com o Paul, de dois projetos financiados pela [National Science Foundation](#)<sup>20</sup>. O objetivo principal desses projetos era estabelecer um plano para o futuro do GMT além do envolvimento direto do Paul, que estava perto da aposentadoria. Com esse financiamento, pudemos atualizar a documentação do GMT e torná-la mais acessível, promovemos eventos para recrutar desenvolvedores e treinar usuários (seção 6.1), organizamos encontros dos desenvolvedores e contratamos o Doutor [Max Jones](#) para trabalhar no GMT e PyGMT. Como resultado, o time de desenvolvedores do GMT conta agora com mais três pessoas, envolvidas não só na programação mas também na organização de eventos e divulgação do projeto.

#### 4.2.4 xlandsat

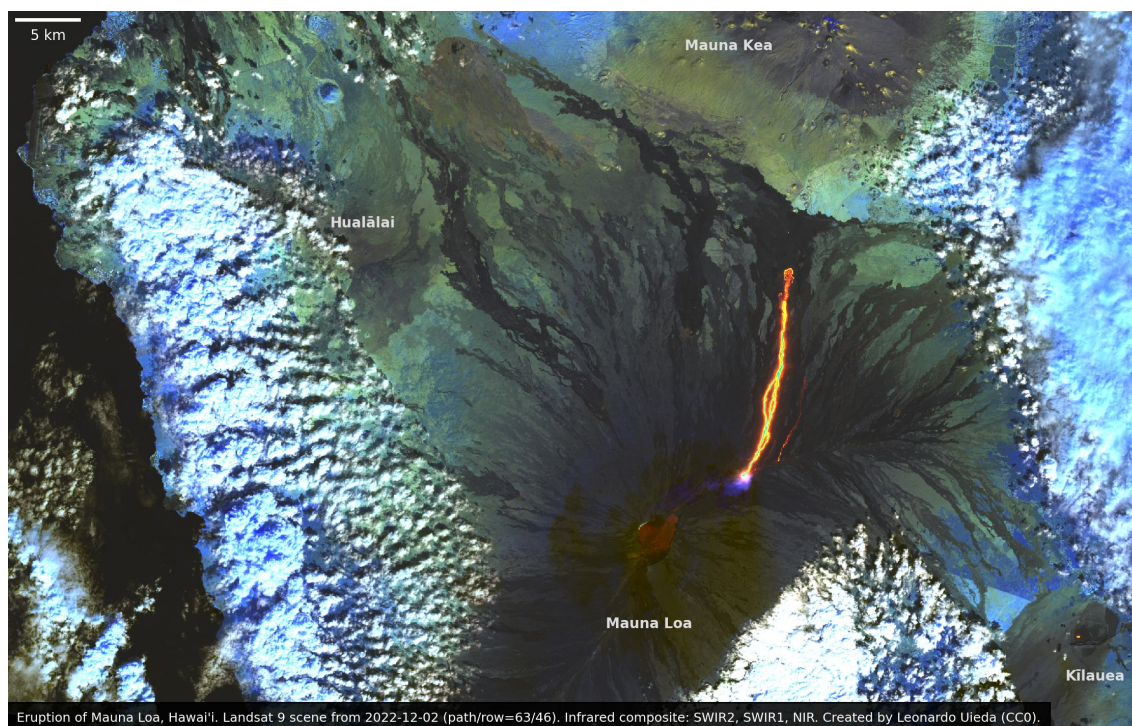
##### Informações sobre o projeto

-  Página principal: <https://compgeolab.org/xlandsat>
-  Código: <https://github.com/compgeolab/xlandsat>
-  Licença: [MIT](#)

<sup>18</sup>Uma lista dos principais desenvolvedores está disponível em <https://www.pygmt.org/latest/team.html> e uma lista dos contribuidores está disponível em <https://github.com/GenericMappingTools/pygmt/graphs/contributors>

<sup>19</sup>Disponível em <https://docs.generic-mapping-tools.org>

<sup>20</sup>Disponíveis em [https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD\\_ID=1829371](https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1829371) e [https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD\\_ID=1948602](https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1948602)



**Figura 4.5:** Imagem da erupção de Dezembro de 2022 do vulcão Mauna Loa, Havaí, composta pelas bandas infravermelhas do satélite Landsat 9. O vulcão está cercado por nuvens (branco e azul claro). O fluxo de lava atual está na direção Sul/Norte em vermelho e verde. A cratera principal pode ser vista no centro da imagem em vermelho escuro. As manchas em marrom e preto são fluxos de lava de erupções anteriores. Também está visível a cratera Hale Ma’uma’u do vulcão Kīlauea no canto inferior direito da imagem. O código Python para reproduzir essa imagem está disponível em um artigo na minha página pessoal <https://www.leouieda.com/blog/mauna-loa.html> e também no repositório do GitHub <https://github.com/compgeolab/mauna-loa-landsat-2022>. Fonte da imagem: Uieda (2022, CC0).

Este é o mais recente software que foi criado no âmbito do [CompGeoLab](#), tendo sido iniciado em Dezembro de 2022. O `xlandsat` é uma biblioteca feita para facilitar o processamento e visualização de dados de sensoriamento remoto dos satélites [Landsat 8 e 9](#) da NASA e USGS. Ela é capaz de ler os dados no formato do repositório [EarthExplorer](#) e organizá-los em estruturas de dados da biblioteca `xarray` ([Hoyer and Hamman, 2017](#)), uma das ferramentas mais utilizadas para processamento de dados geocientíficos.

A criação do `xlandsat` foi motivada pelas minhas aulas de sensoriamento remoto na disciplina “ENVS258 Environmental Geophysics” (seção 6.2). Antes de ministrar essa disciplina, meu conhecimento de processamento de imagens de satélite era mínimo. Ao longo do preparo de meu material didático, aprendi muito sobre o assunto. Criei uma coleção de funções escritas na linguagem Python para auxiliar meus alunos a processarem os dados baixados do [EarthExplorer](#) em seus relatórios. Em 2022, decidi que estava na hora de organizar esse código em uma biblioteca que poderia ser utilizada por meus alunos na disciplina em 2023. Além disso, o sensoriamento remoto despertou meu interesse acadêmico e necessitava de uma maneira fácil de explorar as possíveis aplicações e limitações desses dados. Por exemplo, utilizei o `xlandsat` para criar uma visualização da erupção de Dezembro de 2022 do vulcão Mauna Loa, Havaí (figura 4.5).



## 4.3 Recursos educacionais abertos

### 📄 Artigos publicados em revistas

- 2017 **Uieda, L.** Step-by-step NMO correction, *The Leading Edge*, <https://doi.org/10.1190/tle36020179.1>. 📄 Código: <https://github.com/pinga-lab/nmo-tutorial>.
- 2014 **Uieda, L., Oliveira Jr, VC, Barbosa, VCF.** Geophysical tutorial: Euler deconvolution of potential-field data, *The Leading Edge*, <https://doi.org/10.1190/tle33040448.1>. 📄 Código: <https://github.com/pinga-lab/paper-tle-euler-tutorial>.

### 📁 Recursos computacionais

- 2021 **Uieda, L.** A quick introduction to machine learning. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/ml-intro>.
- 2020 **Uieda, L.** Introduction to lithosphere dynamics. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/lithosphere>.
- 2020 **Uieda, L.** Introduction to remote sensing. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/remote-sensing>.
- 2015 **Uieda, L.** Matemática Especial 1: Introdução à computação e métodos numéricos. 📄 Código: <https://github.com/mat-esp/about>.
- 2015 **Uieda, L.** Geofísica 2: Sismologia e métodos eletromagnéticos. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/geofisica2>.
- 2015 **Uieda, L.** Geofísica 1: Gravimetria e magnetometria. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/geofisica1>.

### 📺 Apostilas

- 2012 **Oliveira Jr, VC, Uieda, L.** Tópicos de inversão em geofísica. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.1192984>. 📄 Código: <https://github.com/pinga-lab/inverse-problems>.

### 📺 Vídeos

- 2022 A geophysical tour of mid-ocean ridges. 📺 Vídeo: <https://youtu.be/NzJmRJCnbQ>
- 2022 Anatomy of a PyGMT figure. 📺 Vídeo: [https://youtu.be/96\\_reU\\_yh5I](https://youtu.be/96_reU_yh5I)
- 2021 Downloading Landsat 8 images from USGS EarthExplorer. 📺 Vídeo: [https://youtu.be/Wn\\_G4fvtV8](https://youtu.be/Wn_G4fvtV8)
- 2021 Searching on Google for openly licensed images. 📺 Vídeo: <https://youtu.be/ISu51NB5Z28>
- 2020 From scattered data to gridded products using Verde. 📺 Vídeo: <https://youtu.be/-xZdNdvzm3E>

O termo “recursos educacionais abertos” (REA ou *open educational resources* em inglês) foi estabelecido pela UNESCO<sup>21</sup> para se referir a qualquer material destinado ao ensino

<sup>21</sup>Mais informações em <https://www.unesco.org/en/open-educational-resources>

e aprendizagem que esteja no domínio público ou sob direitos autorais regidos por uma licença aberta que permita acesso gratuito, reutilização, adaptação e redistribuição do material (e.g., [Creative Commons Attribution](#)). No Brasil, o uso obrigatório de REAs foi adotado pelo Sistema Universidade Aberta do Brasil em 2016<sup>22</sup> e a CAPES criou o portal <https://educapes.capes.gov.br> para indexar REAs produzidos por instituições brasileiras que oferecem cursos a distância. Segundo a definição acima, produzo recursos educacionais abertos desde minha primeira experiência de ensino em 2012 e a criação da apostila “Tópicos de inversão em geofísica” (Oliveira Jr. and Uieda, 2012). Todo o material que crio para uso nas minhas disciplinas e cursos de curta duração estão disponíveis livremente com licenças [Creative Commons Attribution](#) ou [BSD/MIT](#) (para o código fonte). Também sou o autor de dois tutoriais publicados na revista [The Leading Edge](#) que visam explicar de maneira interativa conceitos básicos de geofísica.

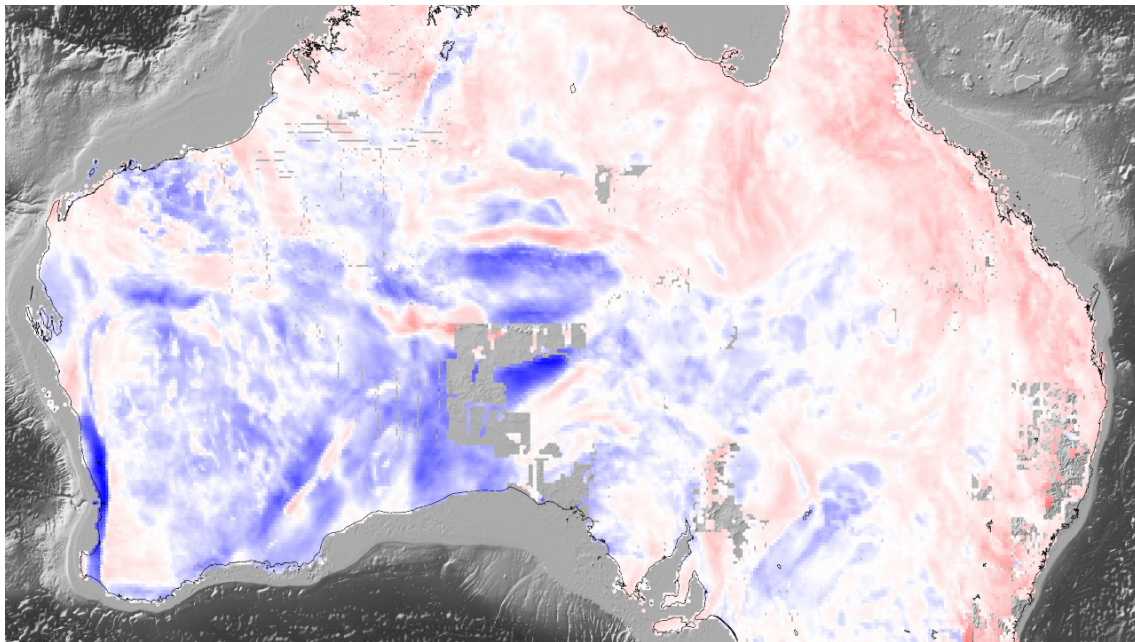
Acredito que todo material educacional produzido por instituições públicas deve ser disponibilizado livremente para benefício da população. Além disso, compartilhar recursos educacionais entre professores e instituições tem o potencial de elevar o ensino de todos os envolvidos. A colaboração na produção de recursos possibilita a criação de material de qualidade além do que pode ser atingida por uma única pessoa. Essa cultura de colaboração em recursos abertos, como é feito no âmbito de software livre, não é comum no ensino superior. Por isso, organizei o evento [Geo+Code](#) em Novembro de 2022 com meu financiamento do Software Sustainability Institute (seção 3.4.3). O principal objetivo do evento era juntar geocientistas do Reino Unido com um interesse em ciência aberta e dar início a colaborações. Durante o evento, demos início a criação de um livro aberto sobre geofísica aplicada utilizando recursos computacionais e dados abertos. O livro, ainda em estágio de planejamento, será desenvolvido no repositório do GitHub <https://github.com/GeophysicsLibrary/applied-geophysics>, hospedado na organização [Geophysics Library](#) que fundei em 2018 para agregar REAs voltados à geofísica.

No futuro, pretendo investir na criação de livros abertos na [Geophysics Library](#). Pretendo utilizar para isso o material didático que desenvolvi para minhas disciplinas da University of Liverpool e da UERJ. Tenho planos de organizar outras edições do [Geo+Code](#) internacionalmente, para as quais já possuo parceiros interessados no [iCRAIG](#), Irlanda, e na [University of Glasgow](#), Escócia. Meu objetivo é criar uma comunidade internacional de geocientistas dedicados a criação de recursos educacionais abertos com ênfase no uso da computação e de dados abertos para facilitar a aprendizagem.

---







<sup>22</sup>Segundo a página <https://www.gov.br/capes/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/educacao-a-distancia/universidade-aberta-do-brasil/recursos-educacionais-abertos/> (acessada em 11/02/2023)

## Linhas de Pesquisa



**Figura 5.1:** Compilação de dados terrestres de distúrbio da gravidade da Austrália. Distribuídos originalmente por Wynne (2018). Compilados e padronizados por Uieda (2021) para facilitar o seu uso em diversas linhas de pesquisa.

### **i** Resumo das atividades

-  Projetos financiados pelas agências: National Science Foundation (E.U.A.), Royal Society (Reino Unido) e Software Sustainability Institute (Reino Unido)
-  Orientações concluídas: 11 de graduação, 1 de mestrado, 1 co-orientação de doutorado
-  Orientações em andamento: 1 de graduação, 1 de doutorado, 1 co-orientação de doutorado
-  13 artigos publicados em revistas indexadas, 3 em outras revistas, 11 trabalhos completos em anais de eventos<sup>1</sup>
-  38 apresentações de trabalho, sendo 13 dessas convidadas<sup>1</sup>
-  1736 citações no [Google Scholar](#) e 959 no [Web of Science](#) (acessados em 27/12/2022)

Ao longo de minha carreira, sempre busquei temas que me pareceram desafiadores e nos quais minhas contribuições poderiam ter o maior impacto. Creio que isso se reflete no número de citações que meus trabalhos geralmente recebem, que é considerado alto para a área<sup>1</sup>. Este capítulo é uma reflexão da minha produção científica do ponto de vista das diferentes linhas de pesquisa que desenvolvi, apresentadas abaixo em ordem cronológica

<sup>1</sup>O número de total trabalhos e apresentações pode ser diferente das quantidades listadas abaixo. Alguns trabalhos e apresentações estão listados em outras áreas de atuação (e.g., capítulo 4) ou pertencem a mais de uma linha de pesquisa.

<sup>1</sup>Segundo análise da plataforma Dimensions. Por exemplo <https://badge.dimensions.ai/details/id/pub.1019631868> (Uieda and Barbosa, 2012), <https://badge.dimensions.ai/details/id/pub.1064143907> (Uieda et al., 2016) e <https://badge.dimensions.ai/details/id/pub.1059638400> (Uieda and Barbosa, 2017).

com as últimas sendo as linhas mais recentemente abertas.

## 5.1 Orientações

Minha primeira experiência como mentor de um jovem cientista foi a coorientação do aluno [Santiago R. Soler](#) junto com o Professor Mario E. Giménez da Universidad Nacional de San Juan, Argentina, entre 2016 e 2022. O primeiro contato que tive com o Santiago foi através do software *Fatiando a Terra* (seção 4.2.2). Em 2015, ele começou a se voluntariar com o projeto, implementando funções para manejar dados em malhas regulares e o cálculo de espectros de potência. Quando ele e o Mario me convidaram para coorientar sua tese de doutorado em 2016, fiquei feliz em aceitar para continuar trabalhando com ele de maneira mais regular. Inicialmente, a proposta era para eu ser seu orientador principal. Mas como essa seria minha primeira orientação e além disso seria feita inteiramente de forma remota, achei mais prudente começar com coorientador. O Santiago fez excelente progresso nas linhas de pesquisa em modelagem com tesseroides (seção 5.2) e camada equivalente (seção 5.5) durante seu doutorado. Seu envolvimento no *Fatiando a Terra* aumentou com o tempo. Hoje em dia ele ocupa uma posição de liderança no projeto, estabelecendo direções para o desenvolvimento e atuando como mentor para novos membros da comunidade. Ele é o criador e principal desenvolvedor de duas novas componentes do *Fatiando*: [Harmonica](#) e [Choclo](#). O Santiago também foi fundamental no estabelecimento do nosso grupo de pesquisa, o [Computer-Oriented Geoscience Lab](#) (CompGeoLab). Nossas longas conversas sobre o papel da computação na ciência, reprodutibilidade dos resultados numéricos e formas de fazer ciência aberta foram as maiores influências que tive para estabelecer os princípios do CompGeoLab, codificados em nosso manual <https://github.com/compgeolab/manual>. Em 2022, o Santiago defendeu sua tese de doutorado<sup>2</sup> com sucesso mas continua colaborando com o CompGeoLab regularmente. Vale a pena apontar que, durante esses 6 anos de orientação, eu e o Santiago nunca nos encontramos em pessoa por conta de diversos desencontros e a pandemia de COVID. Aprendemos juntos como criar uma relação próxima de trabalho inteiramente online usando uma mistura de chamadas por vídeo semanais e mensagens regulares pela plataforma Slack. Atualmente, o Santiago está fazendo um pós-doutorado na University of British Columbia (UBC), Canadá, sob supervisão da Professora [Lindsey J. Heagy](#). Seu projeto inclui trabalhar no software livre [SimPEG](#), desenvolvido pelo grupo da UBC, e facilitar interações entre o SimPEG e o *Fatiando a Terra*. A experiência de trabalhar com o Santiago foi um dos maiores privilégios da minha carreira. Santiago é um pesquisador brilhante, um engenheiro de software excepcional e um verdadeiro amigo.

Iniciei minha segunda experiência de orientação a nível de doutorado em 2021 com a aluna [India Uppal](#) da University of Liverpool, coorientada pelo Professor [Vanderlei C. Oliveira Jr.](#) do Observatório Nacional e pelo Professor [Richard Holme](#) da University of Liverpool. A India foi nossa aluna do curso de Bacharelado em Geofísica de Liverpool e era uma das melhores alunas de sua turma. Ela foi selecionada pela School of Environmental Sciences para uma posição dupla: meio período como aluna de doutorado e meio período empregada como *Graduate Teaching Assistant*, auxiliando no ensino de disciplinas de graduação dos cursos de geociências e geografia física. Acho importante realçar que a seleção para a vaga foi feita inteiramente baseada no mérito da India e não levou em consideração

<sup>2</sup>Disponível em <https://github.com/santisoler/phd-thesis>




o projeto de doutorado ou os orientadores. Seu projeto de doutorado inicia uma nova linha de pesquisa para o CompGeoLab onde buscamos aprimorar o uso de dados de aeromagnéticos para a estimativa do fluxo geotermal na Antártica (seção 5.9). Através desse projeto, nos envolvemos na organização SCAR, especificamente no grupo SC1 Antarctic Geothermal Heat Flux. A Índia também estabeleceu contato com pesquisadores da British Antarctic Survey que criaram a compilação de dados magnéticos antárticos ADMAP2 (Golynsky et al., 2018) para obter os dados brutos e consultá-los sobre os detalhes do processamento que fizeram. A Índia é uma pesquisadora com atitude excepcionalmente profissional, dedicada, com iniciativa própria e inteligente. Seu projeto ainda está em fase inicial mas tenho certeza de que ela produzirá trabalhos excelentes.

Também em 2021, fui convidado pelo Professor Ricardo I. F. Trindade a coorientar o aluno de doutorado Gelson Ferreira de Souza Junior da Universidade de São Paulo. Eu e o Ricardo havíamos conversado durante encontros no AGU Fall Meeting sobre algumas ideias de adaptar técnicas de métodos potenciais, como a deconvolução de Euler (seção 5.6), a dados de microscopia magnética. O Gelson se juntou ao CompGeoLab para dar início a essa nova linha de pesquisa (seção 5.8), me trazendo de volta ao assunto da minha primeira iniciação científica na USP (seção 2.1). Em apenas um ano, o Gelson já foi bem sucedido na adaptação da deconvolução de Euler e o método de Oliveira Jr. et al. (2015), junto com técnicas de processamento de imagens que aprendi com minha disciplina de sensoriamento remoto em Liverpool (seção 6.2), para estimar o momento de dipolo de grãos individuais de minerais ferromagnéticos. Em 2022, fomos contemplados com um projeto da Royal Society para realizar intercâmbios entre a USP e Liverpool para dar início à colaboração entre as duas instituições. Até o momento, utilizamos o financiamento da Royal Society para trazer o Gelson para Liverpool e trabalharmos em seu primeiro artigo, que está nos processos finais de escrita antes da submissão. Orientar o Gelson tem sido um verdadeiro privilégio. Ele é respeitoso, dedicado, inteligente, possui uma base sólida em geociências, tem iniciativa própria e aprende rapidamente conceitos novos que estão fora de sua zona de conforto. Não tenho dúvida de que nossa colaboração produzirá pesquisa de alto impacto nessa linha emergente.

Fui o orientador de 11 trabalhos de conclusão de curso e uma dissertação de mestrado do curso de geofísica da University of Liverpool, com alunos atuando em diversas linhas de pesquisa. Aprendi com essas orientações como guiar alunos sem experiência prévia em pesquisa pelas etapas iniciais de um projeto e como ajustar o nível dos projetos propostos com o nível dos alunos no final de um curso de graduação no Reino Unido. Foi particularmente gratificante observar alunos inexperientes progredirem durante seus projetos e produzirem trabalhos de conclusão com uma qualidade muito acima do que eles achavam que seriam capazes.

## 5.2 Modelagem direta de campos gravitacionais em escala global

 **Resumo da linha de pesquisa**

 3 artigos publicados

- 📄 1 trabalho completo em anais de eventos
- 🗨️ 3 apresentações de trabalho
- 👤 Alunos envolvidos: Santiago Soler (PhD), Mustafa Alordowny (BSc)
- 🌐 Países dos colaboradores: Brasil, Argentina, China, Itália, Alemanha

#### 📄 Artigos publicados

- 2019 Soler, SR, Pesce, A, Gimenez, ME, **Uieda, L.** Gravitational field calculation in spherical coordinates using variable densities in depth. *Geophysical Journal International*. <https://doi.org/10.1093/gji/ggz277>. 🗨️ Código: <https://github.com/pinga-lab/tessero-id-variable-density>. 📄 Preprint: <https://doi.org/10.31223/osf.io/3548g>. 📄 Dados: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.8239622>.
- Zhao, G, Chen, B, **Uieda, L.**, Liu, J, Kaban, MK, Chen, L, Guo, R. Efficient 3D large-scale forward-modeling and inversion of gravitational fields in spherical coordinates with application to lunar mascons. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. <https://doi.org/10.1029/2019jb017691>. 📄 Preprint: <https://doi.org/10.31223/osf.io/dzf9j>. 📄 Dados: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7300523>.
- 2016 **Uieda, L.**, Barbosa, VCF, Braitenberg, C. Tesseroids: Forward modeling gravitational fields in spherical coordinates, *Geophysics*, <https://doi.org/10.1190/geo2015-0204.1>. 🗨️ Código: <https://github.com/pinga-lab/paper-tesseroids>.

#### 📄 Trabalhos completos em anais de eventos

- 2011 **Uieda, L.**, Bomfim, EP, Braitenberg, C, Molina, E. Optimal forward calculation method of the Marussi tensor due to a geologic structure at GOCE height, *Proceedings of the 4th International GOCE User Workshop*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.92624>. 🗨️ Código: <https://github.com/leouieda/goce2011>.

#### 🗨️ Outras apresentações

- 2010 **Uieda, L.**, Ussami, N, Braitenberg, C. Computation of the gravity gradient tensor due to topographic masses using tesseroids, *AGU Meeting of the Americas*, Foz do Iguaçu, Brazil. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.156858>
- 2008 **Uieda, L.**, Ussami, N. Utilização de tesseróides na modelagem de dados de gradiometria gravimétrica, *XIII Simpósio de Iniciação Científica do IAG-USP*, São Paulo, Brazil. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.4779760>

Minha primeira linha de pesquisa, iniciada durante meu trabalho de conclusão de curso de Bacharelado em Geofísica na Universidade de São Paulo (seção 2.1). A motivação inicial para explorar essa linha foi o lançamento do satélite GOCE, que efetuou medidas dos gradientes da gravidade em uma resolução espacial sem precedentes. Seria necessária uma ferramenta computacional que pudesse modelar as medições que seria feitas pelo GOCE para melhor compreender suas limitações e processar os dados quando estivessem disponíveis. Métodos numéricos para a solução das integrais de Newton do campo gravitacional de um prisma esférico (tesseroide) já existiam (Asgharzadeh et al., 2007; Heck and Seitz,

2006; Wild-Pfeiffer, 2008) mas nenhum havia lidado com o problema da acurácia variável com a distancia entre os prismas e os pontos de observação. Isso me proporcionou a chance de trazer uma perspectiva diferente para a área. Esta linha foi minha introdução à pesquisa com colaborações internacionais. Também foi minha primeira experiência na orientação de alunos através da minha coorientação do Santiago.

#### ☉ **Objetivos:**

1. Desenvolver métodos numéricos para calcular o campo gravitacional e suas derivadas espaciais causados por prismas esféricos (tesseroides) de maneira computacionalmente eficiente e acurada.
2. Utilizar os métodos desenvolvidos para modelar estruturas geológicas em escala continental e global.
3. Disponibilizar ferramentas de software livre que implementam os métodos para o uso da comunidade científica.

#### 💡 **Principais contribuições:**

1. Desenvolvimento de um algoritmo de discretização adaptativa dos tesseroides capaz de garantir um nível de acurácia alto para a integração numérica automaticamente (Uieda et al., 2016).
2. Criação e disponibilização da ferramenta de software livre Tesseroids para realizar os cálculos de maneira eficiente (Uieda et al., 2016).
3. Desenvolvimento de um método para permitir que a densidade dos tesseroides variasse radialmente de maneira genérica (Soler et al., 2019) para uso na determinação do embasamento de grandes bacias sedimentares (parte da tese de doutorado do aluno Santiago R. Soler).
4. Desenvolvimento de um método para acelerar o cálculo em 50 x em determinados casos para uso na inversão 3D para determinar a distribuição de densidade em subsuperfície (Zhao et al., 2019) (colaboração com pesquisadores da Central South University, China, e GFZ Potsdam, Alemanha).

#### 🔧 **Impacto da pesquisa:**





1. O software Tesseroids é amplamente utilizado para processamento de dados de gravidade em escala global, incluindo correção topográfica, como mostra o número de citações que recebe<sup>3</sup>.
2. O Tesseroids foi utilizado para gerar malhas regulares dos gradientes da gravidade gerados a partir dos dados do satélite GOCE (Bouman et al., 2016).
3. Os avanços feitos no método de modelagem foram fundamentais para a criação de métodos de inversão (Uieda and Barbosa, 2017; Zhao et al., 2019) e métodos para calcular campos magnéticos de tesseroides (Baykiev et al., 2016).

## 5.3 Inversão 3D em métodos potenciais





---

<sup>3</sup>Segundo <https://badge.dimensions.ai/details/id/pub.1064143907>


### Resumo da linha de pesquisa

-  4 artigos publicados
-  7 trabalhos completos em anais de eventos
-  10 apresentações de trabalho
-  País dos colaboradores: Brasil, China, E.U.A.

### Artigos publicados

- 2019 Zhao, G, Chen, B, **Uieda, L**, Liu, J, Kaban, MK, Chen, L, Guo, R. Efficient 3D large-scale forward-modeling and inversion of gravitational fields in spherical coordinates with application to lunar mascons. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. <https://doi.org/10.1029/2019jb017691>.  Preprint: <https://doi.org/10.31223/osf.io/dzf9j>.  Dados: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7300523>.
- 2016 Carlos, DU, **Uieda, L**, Barbosa, VCF. How two gravity-gradient inversion methods can be used to reveal different geologic features of ore deposit - A case study from the Quadrilátero Ferrífero (Brazil), *Journal of Applied Geophysics*, <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2016.04.011>.
- 2014 Carlos, DU, **Uieda, L**, Barbosa, VCF. Imaging iron ore from the Quadrilátero Ferrífero (Brazil) using geophysical inversion and drill hole data, *Ore Geology Reviews*, <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.02.011>.
- 2012 **Uieda, L**, Barbosa, VCF. Robust 3D gravity gradient inversion by planting anomalous densities, *Geophysics*, <https://doi.org/10.1190/geo2011-0388.1>.  Código: <https://github.com/pinga-lab/paper-planting-densities>.  Dados: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.91574>.

### Trabalhos completos em anais de eventos

- 2012 **Uieda, L**, Barbosa, VCF. Use of the “shape-of-anomaly” data misfit in 3D inversion by planting anomalous densities, *SEG Technical Program Expanded Abstracts*, <https://doi.org/10.1190/segam2012-0383.1>.  Código: <https://github.com/leouieda/seg2012>.
- Carlos, DU, **Uieda, L**, Li, Y, Barbosa, VCF, Braga, MA, Angeli, G, Peres, G. Iron ore interpretation using gravity-gradient inversions in the Carajás, Brazil. *SEG Technical Program Expanded Abstracts*, <https://doi.org/10.1190/segam2012-0525.1>.
- 2011 **Uieda, L**, Barbosa, VCF. Robust 3D gravity gradient inversion by planting anomalous densities, *SEG Technical Program Expanded Abstracts*, <https://doi.org/10.1190/1.3628201>.  Código: <https://github.com/leouieda/seg2011>
- Uieda, L**, Barbosa, VCF. 3D gravity inversion by planting anomalous densities. *12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society*, <https://doi.org/10.1190/sbge2011-179>.  Código: <https://github.com/leouieda/sbge2011>
- Uieda, L**, Barbosa, VCF. 3D gravity gradient inversion by planting density anomalies. *73th EAGE Conference and Exhibition incorporating SPE EUROPEC*, <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20149567>.  Código: <https://github.com/leouieda/eage2011>

Carlos, DU, **Uieda, L**, Barbosa, VCF, Braga, MA, Gomes, AAS. In-depth imaging of an iron orebody from Quadrilátero Ferrífero using 3D gravity gradient inversion, *SEG Technical Program Expanded Abstracts*, <https://doi.org/10.1190/1.3628219>.

Carlos, DU, Barbosa, VCF, **Uieda, L**, Braga, MA. Inversão de Dados de Aeroradiometria Gravimétrica 3D-FTG Aplicada a Exploração Mineral na Região do Quadrilátero Ferrífero, *12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society*, <https://doi.org/10.1190/sbgf2011-243>.

#### ● Outras apresentações

2014 **Uieda, L**, Barbosa, VCF. Gravity inversion in spherical coordinates using tesseroids, *EGU General Assembly*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.1155457>

2013 **Uieda, L**, Barbosa, VCF. 3D magnetic inversion by planting anomalous densities, *AGU Meeting of the Americas*, Cancun, Mexico. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.703651>

2012 **Uieda, L**, Barbosa, VCF. Rapid 3D inversion of gravity and gravity gradient data to test geologic hypotheses, *International Symposium on Gravity, Geoid and Height Systems*, Venice, Italy. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.156859>

Minha pesquisa nessa linha começou com meu mestrado no Observatório Nacional (seção 2.3). O salto de 2D para 3D nos métodos de inversão que discretizam subsuperfície em elementos geométricos, como prismas retangulares retos, causou um aumento drástico nos recursos computacionais necessários para executá-los. Meu foco inicial nessa linha de pesquisa foi tornar esse tipo de inversão viável sem o uso de supercomputadores, podendo assim lidar com o aumento no volume de dados causado pelo desenvolvimento da radiometria gravimétrica. Em meu primeiro artigo publicado (**Uieda and Barbosa, 2012**), descrevemos o *método de plantação* que era capaz de inverter dezenas de milhares de observações com modelos da ordem de um milhão de prismas utilizando computadores convencionais em uma fração do tempo que métodos semelhantes. O método também proporciona ao intérprete a possibilidade de criar um esqueleto do alvo, utilizando seu conhecimento geológico, com a inversão por plantação preenchendo a forma do corpo em torno do esqueleto.

Minha segunda contribuição metodológica para a área foi com o trabalho de **Zhao et al. (2019)**. Inicialmente, atuei como revisor de uma versão anterior desse trabalho que não chegou a ser publicada. Como eu costumo assinar minhas revisões, fui convidado pelo aluno de doutorado Guangdong Zhao da Central South University, China, para participar da autoria do trabalho e ajudá-los a resolver algumas questões necessárias para submissão do artigo. Nesse trabalho, desenvolvemos um método de inversão linear de dados de gravidade em uma aproximação esférica. O método é eficaz pois se aproveita da simetria entre o modelo e a malha regular de dados para reduzir o custo computacional em algumas ordens de grandeza.

#### ◎ Objetivos:

1. Construir modelos compactos capazes de recuperar a forma 3D de corpos geológicos a partir de dados geofísicos.
2. Superar as limitações computacionais da inversão 3D em métodos potenciais devido ao elevado número de dados e elementos no modelo.
3. Providenciar maior nível de controle ao intérprete para incorporar conhecimentos

sobre a geologia do alvo.

#### 💡 Principais contribuições:

1. Desenvolvimento de um método computacionalmente eficiente a inversão de dados de gradiente da gravidade capaz de suportar o dobro do número de dados que métodos semelhantes (Carlos et al., 2016; Uieda and Barbosa, 2012).
2. Criação de uma maneira nova do intérprete inserir informação geológica nos modelos geofísicos através das sementes utilizadas em Uieda and Barbosa (2012).
3. Desenvolvimento de um método eficiente para inversão 3D em uma aproximação esférica (Zhao et al., 2019) (colaboração com pesquisadores da Central South University, China, e GFZ Potsdam, Alemanha).

#### 🔊 Impacto da pesquisa:

1. Possibilitou a comparação dos resultados com outro método de inversão já bem estabelecido, avançando a interpretação de formações contendo minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero (Carlos et al., 2014, 2016).
2. Um dos primeiros métodos capazes de inverter todos as componentes do tensor de gradientes da gravidade.

## 5.4 Determinação da espessura crustal através de distúrbios da gravidade

### 📄 Resumo da linha de pesquisa

- 📄 1 artigo publicado
- 👤 Alunos envolvidos: Aidan Hernaman
- 💬 1 apresentação de trabalho

### 📄 Artigos publicados

- 2017 Uieda, L, Barbosa, VCF. Fast non-linear gravity inversion in spherical coordinates with application to the South American Moho, *Geophysical Journal International*, <https://doi.org/10.1093/gji/ggw390>. 📄 Preprint: <https://doi.org/10.31223/osf.io/9ba4m>.  
 🔄 Código: <https://github.com/pinga-lab/paper-moho-inversion-tesseroids>. 📄 Dados: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3987267>.

### 📄 Apresentações

- 2017 Uieda, L. Inverting gravity to map the Moho: A new method and the open source software that made it possible, *Department of Geology and Geophysics, University of Hawai'i at Mānoa*, Honolulu, USA. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.4779766>

Esta linha de pesquisa busca estimar a profundidade da **Descontinuidade de Mohorovičić** (Moho) através da inversão de distúrbios da gravidade. Se considerarmos que a con-



tribuição da variação de densidade na crosta e no manto são negligenciáveis ou foram removidas, o que observamos no distúrbio da gravidade corrigido da topografia é puramente o efeito da variação na profundidade da Moho quando comparada com um nível de referência. O método mais utilizado para essa estimativa é o de [Oldenburg \(1974\)](#), que utiliza a transformada rápida de Fourier (FFT) para estimar o relevo de uma interface em uma aproximação plana da Terra. Esse método foi utilizado em [van der Meijde et al. \(2013\)](#) para estimar a espessura da crosta na América do Sul. Métodos que são adequados para uma aproximação esférica possuem suas limitações. [Wieczorek and Phillips \(1998\)](#), que é uma generalização de [Oldenburg \(1974\)](#) para harmônicos esféricos, é mais adequado para aplicações globais. [Reguzzoni et al. \(2013\)](#) é mais flexível mas requer recursos computacionais elevados.

Para a última etapa do meu doutorado (seção 2.3.3), me baseei no trabalho de [Silva et al. \(2014\)](#) para desenvolver uma inversão não-linear para a determinação da profundidade da Moho em uma aproximação esférica. Meu método aprimora a generalização do método de [Bott \(1960\)](#) feita por [Silva et al. \(2014\)](#) introduzindo regularização de suavidade. Para operar em uma aproximação esférica, a modelagem direta é feita utilizando tesseroides (seção 5.2). Estimativas da profundidade da Moho provenientes de dados sismológicos são utilizados na inversão para determinar o contraste de densidade na Moho e o nível de referência.

Esse trabalho se beneficiou muito da infraestrutura computacional que desenvolvi ao longo da minha pós-graduação. Os softwares *Fatiando a Terra* (seção 4.2.2) e *Tesseroids* (seção 4.2.1) foram fundamentais para a criação do método e o impacto que esse trabalho teve (ver “impacto da pesquisa” abaixo). Foi com esse trabalho que realmente tive evidência de que minha dedicação à ciência aberta e ao uso de software livre na pesquisa (seção 4.2) não levariam a um sacrifício da minha produtividade científica, mas seriam benéficos para minha carreira.

### 🕒 **Objetivos:**

1. Estimar a profundidade da Moho através da inversão de distúrbios da gravidade em uma aproximação esférica da Terra.
2. Superar o custo computacional alto do procedimento de inversão não-linear.
3. Incorporar estimativas sismológicas da profundidade da Moho na inversão.

### 💡 **Principais contribuições:**

1. Desenvolvi um fluxo de processamento baseado em softwares livres que está sendo utilizada pela comunidade científica.
2. Criei um método eficiente de inversão não-linear em uma aproximação esférica capaz de incorporar estimativas sismológicas na solução.
3. Produzi a primeira estimativa de alta resolução da profundidade da Moho para a América do Sul baseada em dados de gravidade em aproximação esférica.












### 🔗 **Impacto da pesquisa:**

1. O método e o código associado ao trabalho [Uieda and Barbosa \(2017\)](#) possibilitaram sua aplicação direta a outras regiões (e.g., [Chisenga et al., 2019](#); [Ghomsi et al., 2021](#); [Sobh et al., 2020](#), entre outros).
2. O código aberto foi utilizado como base para o método de [Haas et al. \(2020\)](#), possível-

mente acelerando seu desenvolvimento.

3. O trabalho [Uieda and Barbosa \(2017\)](#) possui um número de citações considerado alto para a área<sup>4</sup>.

## 5.5 Camada equivalente para processamento de dados gravimétricos e magnetométricos

 <b>Resumo da linha de pesquisa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li> 2 artigos publicados</li> <li> 1 apresentação de trabalho</li> <li> Alunos envolvidos: Santiago Soler (PhD), India Uppal (PhD), Hamed Al-Salehi (BSc), Daniel Gilbert (BSc)</li> <li> País dos colaboradores: Brasil, Argentina</li> </ul>
 <b>Artigos publicados</b>
<p>2021 Soler, SR, <b>Uieda, L.</b> Gradient-boosted equivalent sources. <i>Geophysical Journal International</i>. <a href="https://doi.org/10.1093/gji/ggab297">https://doi.org/10.1093/gji/ggab297</a>.  Código: <a href="https://github.com/compgeolab/eql-gradient-boosted">https://github.com/compgeolab/eql-gradient-boosted</a>.  Preprint: <a href="https://doi.org/10.31223/X58G7C">https://doi.org/10.31223/X58G7C</a>.  Dados: <a href="https://doi.org/10.6084/m9.figshare.13604360">https://doi.org/10.6084/m9.figshare.13604360</a>.</p> <p>2013 Oliveira Jr, VC, Barbosa, VCF, <b>Uieda, L.</b> Polynomial equivalent layer, <i>Geophysics</i>, <a href="https://doi.org/10.1190/geo2012-0196.1">https://doi.org/10.1190/geo2012-0196.1</a>.</p>
 <b>Apresentações</b>
<p>2020 <b>Uieda, L.</b>, Soler, SR. Evaluating the accuracy of equivalent-source predictions using cross-validation, <i>EGU General Assembly</i>. <a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-15729">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-15729</a>.  Dados: <a href="https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12245372">https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12245372</a></p>

A técnica da camada equivalente é baseada no fato de que o campo gravitacional ou magnético de uma fonte 3D pode ser reproduzido em qualquer ponto fora da fonte pelo campo de uma camada contínua 2D de propriedades físicas (densidade ou magnetização) [Dampney \(1969\)](#). Uma vez determinada essa distribuição 2D de propriedades físicas podemos calcular o campo da fonte 3D real em qualquer ponto do espaço (e.g., em uma malha regular ou a uma altitude maior). Dessa forma, a camada equivalente se aproveita da ambiguidade inerente de problemas inversos em métodos potenciais para processar e interpolar dados irregularmente distribuídos. Na prática, a camada contínua é discretizada em fontes pontuais chamadas de fontes equivalentes.

Minha primeira contribuição nessa linha de pesquisa surgiu durante uma conversa com meu amigo [Vanderlei C. Oliveira Jr.](#) em um bar de São Cristóvão, Rio de Janeiro. Na época, estávamos fazendo nosso doutorado no Observatório Nacional (seção 2.3) e morávamos juntos. Essas conversas eram frequentes e creio serem a fonte de meu entendimento de

<sup>4</sup>Segundo a página <https://badge.dimensions.ai/details/id/pub.1059638400> (acessada em 13/01/2023)

diversos conceitos de métodos potenciais e problemas inversos em geofísica. Durante essa conversa, tentávamos contornar o maior empecilho para a aplicação da camada equivalente: seu elevado custo computacional. Nossa solução foi dividir a camada de fontes equivalentes em blocos e representar a distribuição de propriedade física dentro de cada bloco por um polinômio 2D de grau baixo. Dessa forma, nosso problema inverso seria parametrizado pelos coeficientes dos polinômios e não pelas propriedades físicas, resultando em uma redução no número de parâmetros a serem estimados em algumas ordens de grandeza. Chamamos nossa técnica de camada equivalente polinomial (PEL em inglês) que foi publicada em [Oliveira Jr. et al. \(2013\)](#) e se tornou parte da tese de doutorado do Vanderlei.

Os avanços obtidos com a PEL foram grandes mas ainda insuficientes quando o número de dados observados ultrapassa centenas de milhares. Buscamos superar essa limitação com o segundo trabalho da tese de doutorado do [Santiago R. Soler](#) (seção 5.1), onde dividimos os dados e fontes equivalentes em janelas sobrepostas e resolvemos o problema inverso de maneira iterativa utilizando a técnica de *gradient boosting* ([Friedman, 2001](#)). A técnica, batizada de *gradient-boosted equivalent sources*, foi publicada em [Soler and Uieda \(2021\)](#) onde demonstramos seu uso para interpolar mais de 1,7 milhões de dados terrestres de distúrbio da gravidade utilizando menos de 16 Gigabytes de memória RAM em aproximadamente uma hora de computação. Atualmente, a aluna de doutorado [India Uppal](#) (seção 5.1) está adaptando a *gradient-boosted equivalent sources* para dados magnéticos. Seu objetivo é ajustar todos os dados aeromagnéticos da Antártica em conjunto com dados de satélite para produzir uma única malha regular da amplitude do campo magnético anômalo (ao invés da anomalia magnética de campo total) para todo o continente.

#### 🕒 Objetivos:

1. Reduzir o custo computacional da aplicação da camada equivalente.
2. Adaptar técnicas de aprendizagem de máquina para complementar nosso uso da camada equivalente, como a validação cruzada e *gradient boosting*.
3. Utilizar a camada equivalente para integrar dados de diferentes aquisições em diferentes escalas (terrestres, aéreos e de satélite), produzindo uma única malha uniforme em escala continental.

#### 💡 Principais contribuições:





1. Criação de dois métodos computacionalmente eficientes para solução do problema inverso da camada equivalente ([Oliveira Jr. et al., 2013](#); [Soler and Uieda, 2021](#)).
2. Disponibilização da *gradient-boosted equivalent sources* de [Soler and Uieda \(2021\)](#) no software [Harmonica](#) (implementada em grande parte pelo Santiago).
3. Geração de uma malha regular de distúrbios da gravidade para todo o continente australiano a uma altitude uniforme ([Soler and Uieda, 2021](#)).

#### 🔧 Impacto da pesquisa:


1. Os avanços obtidos em [Soler and Uieda \(2021\)](#) estão sendo utilizados no trabalho da aluna de doutorado [India Uppal](#) para a integração de dados aeromagnéticos da Antártica (seção 5.9).

## 5.6 Deconvolução de Euler

### Resumo da linha de pesquisa

-  2 artigos publicados
-  1 trabalho completo em anais de eventos
-  Alunos envolvidos: Gelson Ferreira de Souza Junior (PhD), Lottie Cooper (BSc)
-  País dos colaboradores: Brasil

### Artigos publicados

- 2014 **Uieda, L.**, Oliveira Jr, VC, Barbosa, VCF. Geophysical tutorial: Euler deconvolution of potential-field data, *The Leading Edge*, <https://doi.org/10.1190/tle33040448.1>.  Código: <https://github.com/pinga-lab/paper-tle-euler-tutorial>.
- 2013 Melo, FF, Barbosa, VCF, **Uieda, L.**, Oliveira Jr, VC, Silva, JBC. Estimating the nature and the horizontal and vertical positions of 3D magnetic sources using Euler deconvolution, *Geophysics*, <https://doi.org/10.1190/geo2012-0515.1>.

### Trabalhos completos em anais de eventos

- 2014 Melo, FF, Barbosa, VCF, **Uieda, L.**, Oliveira Jr, VC, Silva, JBC. A Single Euler Solution Per Anomaly, *76th EAGE Conference and Exhibition 2014*, <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20140891>.

A deconvolução de Euler foi introduzida por [Thompson \(1982\)](#) e [Reid et al. \(1990\)](#) como uma técnica rápida para a estimativa da profundidade das fontes em métodos potenciais. Sua simplicidade e rapidez fez com que fosse adotada amplamente. Essa popularidade também resultou em abusos da técnica, com interpretações errôneas de seus resultados e aplicações indevidas podendo ser encontradas na literatura ([Reid et al., 2014](#)). Estava com isso em mente quando fui convidado pelo [Matt Hall](#), fundador do [Software Underground](#) (seção 3.4.2), para escrever um tutorial de acesso aberto na revista [The Leading Edge](#). O Matt estava organizando um série de tutoriais para explicar conceitos de geofísica aplicada utilizando ferramentas de software livre. Os tutoriais seriam de acesso aberto e também estariam disponíveis na [SEG Wiki](#)<sup>5</sup>. Decidi escrever sobre a deconvolução de Euler utilizando a implementação disponível no [Fatiando a Terra](#) para auxiliar na divulgação de boas práticas ao utilizar a técnica. Além disso, tive a oportunidade de participar do trabalho de mestrado do aluno [Felipe Ferreira Melo](#). Nosso objetivo era utilizar o método de [Barbosa et al. \(1999\)](#) para obter uma única solução para a profundidade e o índice estrutural por fonte das anomalias. O método que desenvolvemos foi publicado em [Melo et al. \(2013\)](#).

Atualmente, estou investigando o uso da deconvolução de Euler para a interpretação de dados de microscopia magnética (seção 5.8) através do projeto do aluno de doutorado [Gelson Ferreira de Souza Junior](#) (seção 5.1). Essa técnica nos permite estimar a profundidade

<sup>5</sup>Por exemplo, o tutorial [Uieda et al. \(2014\)](#) está disponível em [https://wiki.seg.org/wiki/Euler\\_deconvolution\\_of\\_potential\\_field\\_data](https://wiki.seg.org/wiki/Euler_deconvolution_of_potential_field_data)

de minerais magnéticos individuais em nossas amostras.

#### 🕒 **Objetivos:**

1. Popularizar o entendimento da técnica e as boas práticas em sua aplicação e na interpretação de seus resultados.
2. Buscar técnicas novas para a aplicação da deconvolução de Euler, incluindo como diminuir o número de soluções falsas.

#### 💡 **Principais contribuições:**

1. Desenvolvimento de um método para estimar o índice estrutural das fontes e obter uma única solução por fonte (Melo et al., 2013).
2. Publicação de um tutorial de acesso livre explicando os conceitos do método e como interpretar seus resultados (Uieda et al., 2014).

#### 🔗 **Impacto da pesquisa:**

1. Os avanços obtidos na deconvolução de Euler foram utilizados como informação a priori em Oliveira Jr. et al. (2015) e na linha de pesquisa em microscopia magnética (seção 5.8).

## 5.7 Interpolação de dados geofísicos

### 📄 **Resumo da linha de pesquisa**

- 📄 1 artigo publicado
- 💬 2 apresentações de trabalho
- 👤 Alunos envolvidos: Majed Abura (BSc), Ali Alhazmi (BSc), Sarah Askevold (BSc)
- 🌐 País dos colaboradores: E.U.A.

### 📄 **Artigos publicados**

2018 **Uieda, L.** Verde: Processing and gridding spatial data using Green's functions. *Journal of Open Source Software*. <https://doi.org/10.21105/joss.00957>. 📄 Código: <https://github.com/fatiando/verde>.

### 📄 **Apresentações**

2018 **Uieda, L., Xu, X., Wessel, P., Sandwell, DT.** Coupled Interpolation of Three-component GPS Velocities, *AGU Fall Meeting*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7440683>  
**Uieda, L., Sandwell, DT., Wessel, P.** Joint Interpolation of 3-component GPS Velocities Constrained by Elasticity, *AOGS 15<sup>th</sup> Annual Meeting*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.6387467>

Meu interesse nessa linha de pesquisa surgiu durante meu trabalho com o **Generic Mapping Tools** (GMT; seção 3.2). O **Paul Wessel**, principal desenvolvedor do GMT, e o Professor **David Sandwell** me abordaram para tentar resolver um problema que encontravam no



código de interpolação do GMT. Os módulos [greenspline](#) e [gpsgridder](#) do GMT utilizam métodos de interpolação baseados na solução de equações de elasticidade com fontes pontuais (funções de Green). Para realizar a interpolação, os programas realizam um ajuste de mínimos quadrados linear aos dados para encontrar um fator de escala para cada fonte pontual. Em seguida, o valor predito pelas fontes pontuais é calculado em uma malha regular. Esse procedimento é o mesmo que utilizamos para a camada equivalente (seção 5.5), logo eu já tinha experiência prévia com o método. Porém, o software não estava produzindo os resultados corretos quando os dados eram ponderados pela sua incerteza. A habilidade de ponderar os dados é a grande vantagem desses métodos sobre outros que são mais eficientes, como o de [Smith and Wessel \(1990\)](#) (implementado no módulo [surface](#) do GMT).

Para investigar o problema, resolvi implementar em Python os métodos de [Sandwell \(1987\)](#) e [Sandwell and Wessel \(2016\)](#) para conduzir experimentos numéricos. Esses métodos e outras funções que implementei durante essa investigação formaram parte da biblioteca [Verde](#) que estava desenvolvendo para o [Fatiando a Terra](#) (seção 4.2.2). Descobri que a fonte do erro estava no uso da solução exata de mínimos quadrados no GMT, que matematicamente ignora a ponderação. Por fim, contornamos esse efeito utilizando uma solução regularizada quando a ponderação dos dados é necessária. O resultado dessa investigação levou à criação de um software novo (Verde) que possibilita maior flexibilidade para o processamento e interpolação de dados geocientíficos que o GMT. Essa flexibilidade é necessária para reaproveitarmos técnicas de aprendizagem de máquinas para a interpolação, que nada mais é que um problema de regressão linear para previsão de dados. Por exemplo, o Verde inclui métodos de validação cruzada específicos para dados espacialmente auto-correlacionados ([Roberts et al., 2017](#)) e métodos compatíveis com a biblioteca [scikit-learn](#) ([Pedregosa et al., 2011](#)).

Iniciei também uma investigação para adaptar o método de [Sandwell and Wessel \(2016\)](#) para a interpolação das três componentes de velocidades de GPS simultaneamente. O vínculo entre cada componente viria da teoria de deformação elástica, assim como o caso de duas componentes de [Sandwell and Wessel \(2016\)](#). Esse método poderia então ser utilizado para interpolar de maneira conjunta os dados de GPS (com 3 componentes mas pouca cobertura espacial) e de InSAR (com 1 componente mas alta cobertura espacial). Realizei duas apresentações em congressos sobre esse trabalho mas não fui capaz de obter resultados satisfatórios. Minha vinda para Liverpool interrompeu essa linha mas espero continuá-la no futuro.

### © Objetivos:

1. Criar ferramentas de software livre capazes de interpolar dados geocientíficos de maneira eficiente.
2. Desenvolver métodos para contornar o alto custo computacional da interpolação.
3. Utilizar técnicas de aprendizagem de máquina para aprimorar os resultados da interpolação.
4. Investigar a possibilidade da interpolação conjunta de dados de GPS e InSAR.

### 💡 Principais contribuições:

1. Criação do software Verde para interpolação em Python capaz de interagir com a biblioteca [scikit-learn](#) de aprendizagem de máquinas.

2. Solução de um erro em dois módulos do GMT.
3. Investigação inicial do uso da teoria da elasticidade para a interpolação conjunta de GPS e InSAR.

#### 🔗 Impacto da pesquisa:

1. O software Verde é utilizado regularmente pela comunidade científica, recebendo 21 citações ao trabalho Uieda (2018)<sup>6</sup> e mais de 1000 downloads mensais<sup>7</sup>.

## 5.8 Modelagem de dados de microscopia magnética

### 📄 Resumo da linha de pesquisa

- 📄 1 artigo publicado
- 👤 Alunos envolvidos: Gelson Ferreira de Souza Junior (PhD)
- 🌐 País dos colaboradores: Brasil
- 🔍 Financiamento: [Royal Society](#) (IES\R3\213141)

### 📄 Artigos publicados

- 2015 Oliveira Jr, VC, Sales, DP, Barbosa, VCF, **Uieda, L.** Estimation of the total magnetization direction of approximately spherical bodies, *Nonlinear Processes in Geophysics*, <https://doi.org/10.5194/npg-22-215-2015>. 🔄 Código: <https://github.com/pinga-lab/Total-magnetization-of-spherical-bodies>.

Novos avanços em microscopia magnética, onde o campo magnético vertical de uma lâmina pode ser medido em escala micrométrica, tem o potencial de permitir a investigação de grãos individuais de minerais magnéticos. Técnicas de paleomagnetismo tradicionais utilizam a medição da magnetização total de uma amostra que contem minerais magnetizados em diferentes direções. A separação dessas direções é um dos principais papéis das longas etapas de desmagnetização realizadas em estudos paleomagnéticos. Conseguir estimar a magnetização de minerais individuais através da microscopia magnética permitirá a melhor separação das magnetizações e pode levar a estimativas de paleo-pólos geomagnéticos e paleointensidades mais confiáveis.

Meu trabalho nessa linha de pesquisa iniciou com a coorientação do aluno [Gelson Ferreira de Souza Junior](#) (seção 5.1). Seu projeto visa adaptar técnicas da geofísica aplicada para a microscopia magnética, como a deconvolução de Euler, o método de [Oliveira Jr. et al. \(2015\)](#) e o processamento de dados aeromagnéticos. O Gelson já foi capaz de utilizar técnicas de processamento de imagens (que aprendi com a minha disciplina de sensoriamento remoto; seção 6.2) e filtros como a amplitude do gradiente total para isolar os campos magnéticos de minerais individuais nas imagens de microscopia. Com os campos separados, é possível determinar a posição 3D do mineral utilizando uma única janela na deconvolução de Euler. A posição é então utilizada como informação a priori em uma adaptação

<sup>6</sup>Segundo a plataforma Google Scholar [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=qfmPrUEAAAAJ&citation\\_for\\_view=qfmPrUEAAAAJ:ye4kPcJQO24C](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=qfmPrUEAAAAJ&citation_for_view=qfmPrUEAAAAJ:ye4kPcJQO24C) (acessada em 13/01/2023)

<sup>7</sup>Segundo a página <https://pepy.tech/project/Verde> (acessada em 13/01/2023)

do método de [Oliveira Jr. et al. \(2015\)](#) para estimar o momento de dipolo do mineral. Seu trabalho ainda está em estágio inicial mas já obtivemos resultados promissores que estão sendo consolidados em um artigo.

Em 2022, fui contemplado com um projeto financiado pela [Royal Society](#) para dar início à essa colaboração com o Gelson e seu orientador Ricardo I. F. Trindade. O projeto combina minha experiência em processamento e inversão de dados aeromagnéticos com o amplo conhecimento do Gelson e do Ricardo em paleomagnetismo. Através desse projeto, o Gelson passou o mês de Novembro de 2022 em Liverpool trabalhando comigo nos resultados para seu primeiro artigo. Temos ainda mais duas ou três viagens programadas como parte desse projeto para o próximo ano. Este projeto me possibilitou retornar ao paleomagnetismo 17 anos após terminar minha primeira iniciação científica no assunto (seção [2.1.1](#)) com o mesmo grupo de pesquisa da USP.

#### 🕒 Objetivos:

1. Adaptar técnicas de geofísica aplicada para processar e interpretar dados de microscopia magnética.
2. Obter estimativas do momento de dipolo de minerais magnéticos individuais.
3. Produzir uma ferramenta de software livre que implementa os métodos desenvolvidos para ajudar a difundi-los na comunidade científica.

## 5.9 Determinação do fluxo geotermal Antártico através de dados magnetométricos

### 📌 Resumo da linha de pesquisa

- 👤 Alunos envolvidos: India Uppal (PhD)
- 🌐 País dos colaboradores: Brasil, Reino Unido
- 💰 Financiamento: University of Liverpool (bolsa de doutorado)

O fluxo geotermal é um importante parâmetro que controla a cobertura de gelo na Antártica. Porém, é extremamente difícil obter medições diretas desse parâmetro por causa do ambiente hostil no interior do continente antártico. Uma das principais fontes de informação sobre o fluxo geotermal são dados aeromagnéticos ([Burton-Johnson et al., 2020](#)). Partindo do pressuposto de que o principal mineral magnético na crosta terrestre é a magnetita, podemos inferir a que profundidade a crosta alcança a temperatura de Curie desse mineral estimando a espessura da parte magnetizada da crosta. Essa informação sobre a localização de uma isoterma em profundidade nos permite estimar o fluxo geotermal na superfície. A incerteza nessas estimativas é grande, envolvendo erros na compilação de dados magnéticos e a limitação do método normalmente utilizado para obter as estimativas de profundidade ([Burton-Johnson et al., 2020](#)).

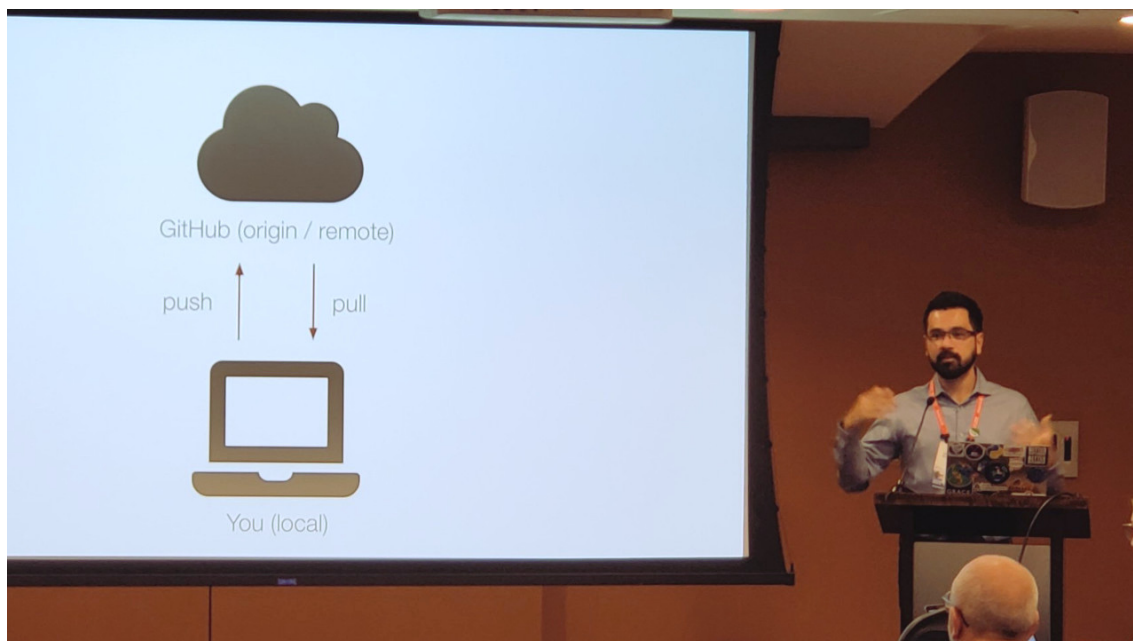
Meu interesse por essa linha de pesquisa surgiu em 2020 quando me deparei com os trabalhos feitos pelo grupo do Professor [Jörg Ebbing](#), particularmente o artigo [Lösing et al. \(2020\)](#) da aluna [Mareen Lösing](#). Propus um projeto de doutorado no assunto, que seria financiado pela School of Environmental Sciences da University of Liverpool, para ter a

oportunidade de me aprofundar mais na área. No final de 2021, a aluna [India Uppal](#) iniciou seu trabalho nesse projeto sob minha orientação e com coorientação dos Professores [Vanderlei C. Oliveira Jr.](#) e [Richard Holme](#) (seção 5.1). Desde então, a India deu início à compilação de um banco de dados com todos os dados aeromagnéticos brutos e processados disponíveis. Além disso, ela também estabeleceu um contato com pesquisadores da British Antarctic Survey ([Maximilian Lowe](#) e [Tom Jordan](#)) e com o subcomitê [SC1 Antarctic Geothermal Heat Flux](#) da [Scientific Committee on Antarctic Research](#) (SCAR). Atualmente, estamos investigando o uso da camada equivalente (seção 5.5) para a junção de dados de satélite e aeromagnéticos adquiridos em diferentes épocas. Mais especificamente, estamos elaborando uma combinação dos métodos de [Reis et al. \(2020\)](#) e [Soler and Uieda \(2021\)](#). Nosso trabalho nesta linha de pesquisa ainda está em estágio inicial. Esperamos elaborar a primeira publicação da tese da India em meados de 2023.

#### © Objetivos:





1. Produzir uma malha regular de dados da amplitude do campo magnético uniforme para a Antártica, combinando dados de satélite e aeromagnéticos.
2. Investigar o uso de métodos novos de separação regional-residual (e.g., [Florio et al., 2022](#)) para remover o efeito de fontes rasas dos dados antárticos.
3. Desenvolver um método para estimar a profundidade da isoterma de Curie através da inversão da contribuição regional dos dados de amplitude do campo magnético.

## Atividades de Ensino e Extensão



**Figura 6.1:** Foto tirada durante o curso “Best Practices for Developing and Sustaining Your Open-Source Research Software” que ministrei durante o [AGU Fall Meeting de 2019](#) em São Francisco, E.U.A.

### Resumo da experiência de ensino

-  10 disciplinas de graduação ministradas
-  17 cursos de curta duração ministrados internacionalmente
-  Habilitação em pedagogia e técnicas de ensino aplicadas ao ensino superior
-  Tópicos ensinados incluem: gravimetria, magnetometria, sismologia, sensoriamento remoto, métodos numéricos, programação em Python, métodos de campo em geofísica, introdução à geologia, problemas inversos, geofísica global e geodinâmica da litosfera.

As atividades de ensino são onde acho a maior satisfação profissional. Quase nenhuma outra atividade oferece a oportunidade de ter um impacto positivo direto na vida de outra pessoa, com exceção do meu trabalho em software livre (seção 4.2). Minha abordagem para o ensino é muito influenciada pela minha experiência na graduação (seção 2.1) e minhas atividades de ciência aberta (capítulo 4). Utilizo a computação nas minhas aulas para empoderar os alunos com as habilidades que necessitam para explorar conceitos e dados reais de maneira independente. Essa abordagem se mostrou particularmente eficaz em conjunto com uma sólida base teórica, visualizações interativas e uma seleção de dados abertos disponíveis para os alunos. Este capítulo relata minhas atividades de ensino e extensão, incluindo minha abordagem pedagógica e papel na criação e ministração de disciplinas de graduação. Minha atuação como coordenador do curso de graduação na University of Liverpool foi discutida na seção 3.3.





## 6.1 Cursos de curta duração

### 🕒 Cursos e workshops ministrados online

- 2022 Crafting beautiful maps with PyGMT. *EGU General Assembly*. 📄 Código: <https://github.com/GenericMappingTools/egu22pygmt>  
A geophysical tour of mid-ocean ridges. *Transform 2022* (online). 📄 Código: <https://github.com/leouieda/transform2022>. 📺 Vídeo: <https://youtu.be/NzJmRlJCNbQ>
- 2021 The Generic Mapping Tools for Geodesy. *UNAVCO* (online). 📄 Código: <https://github.com/GenericMappingTools/2021-unavco-course>
- 2020 Let's build a geophysical inversion with Python. *IRTG-2379 Graduate School: Modern Inverse Problems, RWTH Aachen University* (online). 📄 Código: <https://github.com/compgeolab/2020-aachen-inverse-problems>  
The Generic Mapping Tools for Geodesy. *UNAVCO* (online). 📄 Código: <https://github.com/GenericMappingTools/2020-unavco-course>. 📺 Vídeo: <https://youtu.be/EQgxDmCXvj4>  
From scattered data to gridded products using Verde. *Transform 2020* (online). 📄 Código: <https://github.com/fatiando/transform2020>. 📺 Vídeo: <https://youtu.be/-xZdNdvzm3E>

### 🕒 Cursos e workshops ministrados presencialmente

- 2019 Best Practices for Developing and Sustaining Your Open-Source Research Software. *AGU Fall Meeting*. 📄 Código: <https://github.com/agu-ossi/2019-agu-oss>  
Become a Generic Mapping Tools Contributor Even If You Can't Code. *AGU Fall Meeting*  
The Generic Mapping Tools for Geodesy. *Scripps Institution of Oceanography and UNAVCO*. 📄 Código: <https://github.com/GenericMappingTools/2019-unavco-course>. 📺 Vídeo: [https://youtu.be/uPUt4\\_kd6m8](https://youtu.be/uPUt4_kd6m8)  
Introduction to Python Workshop (Earth Sciences REU program). *Department of Geology and Geophysics, University of Hawai'i at Mānoa*. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/2019-06-reu-python>
- 2018 Best Practices for Modern Open-Source Research Codes. *AGU Fall Meeting*. 📄 Código: <https://github.com/agu-ossi/2018-agu-oss>  
Git and GitHub: What are their uses? Are they worth the effort? Let's find out! *ASPRS UHM Student Chapter, University of Hawai'i at Mānoa*
- 2017 Introduction to Python. *Department of Geology and Geophysics, University of Hawai'i at Mānoa*. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/python-hawaii-2017>
- 2016 Python for Geologists (SAGEO). *Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro*. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/python-geologia-2016>  
Python como uma ferramenta numérica em Ciências da Terra: uma nova abordagem de programação. *XVIII Escola de Verão de Geofísica do IAG-USP*. 📄 Código: <https://github.com/leouieda/verao2016>




- 2014 Tópicos de inversão em geofísica. *III Semana de Geofísica da UnB*.  Código: <https://github.com/pinga-lab/inversao-unb-2014>
- 2012 Tópicos de inversão em geofísica. *XVI Escola de Verão de Geofísica do IAG-USP*.  Código: <https://github.com/pinga-lab/inversao-iag-2012>

Minha primeira experiência com o ensino foi através do curso “Tópicos de inversão em geofísica” que ministrei em 2012 junto com meu amigo e então colega de doutorado [Vanderlei C. Oliveira Jr.](#) na XVI Escola de Verão de Geofísica do IAG-USP. Foi durante esse curso que percebi minha paixão pelo ensino e decidi seguir a carreira acadêmica para poder combinar ensino, pesquisa e extensão. Desde então ministrei diversos cursos de curta duração e workshops em formato online e presencial. Esses cursos complementam o ensino tradicional em disciplinas de graduação e pós-graduação, fornecendo a oportunidade de experimentar com tecnologias, formatos de ensino e tópicos pouco tradicionais.




A maioria dos cursos que ministrei estão relacionados à programação. O formato curto é adequado para uma introdução à conceitos básicos de programação ou para abordar um assunto específico (e.g., como criar mapas com o [PyGMT](#), como interpolar dados com o [Verde](#) ou como criar testes unitários para seu software). Por isso acho as “escolas de verão” e “semanas da geofísica” organizadas pelas universidades tão proveitosas. Esses cursos também podem fornecer aos alunos um contato com especialistas de todo o mundo. Esse contato pode inclusive ser feito com um orçamento limitado devido aos avanços recentes nas plataformas de vídeo conferência e o maior costume com atividades online causados pela pandemia de COVID.

## 6.2 Disciplinas de graduação

### Disciplinas ministradas na Universidade do Estado do Rio de Janeiro

- 2015–2016 IME03-1366 Matemática Especial I.  
 Código: <https://github.com/mat-esp/about>
- 2014–2016 FGEL04-12422 Geofísica II.  
 Código: <https://github.com/leouieda/geofisica2>
- FGEL04-12421 Geofísica I.  
 Código: <https://github.com/leouieda/geofisica1>
- 2015 FGEL01-00805 Geologia Geral I.

### Disciplinas ministradas na University of Liverpool

- 2023–atual ENVS219: Earth and Environmental Data Science (*em desenvolvimento*).
- 2020–atual ENVS398: Global Geophysics and Geodynamics.  
 Código: <https://github.com/leouieda/lithosphere>
- ENVS258: Environmental Geophysics.  
 Código: <https://github.com/leouieda/remote-sensing>.  
 Código: <https://github.com/leouieda/gravity-processing>.

ENVS386: Geophysical Data Modelling.

🔗 Código: <https://github.com/leouieda/ml-intro>.

ENVS101/106: Study Skills and GIS (tutorial).

2019–2021 ENVS123: Introduction to Geoscience and Earth History.

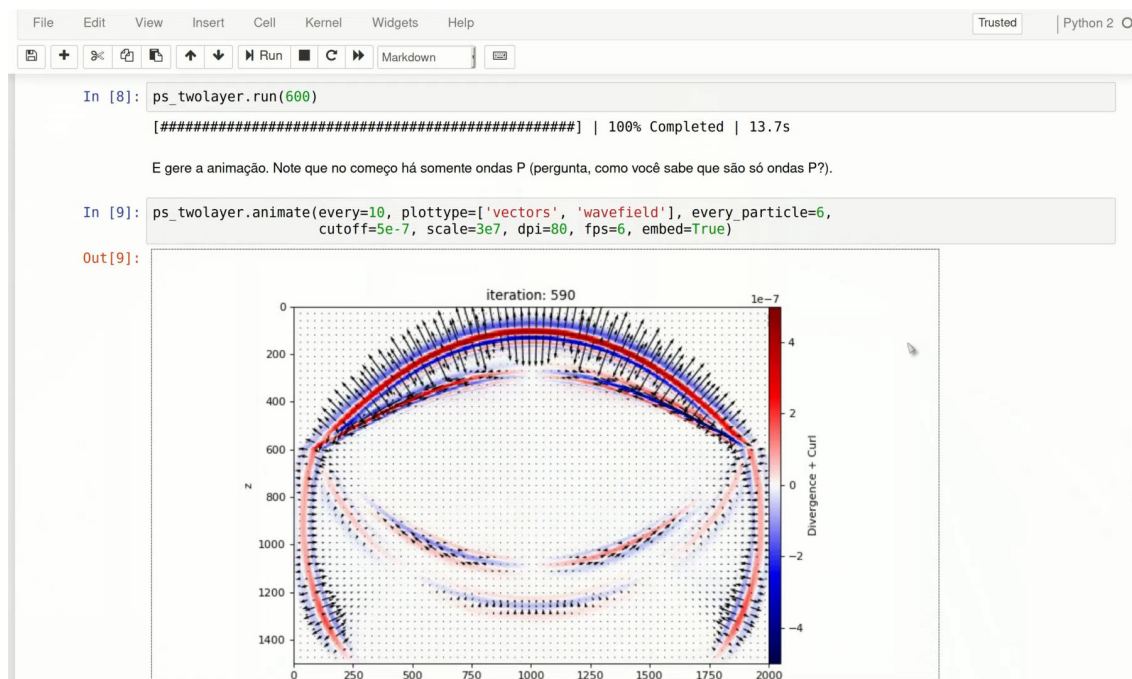
2019–2020 ENVS362: Geophysics Field School.

Na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, tive a oportunidade de criar três disciplinas de graduação: Matemática Especial I e Geofísica I e II. A disciplina Matemática Especial I pertence ao curso de Bacharelado em Oceanografia e cobria tópicos avançados de matemática. Meu papel ao assumir essa disciplina era convertê-la em uma introdução à programação em Python e ao cálculo numérico. Decidi incluir no início da disciplina uma introdução ao software de controle de versão [git](#) e à plataforma [GitHub](#). Assim, pude manejar a disciplina inteiramente pelo GitHub, com cada lição sendo armazenada em um repositório da organização <https://github.com/mat-esp>. Durante as aulas práticas, os alunos se dividiam em grupos e cada grupo era automaticamente fornecido com uma cópia do repositório da lição pela plataforma [GitHub Classroom](#). Ao final da aula, os alunos submetiam suas soluções para a tarefa da lição também pelo GitHub, onde recebiam as notas e correções.

As disciplinas de geofísica, cobrindo uma introdução aos métodos geofísicos, fazem parte do curso de Bacharelado em Geologia e haviam acabado de serem reformuladas quando assumi meu cargo na UERJ em 2014. Logo, pude criar o conteúdo das disciplinas por mim mesmo e estabelecer como gostaria que fossem estruturadas. Optei por dividi-las entre aulas teóricas e aulas práticas computacionais. Nas práticas, utilizei o software [Jupyter](#) para criar *notebooks* que explicam os conceitos abordados em uma aula utilizando uma combinação de texto, equações, código pronto que demonstra os conceitos, tarefas para executarem através de visualizações interativas (figura 6.2) e perguntas para responderem como parte da avaliação somativa da disciplina. Essa abordagem foi bem recebida pelos alunos, que me escolheram como paraninfo dos alunos da turma de formandos da Geologia em 2016 (ano de ingresso 2012).

Na University of Liverpool, participei de diversas disciplinas dos cursos de Geofísica e Geologia, ministrando programação em Python para Ciências da Terra em “ENVS101 Study Skills and GIS”, introdução à estrutura da Terra e isostasia em “ENVS123 Introduction to Geoscience and Earth History”, inversão não-linear e aprendizagem de máquinas em “ENVS386 Geophysical Data Modelling” e a matéria de campo do terceiro ano de geofísica “ENVS362 Geophysics Field School”. Continuo com a abordagem computacional que desenvolvi na UERJ, dessa vez incluindo tarefas onde os alunos escrevem parte do código. Atualmente, adotei a metodologia de [aula invertida](#), produzindo vídeos explicando a base teórica para os alunos assistirem independentemente e utilizando todo o tempo em sala de aula para atividades práticas com os notebooks e discussões.

Criei a nova disciplina optativa “ENVS398: Global Geophysics and Geodynamics” junto com o Professor [Andy Biggin](#). Utilizamos aulas gravadas para ensinar o conteúdo teórico e as partes práticas da disciplina são divididas em duas partes. Durante metade da disciplina, ministrada pelo Andy, os alunos aprendem sobre o núcleo e o manto terrestre, discutindo artigos recentes da literatura durante as aulas presenciais. Durante a outra metade da disciplina, ministrada por mim, os alunos aprendem sobre a geodinâmica da litosfera.



**Figura 6.2:** Exemplo de um notebook usado na minha disciplina “Geofísica 2” da UERJ para ensinar o conceito de ondas sísmicas, reflexão, refração e conversão de ondas P em ondas S ao interagir com uma interface geológica. O notebook contém instruções, teoria, perguntas e código escrito por mim que os alunos podem executar e modificar para criar animações da propagação de ondas elásticas (utilizando o código de diferenças finitas do Fatiando a Terra). A figura no notebook é parte de uma animação da propagação de uma onda P que incide sobre uma interface, gerando ondas P e S refletidas e refratadas. As cores representam a soma do divergente e o rotacional do campo de deformações, mostrando as frentes de onda. Vetores indicam o deslocamento de cada ponto do modelo, com ondas P e S tendo deslocamento perpendicular e paralelo às frentes de onda, respectivamente.

Nas aulas práticas, os alunos desenvolvem a implementação computacional dos modelos abordados nas aulas teóricas e os comparam a dados reais. Utilizo os notebooks com parte do código fornecido por mim para os alunos construírem suas soluções em etapas gradativamente mais desafiadoras. Também utilizo um conjunto global de dados de distúrbios da gravidade, fluxo de calor geotermal, topografia e idade do assoalho oceânico que os alunos podem interpretar e processar livremente. Essa matéria foi consistentemente elogiada pelos alunos nos formulários de avaliação semestrais das disciplinas.

Sou o responsável pela disciplina “ENVS258 Environmental Geophysics” onde ensino uma introdução ao sensoriamento remoto, processamento e aquisição de dados de gravidade e uma componente de campo onde introduzimos os alunos aos equipamentos que possuímos em Liverpool (magnetometria, GRP, eletrorresistividade, GPS, EM-31 e refração sísmica). Desenvolvi todo o material prático para a componente de sensoriamento remoto, utilizando novamente os notebooks e dados abertos dos satélites Landsat fornecidos na plataforma [EarthExplorer](#) da USGS. A avaliação somativa dessa componente é um relatório onde os alunos escolhem seu próprio tema, fazem a pesquisa bibliográfica, baixam os dados relevantes do EarthExplorer, processam os dados usando notebooks em Python e geram suas visualizações e conclusões. Para a grande maioria dos alunos, essa é sua primeira tarefa independente e o primeiro contato com a pesquisa. A qualidade e criatividade dos relatórios que os alunos produzem frequentemente me surpreende. Em múltiplas ocasiões,

incorporei o trabalho de alunos nas minhas aulas porque eram simplesmente superiores aos exemplos que eu pude desenvolver<sup>1</sup>. A componente de sensoriamento remoto é sempre elogiada pelos alunos nas avaliações do curso, o que me dá muito orgulho por ter sido um tema que aprendi quase inteiramente através dessa disciplina.

Estou criando a disciplina “ENVS229 Earth and Environmental Data Science” com os Professores [Ben Edwards](#) e [Greig Paterson](#). Essa disciplina fornecerá conhecimentos intermediários de programação em Python e técnicas de estatística e análise de dados geocientíficos para todos os cursos de Ciências da Terra do departamento. Isso é atualmente possível porque em 2021 introduzi um curso de programação em Python na disciplina “ENVS101 Study Skills and GIS”, fornecendo aos alunos atuais a base necessária para cursar a nova disciplina. Nosso desejo de criar essa disciplina foi motivado pela falta de treinamento que os nossos alunos de geologia e geografia física recebem em análise de dados, atividade que atualmente é altamente valorizada por empregadores em geociências e ciência de dados.

### 6.3 Atividades de Extensão

Minhas atividades na área de extensão universitária são mais limitadas que minha atuação em outras áreas. Parte da razão é meu foco adicional em outras atividades, como minha atuação em ciência aberta (capítulo 4). A pandemia de COVID de 2020 também significou que durante a maior parte da minha estadia em Liverpool, muitas das atividades de extensão que eram promovidas pela universidade foram canceladas. Em 2022, com a retomada das atividades presenciais, participei de três eventos na University of Liverpool chamados de *Open Days*, durante os quais alunos de ensino médio visitam a universidade para conhecer mais sobre os cursos oferecidos. Na parte das Ciências da Terra, fizemos demonstrações sobre como a viscosidade influencia o fluxo de lava, como o Ground Penetrating Radar (GPR) detecta objetos em subsuperfície e como o conceito de isostasia explica a espessura crustal em regiões montanhosas. Além dos Open Days, fui voluntário no evento *Hour of Code* para ensinar programação para alunos de ensino fundamental da Salt Lake Elementary School em Honolulu, E.U.A. Também fui entrevistado nos podcasts de divulgação das geociências [Undersampled Radio](#) (episódio “[Open Sourcery](#)” de 19/05/2016) e [Don’t Panic Geocast](#) (episódio “[You are headed to a warm and sunny place](#)” de 27/04/2018). Essas atividades são extremamente gratificantes e gostaria de dedicar mais tempo a elas no futuro. Em particular, gostaria de expandir uma atividade que desenvolvi para explicar aquisições aeromagnéticas utilizando ímãs enterrados e o aplicativo de celular [Phyphox](#), que dá acesso aos dados registrados pelos magnetômetros dos celulares modernos.

---

<sup>1</sup>Por exemplo, as práticas <https://github.com/leouieda/remote-sensing/blob/main/practicals/practical2.ipynb> e <https://github.com/leouieda/remote-sensing/blob/main/practicals/practical4.ipynb>



## Conclusão

---

Este memorial contém um relato dos últimos 19 anos da minha carreira, desde minha entrada no curso de Bacharelado em Geofísica da Universidade de São Paulo até minha posição atual como Lecturer na University of Liverpool. Ao longo desse caminho, passei por 6 instituições em 4 países, fui autor de 16 artigos científicos e 10 softwares livres para ciência, ministrei 10 disciplinas diferentes de graduação e orientei e coorientei 16 alunos de graduação, mestrado e doutorado. Atuo em diversas linhas de pesquisa relacionadas a problemas inversos em métodos potenciais, com aplicação na prospecção de recursos naturais e estudos da crosta terrestre em escala continental. Tenho uma forte convicção de que a ciência deve ser feita de forma transparente, reproduzível, reutilizável e cooperativa. Por isso, invisto uma grande parte do meu tempo e esforço em iniciativas que apoiam a ciência aberta e o uso de software livre na ciência e educação. O ensino e a interação com os alunos são meus maiores motivadores profissionais. Não consigo me imaginar em uma carreira onde não tenho a oportunidade de ser professor e mentor. Mas, acima de tudo, sou o pai envolvido, dedicado e cafona da Yara.

Embora minha experiência em Liverpool tenha sido gratificante e possibilitado meu crescimento profissional, descobri alguns aspectos da academia na Inglaterra que a tornam menos atrativa para mim. Por exemplo, a natureza extremamente comercial do ensino superior, a grande disparidade de salários e o curso extremamente curto de Bacharelado de apenas aproximadamente 50 dias de aulas por semestre ao longo de três anos (comparado com aproximadamente 100 dias por semestre ao longo de quatro ou cinco anos na USP). Este último fator resulta em alunos entrando na pós-graduação com pouquíssimo preparo, o que significa que projetos que eu julgaria a nível de doutorado no Brasil são a nível de pós-doutorado para alunos do Reino Unido. A longo prazo, todos esses fatores poderão tornar a minha produção científica e pedagógica abaixo das minhas perspectivas profissionais. Somado ao aumento considerável de trabalho causado pela pandemia de COVID, também tive minha filha Yara em 2020 e, por conta das restrições em viagens internacionais, não tive suporte familiar algum. Percebo agora mais do que nunca o quanto a proximidade da família contribui para o bem-estar e o balanço saudável entre o trabalho e a vida pessoal.

As circunstâncias familiares e profissionais que tenho agora são muito diferentes do que eram cinco anos atrás quando decidi sair do meu emprego na UERJ. Aprendi muito com os últimos seis anos que passei em instituições internacionais, podendo estabelecer relações duradouras com pesquisadores excelentes e experimentar como diferentes culturas abordam o ensino superior e o financiamento para pesquisa. Desde minha primeira experiência no exterior na York University (seção 2.2), aprecio cada vez mais o que temos no Brasil e, em particular, na Universidade de São Paulo. Obter os títulos de Bacharel, Mestre e Doutor sem acumular uma dívida gigantesca é um privilégio que poucos tem nos E.U.A., Canadá e Inglaterra. Devo muito ao país que me providenciou um ensino superior de qualidade excepcional de forma gratuita e bolsas para realizar a pós-graduação. Sinto que agora está na hora de retribuir meu país com a experiência que adquiri no Brasil e no exterior em pesquisa, ensino, administração e extensão.

Caso tenha a oportunidade, pretendo buscar colaborações com os pesquisadores e pes-

quisadoras do IAG nas áreas de estrutura crustal da América do Sul, aplicações geoambientais (e.g. através do sensoriamento remoto), gravimetria e geodésia física, desenvolvimento de software (e.g., através dos aplicativos do grupo de sismologia e do envolvimento tradicional do IAG no Generic Mapping Tools) e paleomagnetismo. Adoraria ter a chance de expandir minha atuação na extensão universitária, especialmente na divulgação da geofísica através de visitas a escolas, nos cursos de Geofísica para a Terceira Idade do IAG e na produção de recursos educacionais abertos em português. Também vejo que posso contribuir em diversos aspectos dos cursos de graduação e pós-graduação. Uma mudança no curso desde minha passagem pela USP que me chamou a atenção foi a introdução das disciplinas “Problemas Integrados em Ciência da Terra I e II”, que visam fornecer uma ponte entre o ciclo básico e o conteúdo de geofísica, um aspecto do qual senti falta durante meu curso de graduação. Os tópicos cobertos por essas disciplinas possibilitam o uso das técnicas computacionais de ensino que utilizo em minhas aulas. Possuo experiência prévia de ensino nos tópicos das disciplinas do concurso: métodos potenciais, geofísica e geodinâmica global, estrutura interna da Terra e sismologia. Além das disciplinas especificadas no concurso, eu teria a capacidade de propor disciplinas optativas e de pós-graduação nos tópicos de gravimetria, engenharia de software científico (complementando a disciplina AGG0204), métodos quantitativos de sensoriamento remoto, aprendizagem de máquina aplicada a Ciência da Terra, entre outros. Continuaria a oferecer cursos de curta duração presenciais e online, particularmente os cursos da organização [Software Carpentry](#) da qual sou um instrutor credenciado. Gostaria também de propor o uso da observação por pares como uma técnica para difundir boas práticas pedagógicas, tanto porque acredito ter coisas a contribuir como porque sei que tenho muito a aprender. Em suma, seria uma honra ter a chance de fazer minha parte para formar os alunos brasileiros e contribuir para a Universidade de São Paulo.

# Referências Bibliográficas

---

- Asgharzadeh, M. F., von Frese, R. R. B., Kim, H. R., Leftwich, T. E., and Kim, J. W. (2007). Spherical prism gravity effects by gauss-legendre quadrature integration. *Geophysical Journal International*, 169(1):1–11. doi:[10.1111/j.1365-246x.2007.03214.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.2007.03214.x).
- Barbosa, V. C. F., Silva, J. B. C., and Medeiros, W. E. (1999). Stability analysis and improvement of structural index estimation in euler deconvolution. *GEOPHYSICS*, 64(1):48–60. doi:[10.1190/1.1444529](https://doi.org/10.1190/1.1444529).
- Baykiev, E., Ebbing, J., Brönnner, M., and Fabian, K. (2016). Forward modeling magnetic fields of induced and remanent magnetization in the lithosphere using tessieroids. *Computers and Geosciences*, 96:124–135. doi:[10.1016/j.cageo.2016.08.004](https://doi.org/10.1016/j.cageo.2016.08.004).
- Bott, M. H. P. (1960). The use of Rapid Digital Computing Methods for Direct Gravity Interpretation of Sedimentary Basins. *Geophysical Journal International*, 3(1):63–67. doi:[10.1111/j.1365-246X.1960.tb00065.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1960.tb00065.x).
- Bouman, J., Ebbing, J., Fuchs, M., Sebera, J., Lieb, V., Szwillus, W., Haagmans, R., and Novak, P. (2016). Satellite gravity gradient grids for geophysics. *Scientific Reports*, 6(1). doi:[10.1038/srep21050](https://doi.org/10.1038/srep21050).
- Brown, N. C. C. and Wilson, G. (2018). Ten quick tips for teaching programming. *PLOS Computational Biology*, 14(4):e1006023. doi:[10.1371/journal.pcbi.1006023](https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006023).
- Burton-Johnson, A., Dziadek, R., and Martin, C. (2020). Review article: Geothermal heat flow in antarctica: current and future directions. *The Cryosphere*, 14(11):3843–3873. doi:[10.5194/tc-14-3843-2020](https://doi.org/10.5194/tc-14-3843-2020).
- Carlos, D. U., Uieda, L., and Barbosa, V. C. (2014). Imaging iron ore from the quadrilátero ferrífero (brazil) using geophysical inversion and drill hole data. *Ore Geology Reviews*, 61:268–285. doi:[10.1016/j.oregeorev.2014.02.011](https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.02.011).
- Carlos, D. U., Uieda, L., and Barbosa, V. C. (2016). How two gravity-gradient inversion methods can be used to reveal different geologic features of ore deposit — a case study from the quadrilátero ferrífero (brazil). *Journal of Applied Geophysics*, 130:153–168. doi:[10.1016/j.jappgeo.2016.04.011](https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2016.04.011).
- Chisenga, C., Yan, J., and Yan, P. (2019). A crustal thickness model of antarctica calculated in spherical approximation from satellite gravimetric data. *Geophysical Journal International*, 218(1):388–400. doi:[10.1093/gji/ggz154](https://doi.org/10.1093/gji/ggz154).
- Cockett, R., Kang, S., Heagy, L. J., Pidlisecky, A., and Oldenburg, D. W. (2015). SimPEG: An open source framework for simulation and gradient based parameter estimation in geophysical applications. *Computers and Geosciences*, 85:142–154. doi:[10.1016/j.cageo.2015.09.015](https://doi.org/10.1016/j.cageo.2015.09.015).
- Cosh, J. (1998). Peer observation in higher education – a reflective approach. *Innovations in Education and Training International*, 35(2):171–176. doi:[10.1080/1355800980350211](https://doi.org/10.1080/1355800980350211).
- Dampney, C. N. G. (1969). THE EQUIVALENT SOURCE TECHNIQUE. *GEOPHYSICS*, 34(1):39–53. doi:[10.1190/1.1439996](https://doi.org/10.1190/1.1439996).
- de la Varga, M., Schaaf, A., and Wellmann, F. (2019). GemPy 1.0: open-source stochastic geological modeling and inversion. *Geoscientific Model Development*, 12(1):1–32. doi:[10.5194/gmd-12-1-2019](https://doi.org/10.5194/gmd-12-1-2019).
- Fletcher, J. A. (2018). Peer observation of teaching: A practical tool in higher education. *The*

- Journal of Faculty Development*, 32(1):51–64.
- Florio, G., Fedi, M., and Cella, F. (2022). A fractional vertical derivative technique for regional-residual separation. *Geophysical Journal International*, 232(1):601–614. doi:[10.1093/gji/ggac348](https://doi.org/10.1093/gji/ggac348).
- Friedman, J. H. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *The Annals of Statistics*, 29(5). doi:[10.1214/aos/1013203451](https://doi.org/10.1214/aos/1013203451).
- Ghomsi, F. E. K., Ribeiro-Filho, N., Baldez, R., Tenzer, R., Martins, C. M., Chisenga, C., Nguiya, S., and Nouayou, R. (2021). Identification of cameroon's geological structures through a gravity separation and using seismic crustal models. *Journal of African Earth Sciences*, 173:104027. doi:[10.1016/j.jafrearsci.2020.104027](https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.104027).
- Golynsky, A. V., Ferraccioli, F., Hong, J. K., Golynsky, D. A., von Frese, R. R. B., Young, D. A., Blankenship, D. D., Holt, J. W., Ivanov, S. V., Kiselev, A. V., Masolov, V. N., Eagles, G., Gohl, K., Jokat, W., Damaske, D., Finn, C., Aitken, A., Bell, R. E., Armadillo, E., Jordan, T. A., Greenbaum, J. S., Bozzo, E., Caneva, G., Forsberg, R., Ghidella, M., Galindo-Zaldivar, J., Bohoyo, F., Martos, Y. M., Nogi, Y., Quartini, E., Kim, H. R., and Roberts, J. L. (2018). New magnetic anomaly map of the antarctic. *Geophysical Research Letters*, 45(13):6437–6449. doi:[10.1029/2018gl078153](https://doi.org/10.1029/2018gl078153).
- Haas, P., Ebbing, J., and Szwillus, W. (2020). Sensitivity analysis of gravity gradient inversion of the moho depth—a case example for the amazonian craton. *Geophysical Journal International*, 221(3):1896–1912. doi:[10.1093/gji/ggaa122](https://doi.org/10.1093/gji/ggaa122).
- Heck, B. and Seitz, K. (2006). A comparison of the tesseroïd, prism and point-mass approaches for mass reductions in gravity field modelling. *Journal of Geodesy*, 81(2):121–136. doi:[10.1007/s00190-006-0094-0](https://doi.org/10.1007/s00190-006-0094-0).
- Hoyer, S. and Hamman, J. (2017). xarray: N-d labeled arrays and datasets in python. *Journal of Open Research Software*, 5(1):10. doi:[10.5334/jors.148](https://doi.org/10.5334/jors.148).
- Lakshmanan, J. (1991). The generalized gravity anomaly: Endoscopic microgravity. *GEOPHYSICS*, 56(5):712–723. doi:[10.1190/1.1443090](https://doi.org/10.1190/1.1443090).
- Li, X. and Götze, H.-J. (2001). Ellipsoid, geoid, gravity, geodesy, and geophysics. *GEOPHYSICS*, 66(6):1660–1668. doi:[10.1190/1.1487109](https://doi.org/10.1190/1.1487109).
- Lösing, M., Ebbing, J., and Szwillus, W. (2020). Geothermal heat flux in antarctica: Assessing models and observations by bayesian inversion. *Frontiers in Earth Science*, 8. doi:[10.3389/feart.2020.00105](https://doi.org/10.3389/feart.2020.00105).
- May, R., Arms, S., Marsh, P., Bruning, E., Leeman, J., Bruick, Z., and Camron, M. D. (2016). Metpy. doi:[10.5065/D6WW7G29](https://doi.org/10.5065/D6WW7G29).
- Melo, F. F., Barbosa, V. C. F., Uieda, L., Oliveira Jr., V. C., and Silva, J. B. C. (2013). Estimating the nature and the horizontal and vertical positions of 3d magnetic sources using euler deconvolution. *GEOPHYSICS*, 78(6):J87–J98. doi:[10.1190/geo2012-0515.1](https://doi.org/10.1190/geo2012-0515.1).
- Nagy, D., Papp, G., and Benedek, J. (2000). The gravitational potential and its derivatives for the prism. *Journal of Geodesy*, 74(7-8):552–560. doi:[10.1007/s001900000116](https://doi.org/10.1007/s001900000116).
- O’Keeffe, M., Crehan, M., Munro, M., Logan, A., Farrell, A. M., Clarke, E., Flood, M., Ward, M., Andreeva, T., Egeraat, C. V., Heaney, F., Curran, D., and Clinton, E. (2021). Exploring the role of peer observation of teaching in facilitating cross-institutional professional conversations about teaching and learning. *International Journal for Academic Development*, 26(3):266–278. doi:[10.1080/1360144x.2021.1954524](https://doi.org/10.1080/1360144x.2021.1954524).
- Oldenburg, D. (1974). The inversion and interpretation of gravity anomalies. *GEOPHYSICS*, 39(4):526–536. doi:[10.1190/1.1440444](https://doi.org/10.1190/1.1440444).

- Oliveira Jr., V. C., Barbosa, V. C. F., and Uieda, L. (2013). Polynomial equivalent layer. *GEOPHYSICS*, 78(1):G1–G13. doi:[10.1190/geo2012-0196.1](https://doi.org/10.1190/geo2012-0196.1).
- Oliveira Jr., V. C., Sales, D. P., Barbosa, V. C. F., and Uieda, L. (2015). Estimation of the total magnetization direction of approximately spherical bodies. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 22(2):215–232. doi:[10.5194/npg-22-215-2015](https://doi.org/10.5194/npg-22-215-2015).
- Oliveira Jr., V. C. and Uieda, L. (2012). Tópicos de inversão em geofísica. doi:[10.6084/M9.FIGSHARE.1192984](https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.1192984).
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., and Duchesnay, E. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12:2825–2830.
- Reguzzoni, M., Sampietro, D., and Sanso, F. (2013). Global Moho from the combination of the CRUST2.0 model and GOCE data. *Geophysical Journal International*. doi:[10.1093/gji/ggt247](https://doi.org/10.1093/gji/ggt247).
- Reid, A. B., Allsop, J. M., Granser, H., Millett, A. J., and Somerton, I. W. (1990). Magnetic interpretation in three dimensions using euler deconvolution. *GEOPHYSICS*, 55(1):80–91. doi:[10.1190/1.1442774](https://doi.org/10.1190/1.1442774).
- Reid, A. B., Ebbing, J., and Webb, S. J. (2014). Avoidable euler errors - the use and abuse of euler deconvolution applied to potential fields. *Geophysical Prospecting*, 62(5):1162–1168. doi:[10.1111/1365-2478.12119](https://doi.org/10.1111/1365-2478.12119).
- Reis, A. L. A., Jr., V. C. O., and Barbosa, V. C. F. (2020). Generalized positivity constraint on magnetic equivalent layers. *GEOPHYSICS*, 85(6):J99–J110. doi:[10.1190/geo2019-0706.1](https://doi.org/10.1190/geo2019-0706.1).
- René, R. M. (1986). Gravity inversion using open, reject, and “shape-of-anomaly” fill criteria. *GEOPHYSICS*, 51(4):988–994. doi:[10.1190/1.1442157](https://doi.org/10.1190/1.1442157).
- Roberts, D. R., Bahn, V., Ciuti, S., Boyce, M. S., Elith, J., Guillerá-Arroita, G., Hauenstein, S., Lahoz-Monfort, J. J., Schröder, B., Thuiller, W., Warton, D. I., Wintle, B. A., Hartig, F., and Dormann, C. F. (2017). Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. *Ecography*, 40(8):913–929. doi:[10.1111/ecog.02881](https://doi.org/10.1111/ecog.02881).
- Rücker, C., Günther, T., and Wagner, F. M. (2017). pyGIMLi: An open-source library for modelling and inversion in geophysics. *Computers and Geosciences*, 109:106–123. doi:[10.1016/j.cageo.2017.07.011](https://doi.org/10.1016/j.cageo.2017.07.011).
- Sandwell, D. T. (1987). Biharmonic spline interpolation of GEOS-3 and SEASAT altimeter data. *Geophysical Research Letters*, 14(2):139–142. doi:[10.1029/gl014i002p00139](https://doi.org/10.1029/gl014i002p00139).
- Sandwell, D. T. and Wessel, P. (2016). Interpolation of 2-D vector data using constraints from elasticity. *Geophysical Research Letters*, 43(20):10,703–10,709. doi:[10.1002/2016GL070340](https://doi.org/10.1002/2016GL070340).
- Silva, J. B. C., Santos, D. F., and Gomes, K. P. (2014). Fast gravity inversion of basement relief. *GEOPHYSICS*, 79(5):G79–G91. doi:[10.1190/geo2014-0024.1](https://doi.org/10.1190/geo2014-0024.1).
- Silva Dias, F. J., Barbosa, V. C., and Silva, J. B. (2009). 3d gravity inversion through an adaptive-learning procedure. *GEOPHYSICS*, 74(3):I9–I21. doi:[10.1190/1.3092775](https://doi.org/10.1190/1.3092775).
- Smith, W. H. F. and Wessel, P. (1990). Gridding with continuous curvature splines in tension. *GEOPHYSICS*, 55(3):293–305. doi:[10.1190/1.1442837](https://doi.org/10.1190/1.1442837).
- Sobh, M., Ebbing, J., Mansi, A. H., Götze, H.-J., Emry, E. L., and Abdelsalam, M. G. (2020). The lithospheric structure of the saharan metacraton from 3-d integrated geophysical-petrological modeling. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 125(8). doi:[10.1029/2019jb018747](https://doi.org/10.1029/2019jb018747).



- Socha, K. and Dorigo, M. (2008). Ant colony optimization for continuous domains. *European Journal of Operational Research*, 185(3):1155–1173. doi:[10.1016/j.ejor.2006.06.046](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.06.046).
- Soler, S. R., Pesce, A., Gimenez, M. E., and Uieda, L. (2019). Gravitational field calculation in spherical coordinates using variable densities in depth. *Geophysical Journal International*, 218(3):2150–2164. doi:[10.1093/gji/ggz277](https://doi.org/10.1093/gji/ggz277).
- Soler, S. R. and Uieda, L. (2021). Gradient-boosted equivalent sources. *Geophysical Journal International*, 227(3):1768–1783. doi:[10.1093/gji/ggab297](https://doi.org/10.1093/gji/ggab297).
- Thompson, D. T. (1982). EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data. *GEOPHYSICS*, 47(1):31–37. doi:[10.1190/1.1441278](https://doi.org/10.1190/1.1441278).
- Uieda, L. (2018). Verde: Processing and gridding spatial data using green’s functions. *Journal of Open Source Software*, 3(30):957. doi:[10.21105/joss.00957](https://doi.org/10.21105/joss.00957).
- Uieda, L. (2021). Ground gravity data compilation for Australia version 2.0. doi:[10.6084/M9.FIGSHARE.13643837](https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.13643837).
- Uieda, L. (2022). Landsat 9 scenes of the december 2022 mauna loa eruption. doi:[10.6084/M9.FIGSHARE.21677246](https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.21677246).
- Uieda, L. and Barbosa, V. C. (2017). Fast nonlinear gravity inversion in spherical coordinates with application to the south american moho. *Geophysical Journal International*, 208(1):162–176. doi:[10.1093/gji/ggw390](https://doi.org/10.1093/gji/ggw390).
- Uieda, L. and Barbosa, V. C. F. (2012). Robust 3d gravity gradient inversion by planting anomalous densities. *GEOPHYSICS*, 77(4):G55–G66. doi:[10.1190/geo2011-0388.1](https://doi.org/10.1190/geo2011-0388.1).
- Uieda, L., Barbosa, V. C. F., and Braitenberg, C. (2016). Tesseroids: Forward-modeling gravitational fields in spherical coordinates. *GEOPHYSICS*, 81(5):F41–F48. doi:[10.1190/geo2015-0204.1](https://doi.org/10.1190/geo2015-0204.1).
- Uieda, L. and D’Agrella-Filho, M. S. (2006). Paleomagnetismo e mineralogia magnética dos diques cambrianos de maravilhas e prata (pb). doi:[10.6084/M9.FIGSHARE.4779769](https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.4779769).
- Uieda, L., Oliveira, V. C., and Barbosa, V. C. F. (2014). Geophysical tutorial: Euler deconvolution of potential-field data. *The Leading Edge*, 33(4):448–450. doi:[10.1190/tle33040448.1](https://doi.org/10.1190/tle33040448.1).
- Uieda, L., Oliveira Jr., V. C., and Barbosa, V. (2013). Modeling the earth with fatiando a terra. In *Proceedings of the Python in Science Conference*. SciPy. doi:[10.25080/majora-8b375195-010](https://doi.org/10.25080/majora-8b375195-010).
- Uieda, L., Soler, S., Rampin, R., van Kemenade, H., Turk, M., Shapero, D., Banihirwe, A., and Leeman, J. (2020). Pooch: A friend to fetch your data files. *Journal of Open Source Software*, 5(45):1943. doi:[10.21105/joss.01943](https://doi.org/10.21105/joss.01943).
- Uieda, L., Tian, D., Leong, W. J., Jones, M., Schlitzer, W., Grund, M., Toney, L., Yao, J., Magen, Y., Materna, K., Fröhlich, Y., Belem, A., Newton, T., Anant, A., Ziebarth, M., Quinn, J., and Wessel, P. (2022). Pygmt: A python interface for the generic mapping tools. doi:[10.5281/ZENODO.3781524](https://doi.org/10.5281/ZENODO.3781524).
- Uieda, L. and Ussami, N. (2008). Utilização de tesseróides na modelagem de dados de gradiometria gravimétrica. doi:[10.6084/M9.FIGSHARE.4779760](https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.4779760).
- van der Meijde, M., Julià, J., and Assumpção, M. (2013). Gravity derived Moho for South America. *Tectonophysics*, 609:456–467. doi:[10.1016/j.tecto.2013.03.023](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.03.023).
- Wessel, P., Luis, J. F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H. F., and Tian, D. (2019). The generic mapping tools version 6. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20(11):5556–5564. doi:[10.1029/2019gc008515](https://doi.org/10.1029/2019gc008515).
- Wieczorek, M. A. and Meschede, M. (2018). SHTools: Tools for working with spherical harmonics. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 19(8):2574–2592.



- doi:[10.1029/2018gc007529](https://doi.org/10.1029/2018gc007529).
- Wieczorek, M. A. and Phillips, R. J. (1998). Potential anomalies on a sphere: Applications to the thickness of the lunar crust. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 103(E1):1715–1724. doi:[10.1029/97JE03136](https://doi.org/10.1029/97JE03136).
- Wild-Pfeiffer, F. (2008). A comparison of different mass elements for use in gravity gradiometry. *Journal of Geodesy*, 82(10):637–653. doi:[10.1007/s00190-008-0219-8](https://doi.org/10.1007/s00190-008-0219-8).
- Wynne, P. (2018). Netcdf ground gravity point surveys collection. doi:[10.26186/5C1987FA17078](https://doi.org/10.26186/5C1987FA17078).
- Zhao, G., Chen, B., Uieda, L., Liu, J., Kaban, M. K., Chen, L., and Guo, R. (2019). Efficient 3-d large-scale forward modeling and inversion of gravitational fields in spherical coordinates with application to lunar mascons. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 124(4):4157–4173. doi:[10.1029/2019jb017691](https://doi.org/10.1029/2019jb017691).