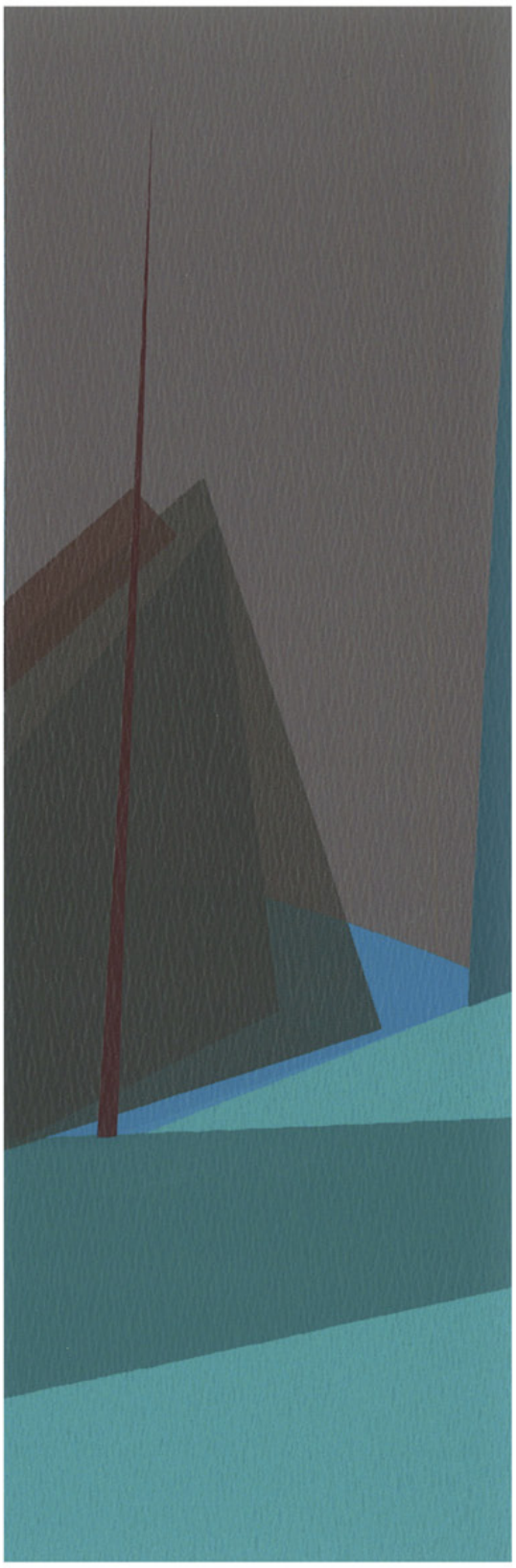
Geofísica: Uma Breve Introdução



Fernando Brenha Ribeiro
Eder Cassola Molina

edusp

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor Vahan Agopyan
Vice-reitor Antonio Carlos Hernandes

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

Pró-reitor (pro tempore) Gerson A. Yukio Tomanari

EDITORA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Diretora-presidente Valeria De Marco

COMISSÃO EDITORIAL
Presidente Rubens Ricupero
Vice-presidente Carlos Alberto Barbosa Dantas
Carlos Alberto Ferreira Martins
José Roberto Castilho Piqueira
Maria Angela Faggin Pereira Leite
Marta Maria Geraldes Teixeira
Mayana Zatz
Sandra Reimão
Tânia Tomé Martins de Castro
Valeria De Marco

Editora-assistente Carla Fernanda Fontana
Chefe Téc. Div. Editorial Cristiane Silvestrin

Geofísica: Uma Breve Introdução

Fernando Brenha Ribeiro
Eder Cassola Molina

edusp

PRÓ-REITORIA
DE GRADUAÇÃO

Sumário

Dedicatória 11

Apresentação 13

1. Introdução: Aspectos Históricos 15
   1.1 Introdução 15
   1.2 Breve História da Sismologia até a Década de 1960 17
   1.3 Breve História da Gravimetria 27
   1.4 Breve História do Geomagnetismo 36
   1.5 Breve Histórico da Geotermia 43
   1.6 A Evolução do Planeta 49

2. Sismicidade 59
   2.1 O Significado de Sismicidade 59
      2.1.1 Fraturas, Falhas e o Movimento das Falhas 71
      2.1.2 Elementos de Mecanismo Focal: O Modelo de Reid (Rebote Elástico) 76
      2.1.3 Intensidade Sísmica e Magnitude Sísmica 80
         2.1.3.1 Intensidade 80
         2.1.3.2 Magnitude Sísmica 82

3. Ondas Elásticas 87
   3.1 Ondas Elásticas e o Interior da Terra 87

3.2 Aspectos Elementares da Teoria da Elasticidade 90
3.3 Ondas Elásticas Planas 97
3.4 Períodos das Ondas Sísmicas e das Oscilações Livres 106

4. Ondas Sísmicas e o Interior da Terra 109
4.1 Ondas Sísmicas 109
4.2 Modelos 109
4.3 Construção de Frentes de Onda e Traçado de Raios: O Princípio de Huygens e o Princípio de Fermat 111
4.4 As Leis de Snell 120
4.5 Raios Sísmicos e a Variação da Velocidade das Ondas Sísmicas no Interior da Terra 124
4.6 Uma Palavra Final 134

5. O Campo de Gravidade Terrestre 137
5.1 Introdução 137
5.2 Gravitação Universal 138
5.3 Força Centrífuga e Força Centrípeta 138
5.4 Força da Gravidade e Aceleração da Gravidade 139
5.5 Medição da Aceleração da Gravidade 143
5.6 Correções Gravimétricas 147

6. O Campo Magnético Terrestre 153
6.1 Introdução 153
6.2 Elementos do Campo Geomagnético 155
6.3 Unidades de Medida do Campo Geomagnético 156
6.4 Características Observáveis do Campo Geomagnético 157
6.5 Instrumentos de Medida 160
6.6 Modelos do Campo Geomagnético 160
6.7 Geração do Campo Geomagnético 163

7. A Camada Externa da Terra 165
7.1 A Crosta Continental, a Crosta Oceânica e o Manto Superior 165
7.2 A Crosta Oceânica 166
7.3 A Crosta Continental 173

8. O Movimento dos Continentes 181
8.1 Deriva Continental 181

11. Geodinâmica 277
11.1 Introdução 277
11.2 Os Limites de Placa 278
11.3 As Forças que Agem sobre as Placas Tectônicas 291
11.4 Orogênese: A Formação das Cadeias Montanhosas 295
11.5 Conclusão 296
Referências Bibliográficas 299
Índice Remissivo 303
Sobre os Autores 311

Apresentação

A geofísica é a ciência que estuda a estrutura, a composição, a evolução e a dinâmica interna da Terra, utilizando métodos físicos, como, por exemplo, a propagação de ondas sísmicas, informações fornecidas pelo campo de gravidade e pelo campo magnético e o fluxo de calor através da sua superfície. Por outro lado, a geofísica se tornou, a partir da segunda metade do século XX, uma ciência aplicada de extrema importância para a prospecção de recursos energéticos, minerais e hídricos e, mais recentemente, para o controle de problemas ambientais. Isso sem esquecer a importância que a geofísica aplicada tem como ferramenta para estudos mais amplos das ciências da Terra. Nesse período, foram desenvolvidas diversas ferramentas de pesquisa utilizando-se ondas elásticas, campos elétricos induzidos, campos magnéticos naturais e induzidos, métodos eletromagnéticos e técnicas nucleares aplicadas à geofísica.

O objetivo deste livro é a apresentação da geofísica como ciência para os que se iniciam no estudo das geociências. A introdução dos diversos temas discutidos no livro tem como guia o desenvolvimento da teoria da tectônica de placas. Alguns temas importantes, como a geração do campo geomagnético, não foram abordados em grande detalhe, enquanto outros, como as fontes de energia no interior do planeta, receberam maior atenção. Por outro lado, as aplicações práticas da geofísica não foram abordadas. Os autores acreditam que a apresentação da geofísica aplicada para os iniciantes no estudo das ciências da Terra merece, por sua extensão e importância, um texto próprio e específico.

O primeiro capítulo do livro se dedica a uma revisão da evolução histórica da geofísica com o objetivo de mostrar, de imediato, a multidisciplinaridade dessa ciência, não só entre as disciplinas que a formam, mas principalmente entre a geofísica e outras ciências naturais. Nos cinco capítulos seguintes, cada um dos temas que formam a geofísica que estuda o interior da Terra, que algumas vezes recebe o nome de geofísica interna ou física da Terra sólida, é apresentada de forma compartimentada. A partir do capítulo sete, os temas começam a ser tratados, sempre que possível, de forma unificada e multidisciplinar.

O livro é destinado especialmente aos alunos do primeiro ano dos cursos de bacharelado em geofísica e às disciplinas introdutórias de geofísica oferecidas nos cursos de bacharelado em geologia. Ele pode também ser utilizado em disciplinas eletivas introdutórias destinadas a complementar a formação de alunos dos cursos de bacharelado e licenciatura em ciências de uma forma geral, bem como nas engenharias, onde temas relacionados à geofísica têm sido considerados com frequência crescente nos últimos anos. Os autores esperam também que o livro seja útil para a divulgação da geofísica para um público não acadêmico, mas interessado no assunto. O material contido neste livro é apresentado de forma elementar, mas tão completo e detalhado quanto é permitido pela simplicidade da apresentação, e requer apenas o conhecimento dos conteúdos de física e matemática do curso médio. O material adicional um pouco mais avançado de física e matemática utilizado no livro é apresentado de forma simples e intuitiva, durante a discussão dos diversos temas da geofísica.