

# FISIOLOGIA



# FISIOLOGIA

## TERCEIRA EDIÇÃO

Margarida de Mello Aires

Professora Titular do Departamento de Fisiologia e Biofísica do  
Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

### Colaboração de

- Ana Maria de Lauro Castrucci  
Ana Paula Arruda  
Andréa S. Torrão  
Ângelo Rafael Carpinelli  
Anibal Gil Lopes  
Antonio Carlos Bianco  
Antonio Carlos Campos de Carvalho  
Antonio C. Cassola  
Carlos Perez Gomes  
Carol Fuzeti Elias  
Celso Rodrigues Franci  
Cesar Timo-Iaria  
Cláudio A. B. Toledo  
Dalton Valentim Vassallo  
Dânia E. Hamasaki  
Debora Souza Faffe  
Dora F. Ventura  
Edilamar Menezes de Oliveira  
Edna T. Kimura  
Elisardo Corral Vasquez  
Fábio Bessa Lima  
Fabio L. Fernandes-Rosa  
Fernando Marcos dos Reis  
Gerhard Malnic  
Hamilton Haddad Junior  
Hélio César Salgado  
Henrique Gottardello Zecchin  
Isis do Carmo Kettelhut  
Ivanita Stefanon  
Jackson Cioni Bittencourt  
Janete Aparecida Anselmo-Franci  
Joaquim Procópio  
José Antunes-Rodrigues  
José Cipolla-Neto  
José Geraldo Mill  
José Hamilton Matheus do Nascimento  
José V. Menani  
Kleber Gomes Franchini  
Laura M. Vivas  
  
Laurival A. de Luca Jr.  
Leopoldo de Meis  
Lisete Compagno Michelini  
Luciana Venturini Rossoni  
*Lucília Leico K. Elias*  
Luiz Eugênio Araújo de Moraes Mello  
*Luz R. G. Britto*  
Marcelo M. Morales  
Marcus Vinícius C. Baldo  
Margaret de Castro  
Maria Cláudia Irigoyen  
Maria Jose Campagnole dos Santos  
Maria Oliveira de Souza  
Maria Tereza Nunes  
Mário José Abdalla Saad  
*Marise Lazaretti-Castro*  
Masako Oya Masuda  
Mauro César Isoldi  
Newton Sabino Canteras  
Patricia Chakur Brum  
Patricia Rieken Macêdo Rocco  
Paulo Eustáquio de Brito Santos  
*Poli Mara Spritzer*  
Rafael Linden  
Renato Hélios Migliorini  
Robson Augusto Souza dos Santos  
*Rosalia Mendez-Otero*  
Rubens Fazan Júnior  
Rui Curi  
Sang Won Han  
Silvia Lacchini  
Sílvia Passos de Andrade  
Solange Castro Afiche  
Sonia Malheiros Lopes Sanioto  
Ubiratan Fabres Machado  
Valdo José Dias da Silva  
Walter Araujo Zin  
Wamberto Antonio Varanda

**NOTA DA EDITORA:** A área da saúde é um campo em constante mudança. As normas de segurança padronizadas precisam ser obedecidas; contudo, à medida que as novas pesquisas ampliam nossos conhecimentos, tornam-se necessárias e adequadas modificações terapêuticas e medicamentosas. Os autores desta obra verificaram cuidadosamente os nomes genéricos e comerciais dos medicamentos mencionados, bem como conferiram os dados referentes à posologia, de modo que as informações fossem acuradas e de acordo com os padrões aceitos por ocasião da publicação. Todavia, os leitores devem prestar atenção às informações fornecidas pelos fabricantes, a fim de se certificarem de que as doses preconizadas ou as contra-indicações não sofreram modificações. Isso é importante, sobretudo em relação a substâncias novas ou prescritas com pouca freqüência. Os autores e a editora não podem ser responsabilizados pelo uso impróprio ou pela aplicação incorreta do produto apresentado nesta obra.

No interesse de difusão da cultura e do conhecimento, os autores e os editores evidaram o máximo esforço para localizar os detentores dos direitos autorais de qualquer material utilizado, dispondo-se a possíveis acertos posteriores caso, inadvertidamente, a identificação de algum deles tenha sido omitida.

**CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO-NA-FONTE  
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ.**

A255f

3.ed.

Aires, Margarida de Mello

Fisiologia / Margarida de Mello Aires ; colaboração de Ana Maria de Lauro

Castrucci... [et al.]. - 3.ed. - Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 2008.

il. color.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-277-1368-9

1. Fisiologia. I. Título.

07-2789.

CDD: 612

CDU: 612

20.07.07

23.07.07

002782

Direitos exclusivos para a língua portuguesa

Copyright © 2008 by

**EDITORIA GUANABARA KOOGAN S.A.**

**Uma editora integrante do GEN | Grupo Editorial Nacional**

Travessa do Ouvidor, 11

Rio de Janeiro, RJ — CEP 20040-040

Tel.: 21-3970-9480

Fax: 21-2221-3202

[gbk@editoraguanabara.com.br](mailto:gbk@editoraguanabara.com.br)

[www.editoraguanabara.com.br](http://www.editoraguanabara.com.br)

Reservados todos os direitos. É proibida a duplicação ou reprodução deste volume, no todo ou em parte, sob quaisquer formas ou por quaisquer meios (eletrônico, mecânico, gravação, fotocópia, distribuição na internet, ou outros), sem permissão expressa da Editora.

# A u t o r e s

## **ANA MARIA DE LAURO CASTRUCCI**

Professora Titular do Departamento de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Membro do Departamento de Biologia, Universidade de Virgínia, Charlottesville, Virgínia, EUA

## **ANA PAULA ARRUDA**

Doutora pelo Instituto de Bioquímica Médica da Universidade Federal do Rio de Janeiro

## **ANDRÉA S. TORRÃO**

Professora Assistente-Doutora do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

## **ÂNGELO RAFAEL CARPINELLI**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

## **ANIBAL GIL LOPES**

Professor Titular do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro

## **ANTONIO CARLOS BIANCO**

Diretor de Pesquisas – Thyroid Section, Brigham and Women's Hospital. Professor Associado de Medicina, Harvard Medical School, EUA

## **ANTONIO CARLOS CAMPOS DE CARVALHO**

Professor Titular do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Coordenador de Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Cardiologia de Laranjeiras do Ministério da Saúde. Membro do Programa de Terapias Celulares – PROTECEL/UFRJ

## **ANTONIO C. CASSOLA**

Professor Assistente-Doutor do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

## **CARLOS PEREZ GOMES**

Doutor em Ciências pelo Instituto Carlos Chagas Filho e Médico Nefrologista do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro

## **CAROL FUZETI ELIAS**

Professora Associada do Departamento de Anatomia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

## **CELSO RODRIGUES FRANCI**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

## **CESAR TIMO-IARIA**

Professor Titular de Fisiologia, Laboratório de Neurocirurgia Funcional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

## **CLÁUDIO A. B. TOLEDO**

Professor Associado do Núcleo de Pesquisa em Neurociências da Universidade Cidade de São Paulo

## **DALTON VALENTIM VASSALLO**

Professor Titular de Fisiologia do Departamento de Ciências Fisiológicas da EMESCAM

## **DÂNIA E. HANASSAKI**

Professora Associada do Departamento de Biologia Celular e do Desenvolvimento do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

## **DEBORA SOUZA FAFFE**

Professora Adjunta, Laboratório de Fisiologia da Respiração do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro

## **DORA F. VENTURA**

Professora Titular do Departamento de Psicologia Experimental do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo

## **EDILAMAR MENEZES DE OLIVEIRA**

Professora Assistente-Doutora da Disciplina de Bioquímica da Atividade Motora do Departamento de Biodinâmica do Movimento Humano da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo

## **EDNA T. KIMURA**

Professora Associada do Departamento de Biologia Celular e do Desenvolvimento do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

## **ELISARDO CORRAL VASQUEZ**

Professor Colaborador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal do Espírito Santo. Professor Adjunto do Departamento de Ciências Fisiológicas da EMESCAM

## **FÁBIO BESSA LIMA**

Professor Associado do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

## **FABIO L. FERNANDES-ROSA**

Doutorando do Departamento de Puericultura e Pediatria da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

## **FERNANDO MARCOS DOS REIS**

Professor Adjunto do Departamento de Ginecologia e Obstetrícia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais

## **GERHARD MALNIC**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

## **HAMILTON HADDAD JUNIOR**

Mestre e Doutorando do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo. Graduando do Departamento de Filosofia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

## **HÉLIO CÉSAR SALGADO**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

**HENRIQUE GOTTARDELLO ZECCHIN**

Professor-Doutor de Endocrinologia e Metabologia do Departamento de Clínica Médica e Médico Pesquisador do Laboratório de Biologia Molecular e Sinalização Celular da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas

**ISIS DO CARMO KETTELHUT**

Professora Associada do Departamento de Bioquímica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

**IVANITA STEFANON**

Professora Adjunta IV do Departamento de Ciências Fisiológicas do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo

**JACKSON CIONI BITTENCOURT**

Professor Titular do Departamento de Anatomia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**JANETE APARECIDA ANSELMO-FRANCI**

Professora Associada do Departamento de Morfologia, Estomatologia e Fisiologia da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

**JOAQUIM PROCÓPIO**

Professor Associado do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**JOSÉ ANTUNES-RODRIGUES**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

**JOSÉ CIPOLLA-NETO**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**JOSÉ GERALDO MILL**

Doutor em Farmacologia, Professor Adjunto do Departamento de Ciências Fisiológicas do Centro Biomédico da Ufes, Vitória, Espírito Santo

**JOSÉ HAMILTON MATHEUS DO NASCIMENTO**

Professor Adjunto IV do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro

**JOSÉ V. MENANI**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Araçariguama, São Paulo

**KLEBER GOMES FRANCHINI**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**LAURA M. VIVAS**

Pesquisadora CONICET. Instituto de Investigación Médica Mercedes y Martin Ferreyra, Córdoba, Argentina

**LARIVAL A. DE LUCA JR.**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Araçariguama, São Paulo

**LEOPOLDO DE MEIS**

Professor Titular do Instituto de Bioquímica Médica da Universidade Federal do Rio de Janeiro

**LISETE COMPAGNO MICHELINI**

Professora Titular do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**LUCIANA VENTURINI ROSSONI**

Professora Assistente-Doutora do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**LUCILA LEICO K. ELIAS**

Professora Assistente-Doutora do Departamento de Fisiologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

**LUIZ EUGÉNIO ARAÚJO DE MORAES MELLO**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo

**LUIZ R. G. BRITTO**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**MARCELO M. MORALES**

Professor Adjunto do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro

**MARCUS VINÍCIUS C. BALDO**

Professor Associado do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**MARGARET DE CASTRO**

Professora Associada do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

**MARGARIDA DE MELLO AIRES**

Professora Titular do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**MARIA CLÁUDIA IRIGOYEN**

Professora Livre-Docente do Departamento de Cardiopneumologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Médica Pesquisadora da Unidade de Hipertensão do Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo

**MARIA JOSE CAMPAGNOLE DOS SANTOS**

Professora Titular do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais

**MARIA OLIVEIRA DE SOUZA**

Professora Assistente-Doutora do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**MARIA TEREZA NUNES**

Professora Associada do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**MÁRIO JOSÉ ABDALLA SAAD**

Professor Titular do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas

**MARISE LAZARETTI-CASTRO**

Professora Livre-Docente da Disciplina de Endocrinologia da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo. Chefe do Setor de Doenças Ósteo-Metabólicas do Hospital São Paulo

**MASAKO OYA MASUDA**

Professora Adjunta IV do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Coordenadora do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas a Distância do Consórcio CEDERJ – Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

**MAURO CÉSAR ISOLDI**

Professor-Doutor, Membro do Departamento de Biologia, Universidade de Virgínia, Charlottesville, Virgínia, EUA

**NEWTON SABINO CANTERAS**

Professor Titular do Departamento de Anatomia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**PATRICIA CHAKUR BRUM**

Professora Associada do Departamento de Biodinâmica do Movimento do Corpo Humano da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo

**PATRICIA RIEKEN MACÉDO ROCCO**

Professora Associada, Chefe do Laboratório de Investigação Pulmonar do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro

**PAULO EUSTÁQUIO DE BRITO SANTOS**

Professor Adjunto do Departamento de Farmacologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais

**POLI MARA SPRITZER**

Professora Titular do Departamento de Fisiologia do Instituto de Ciências Básicas da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Coordenadora da Unidade de Endocrinologia Ginecológica do Serviço de Endocrinologia do Hospital das Clínicas de Porto Alegre

**RAFAEL LINDEM**

Professor Titular do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro

**RENATO HÉLIOS MIGLIORINI**

Professor Titular do Departamento de Bioquímica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

**ROBSON AUGUSTO SOUZA DOS SANTOS**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais

**ROSALIA MENDEZ-OTERO**

Professora Titular do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Membro do Programa de Terapias Celulares – PROTECEL/UFRJ

**RUBENS FAZAN JÚNIOR**

Professor Assistente-Doutor do Departamento de Fisiologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

**RUI CURI**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**SANG WON HAN**

Professor Associado do Departamento de Biofísica e Diretor do Centro Interdisciplinar de Terapia Gênica da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo

**SILVIA LACCHINI**

Professora Assistente-Doutora do Departamento de Anatomia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**SÍLVIA PASSOS DE ANDRADE**

Professora Adjunta do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais

**SOLANGE CASTRO AFECHE**

Doutora, Pesquisadora Nível IV do Laboratório de Farmacologia do Instituto Butantã de São Paulo

**SONIA MALHEIROS LOPEZ SANIOTO**

Professora Associada do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**UBIRATAN FABRES MACHADO**

Professor Titular do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

**VALDO JOSÉ DIAS DA SILVA**

Professor Titular de Fisiologia do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro

**WALTER ARAUJO ZIN**

Professor Titular do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Chefe do Laboratório de Fisiologia da Respiração

**WAMBERTO ANTONIO VARANDA**

Professor Associado do Departamento de Fisiologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

# *Prefácio*

É com grande satisfação que lanço a terceira edição do livro *FISIOLOGIA*, escrito com a colaboração de eminentes cientistas especialistas em diferentes áreas da Fisiologia Humana, com vasta experiência em ministrar essa disciplina nas mais conceituadas universidades do país.

O livro destina-se a alunos e professores de graduação e pós-graduação das diversas áreas médicas ou biológicas. No texto, de considerável profundidade e abrangência, visando fornecer um ensino mais formativo que informativo, os mecanismos fisiológicos são apresentados e discutidos com base em dados experimentais, para que sejam realmente compreendidos. Entendo que, tendo captado *os fundamentos fisiológicos e o raciocínio fisiológico*, o aluno estará preparado para desvendar, entender e selecionar a torrente de informações que o mundo atual lhe oferece e para enfrentar a sociedade globalizada que faz do conhecimento sua principal plataforma para a competitividade.

Para tornar o texto mais didático e a leitura mais agradável, nesta edição, totalmente atualizada, foram usadas figuras coloridas e boxes explicativos de detalhes ou casos clínicos. No intuito de despertar ainda mais o interesse dos leitores pela Fisiologia e fazer com que percebam que alguns aspectos da Fisiologia permanecem tão fundamentalmente importantes hoje como quando foram descobertos há mais de um século, o livro inicia com uma parte introdutória que narra *Uma Breve História da Fisiologia e As Origens da Fisiologia no Brasil*. Foram também abordados

assuntos contemporâneos, como *Sinalização Celular, Distúrbios Hereditários e Transporte Tubular de Íons, Moléculas Ativas Produzidas por Órgãos Não-endócrinos e Aspectos Fisiológicos das Terapias Celulares e Gênicas*. Para facilitar o estudo, diferentes temas foram integrados nos seguintes capítulos: *Controle Neuroendócrino do Comportamento Alimentar, Controle Hormonal e Neural do Metabolismo Energético e Regulação do Balanço Hidroeletrolítico*. Alguns assuntos foram agora abordados em capítulos próprios: *Fisiologia do Músculo Esquelético, Canais para Íons nas Membranas Celulares, Transportadores de Membrana, ATPases de Transporte e Crescimento e Desenvolvimento*. Além disso, foram reescritas as seções: *Equilíbrio Ácido-base e Fisiologia do Sistema Digestivo* e os capítulos: *Transporte Passivo na Membrana, Gênese do Potencial de Membrana, Bases Fisiológicas da Eletrocardiografia, Introdução à Fisiologia Endócrina, Fisiologia da Glândula Adrenal, Pâncreas Endócrino, Gônadas e Fisiologia da Reprodução*, além do tópico *Circulação Fetal*.

Agradeço a todos que colaboraram na execução desta obra: aos autores convidados, aos alunos e professores que deram sugestões, à Editora Guanabara Koogan e, em especial, ao Senhor Sérgio Pinto, que teve grande dedicação na edição do texto e das figuras. Críticas e sugestões serão bem acolhidas e tornarão possível aprimorar as futuras edições.

**Margarida de Mello Aires**

# Conteúdo

## **Uma Breve História da Fisiologia, 1**

*Hamilton Haddad Junior*

## **As Origens da Fisiologia no Brasil, 30**

*Marcus Vinícius C. Baldo e Cesar Timo-Laria*

### **Seção 1 Meio Interno e Homeostase, 39**

- 1 Homeostase, Regulação e Controle em Fisiologia, 41  
*Gerhard Malnic*
- 2 Compartimentalização dos Fluidos do Organismo, 51  
*Gerhard Malnic*
- 3 Sinalização Celular, 59  
*Mauro César Isoldi e Ana Maria de Lauro Castrucci*
- 4 Ritmos Biológicos, 90  
*Solange Castro Afeche e José Cipolla-Neto*
- 5 Fisiologia do Músculo Esquelético, 95  
*Andréa S. Torrão e Luiz R. G. Britto*

### **Seção 2 Transporte Através da Membrana, 107**

- 6 Membrana Celular, 109  
*Wamberto Antonio Varanda*
- 7 Transporte Passivo na Membrana, 116  
*Joaquim Procópio*
- 8 Gênese do Potencial de Membrana, 137  
*Joaquim Procópio*
- 9 Canais para Íons nas Membranas Celulares, 159  
*Antonio C. Cassola*
- 10 Transportadores de Membrana, 167  
*Maria Oliveira de Souza*
- 11 ATPases de Transporte, 182  
*Ana Paula Arruda e Leopoldo de Meis*

### **Seção 3 Equilíbrio Ácido-base, 195**

- 12 Regulação do pH do Meio Interno, 197  
*Gerhard Malnic*

### **Seção 4 Neurofisiologia, 211**

Coordenador: *Luiz R. G. Britto*

- 13 Sinalização Neuronal, 213  
*Rafael Linden*
- 14 Transmissão Sináptica, 222  
*Rafael Linden*
- 15 Organização Geral dos Sistemas Sensoriais, 234  
*Marcus Vinícius C. Baldo*

### **16 Somestesia, 242**

*Marcus Vinícius C. Baldo*

### **17 Propriocepção, 258**

*Marcus Vinícius C. Baldo*

### **18 Audição, 266**

*Marcus Vinícius C. Baldo*

### **19 Gustação e OlfAÇÃO, 278**

*Marcus Vinícius C. Baldo*

### **20 Visão, 288**

*Marcus Vinícius C. Baldo, Dânia E. Hamasaki e Dora F. Ventura*

### **21 Sistemas Geradores de Movimento, 312**

*Luiz R. G. Britto*

### **22 O Cerebelo, os Gânglios da Base e o Movimento Voluntário, 317**

*Cláudio A. B. Toledo e Luiz R. G. Britto*

### **23 Sistemas Neurovegetativos, 324**

*Cesar Timo-Laria*

### **24 Bases Neurais dos Comportamentos Motivados e das Emoções, 357**

*Newton Sabino Canteras*

### **25 Controle Neuroendócrino do Comportamento Alimentar, 361**

*Carol Fuzeti Elias e Jackson Cioni Bittencourt*

### **Seção 5 Fisiologia Cardiovascular, 375**

Coordenadora: *Lisete Compagno Michelini*

### **26 Estrutura e Função do Sistema Cardiovascular, 377**

*Silvia Lacchini e Maria Cláudia Irigoyen*

### **27 Eletrofisiologia do Coração, 385**

*José Hamilton Matheus do Nascimento, Paulo Eustáquio de Brito Santos, Antonio Carlos Campos de Carvalho e Masako Oya Masuda*

### **28 Bases Fisiológicas da Eletrocardiografia, 417**

*José Geraldo Mill*

### **29 Contratilidade Miocárdica, 435**

*Dalton Valentim Vassallo, Edilamar Menezes de Oliveira e Ivanita Stefanon*

### **30 O Coração como Bomba, 470**

*José Geraldo Mill e Elisardo Corral Vasquez*

### **31 Circulação Arterial e Hemodinâmica: Física dos Vasos Sangüíneos e da Circulação, 478**

*Kleber Gomes Franchini*

- 32 Vasomotricidade e Regulação Local de Fluxo, 497  
*Lisete Campagno Michelini e Luciana Venturini Rossoni*
- 33 Aspectos Morfofuncionais da Microcirculação, 514  
*Robson Augusto Souza dos Santos, Maria Jose Campagnole dos Santos e Sílvia Passos de Andrade*
- 34 As Veias e o Retorno Venoso, 530  
*Hélio César Salgado, Rubens Fazan Júnior e Valdo José Dias da Silva*
- 35 Circulações Regionais, 540  
*Kleber G. Franchini, Patrícia Chakur Brum, Valdo José Dias da Silva, Margarida de Mello Aires e Luciana Venturini Rossoni*
- 36 Regulação da Pressão Arterial: Mecanismos Neuro-hormonais, 571  
*Lisete Campagno Michelini*
- 37 Regulação a Longo Prazo da Pressão Arterial, 594  
*Lisete Campagno Michelini e Kleber Gomes Franchini*

## Seção 6 Fisiologia da Respiração, 605

- 38 Organização Morfofuncional do Sistema Respiratório, 607  
*Walter Araujo Zin, Patrícia Rieken Macêdo Rocco e Debora Souza Faffe*
- 39 Movimentos Respiratórios, 611  
*Walter Araujo Zin, Patricia Rieken Macêdo Rocco e Debora Souza Faffe*
- 40 Volumes e Capacidades Pulmonares, 616  
*Walter Araujo Zin, Patricia Rieken Macêdo Rocco e Debora Souza Faffe*
- 41 Mecânica Respiratória, Espaço Morto e Ventilação Alveolar, 623  
*Walter Araujo Zin, Patricia Rieken Macêdo Rocco Debora Souza Faffe*
- 42 Distribuição da Ventilação, da Perfusion e da Relação Ventilação–Perfusão, 640  
*Walter Araujo Zin, Patricia Rieken Macêdo Rocco e Debora Souza Faffe*
- 43 Transporte de Gases no Organismo, 645  
*Walter Araujo Zin, Patricia Rieken Macêdo Rocco e Debora Souza Faffe*
- 44 Controle da Ventilação, 654  
*Walter Araujo Zin, Patricia Rieken Macêdo Rocco e Debora Souza Faffe*
- 45 Regulação Respiratória do Equilíbrio Ácido-base, 661  
*Walter Araujo Zin, Patricia Rieken Macêdo Rocco e Debora Souza Faffe*
- 46 Mecanismos de Defesa das Vias Aéreas, 666  
*Walter Araujo Zin, Patricia Rieken Macêdo Rocco e Debora Souza Faffe*
- 47 Fisiologia Respiratória em Ambientes Especiais, 671  
*Walter Araujo Zin, Patricia Rieken Macêdo Rocco e Debora Souza Faffe*

## Seção 7 Fisiologia Renal, 677

- 48 Visão Morfológica do Rim, 679  
*Margarida de Mello Aires*
- 49 Hemodinâmica Renal, 693  
*Margarida de Mello Aires*
- 50 Função Tubular, 708  
*Margarida de Mello Aires*
- 51 Excreção Renal de Solutos, 730  
*Margarida de Mello Aires*
- 52 Papel do Rim na Regulação do Volume e da Tonicidade do Fluido Extracelular, 748  
*Margarida de Mello Aires*
- 53 Papel do Rim na Regulação do pH do Fluido Extracelular, 768  
*Margarida de Mello Aires*
- 54 Distúrbios Hereditários e Transporte Tubular de Íons, 779  
*Anibal Gil Lopes e Carlos Perez Gomes*

## Seção 8 Fisiologia do Sistema Digestivo, 787

- Coordenadora: *Sonia Malheiros Lopes Sanioto*
- 55 Visão Geral do Sistema Gastrintestinal, 789  
*Sonia Malheiros Lopes Sanioto*
- 56 Regulação Neuro-hormonal do Sistema Gastrintestinal, 793  
*Sonia Malheiros Lopes Sanioto*
- 57 Motilidade do Trato Gastrintestinal, 804  
*Sonia Malheiros Lopes Sanioto*
- 58 Secreções do Sistema Gastrintestinal, 827  
*Sonia Malheiros Lopes Sanioto*
- 59 Digestão e Absorção de Nutrientes Orgânicos, 875  
*Sonia Malheiros Lopes Sanioto*
- 60 Absorção Intestinal de Água e Eletrólitos, 903  
*Maria Oliveira de Souza e Sonia Malheiros Lopes Sanioto*

## Seção 9 Fisiologia Endócrina, 917

- Coordenadora: *Maria Tereza Nunes*
- 61 Introdução à Fisiologia Endócrina, 919  
*Ubiratan Fabres Machado*
- 62 O Hipotálamo Endócrino, 930  
*Maria Tereza Nunes*
- 63 A Glândula Hipófise, 952  
*Maria Tereza Nunes*
- 64 Glândula Pineal, 980  
*José Cipolla-Neto e Solange Castro Afache*
- 65 Glândula Tireóide, 991  
*Edna T. Kimura*
- 66 Fisiologia da Glândula Adrenal, 1015  
*Lucila Leico K. Elias, Fabio L. Fernandes-Rosa, José Antunes-Rodrigues e Margaret de Castro*

- 67 Pâncreas Endócrino, 1032  
*Ubiratan Fábres Machado, Ângelo Rafael Carpinelli, Henrique Gottardello Zecchin e Mário José Abdalla Saad*
- 68 Gônadas, 1051  
*Poli Mara Spritzer, Fernando Marcos dos Reis, Celso Rodrigues Franci, Janete Aparecida Anselmo-Franci*
- 69 Moléculas Ativas Produzidas por Órgãos Não-endócrinos, 1077  
*Fábio Bessa Lima e Rui Curi*
- 70 Crescimento e Desenvolvimento, 1097  
*Maria Tereza Nunes*
- 71 Controle Hormonal e Neural do Metabolismo Energético, 1105  
*Renato Hélios Migliorini e Isis do Carmo Kettelhut*
- 72 Regulação do Balanço Hidroeletrolítico, 1118  
*José Antunes-Rodrigues, Lucila Leico Kagohara Elias, Margaret de Castro, Laurival A. de Luca Jr., Laura M. Vivas e José V. Menani*
- 73 Fisiologia do Metabolismo Osteomineral, 1137  
*Antonio Carlos Bianco e Marise Lazaretti-Castro*
- 74 Fisiologia da Reprodução, 1163  
*Janete Aparecida Anselmo-Franci, Poli Mara Spritzer, Celso Rodrigues Franci*

## **Seção 10 Aspectos Fisiológicos das Terapias Celulares e Gênicas, 1175**

Coordenador: **Marcelo M. Morales**

- 75 Bases Fisiológicas das Terapias Celulares, 1177  
*Antônio Carlos Campos de Carvalho, Luiz Eugênio Araújo de Moraes Mello e Rosalia Mendez-Otero*
- 76 Bases Fisiológicas da Terapia Gênica, 1189  
*Marcelo M. Morales, Rafael Linden e Sang Won Han*

## **Índice Alfabético, 1201**