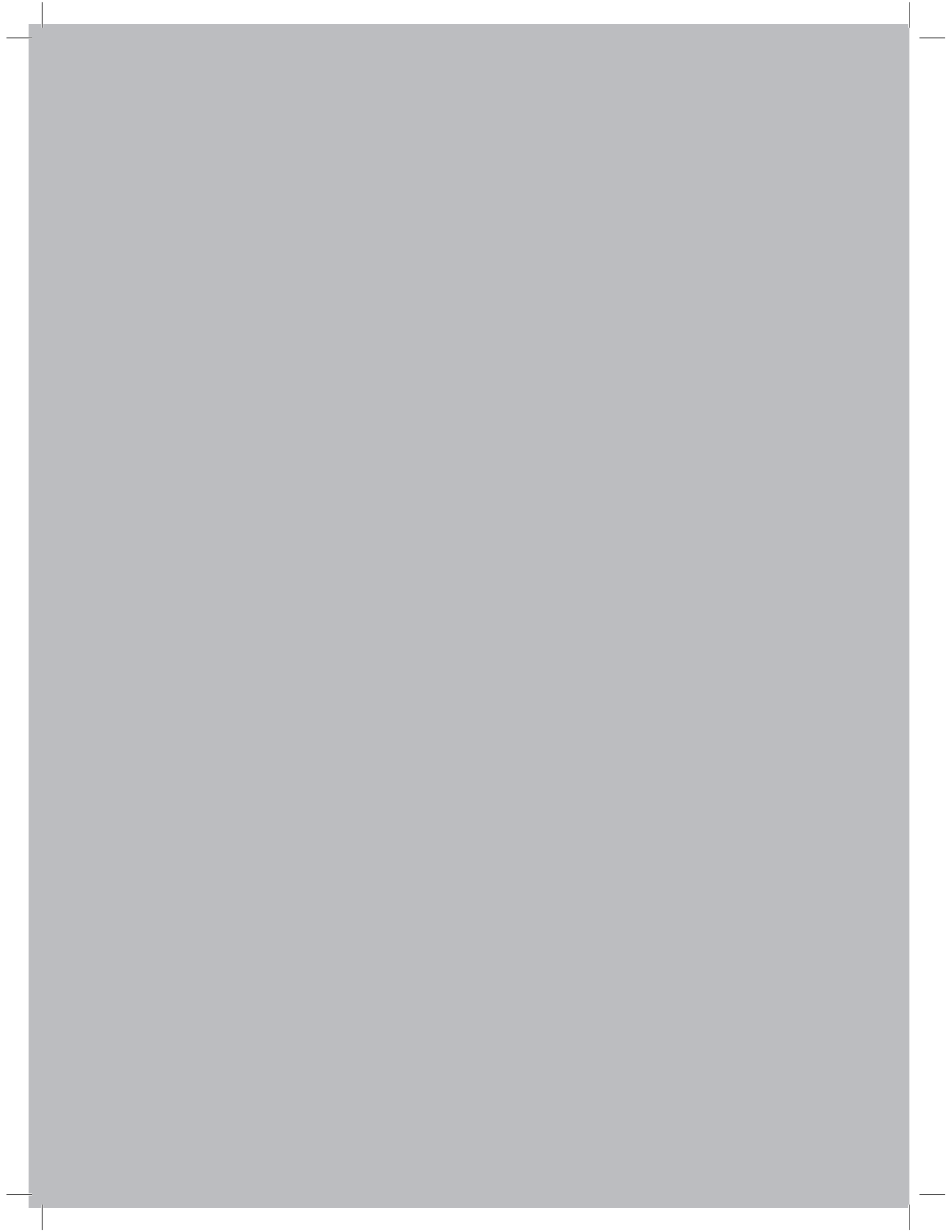
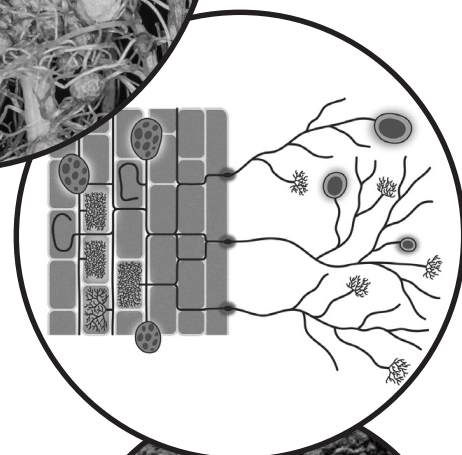


MANEJO E QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO



Elcio L. Balota

MANEJO E QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO



EDITORA MECENAS LTDA
LONDRINA - PARANÁ - BRASIL
2017

**MANEJO E QUALIDADE
BIOLÓGICA DO SOLO**

Elcio Liborio Balota

Revisão técnica e Revisão gráfica

Deonísio Destro

Revisão ortográfica

Miguel Luiz Contani

Capa, Projeto gráfico

e Diagramação

Studio Moons

studiomoons@uol.com.br

Impressão e Acabamento

Midiograf

ELCIO L. BALOTA

Pesquisador,

Doutor em Ciência do Solo

Instituto Agrônômico do

Paraná - Iapar

Londrina, Paraná

balota@iapar.br

Copyright © 2017

Direitos desta obra reservados à EDITORA MECENAS LTDA.

Rua Senador Souza Naves, 75 - Sala 72 - Centro

CEP 86010-160 - Londrina - PR

E-mail: editoramecenas@yahoo.com.br

Todos os direitos reservados.

Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida ou transmitida, de qualquer forma ou por qualquer meio: eletrônico, mecânico, fotocopiado, gravado ou outro, sem autorização prévia, por escrito, da Editora Mecenass Ltda.

Ilustrações

Figuras 1, 3, 4 e 5 - **Maria Giovana Yoshino Sonomura**

Imagens da capa

Foto 1 - **Ademir Calegari**: Soja em SPD sobre palhada de aveia.

Foto 2 - **Antonio Alberto dos Santos**, cedido por **Mariangela Hungria**: Nódulo de *Bradyrhizobium* em raízes de soja.

Foto 3 - Esquema micorriza: desenhado por **Nelson Akira Ishikawa**.

Foto 4 - **Marie Bartz**: Minhoca (*Glossoscolex giocondoi*) nativa do norte do PR.

Imagens da quarta capa

Foto 1 - **Cezar Francisco Araújo Junior**: Mucuna anã na entrelinha do cafeeiro

Foto 2 - **Pedro Antonio Martins Auler**: Palhada na linha de laranja

Foto 3 - **Ademir Calegari**: Feijoeiro em plantio direto sobre palhada de milho

Catálogo na publicação elaborada pela Bibliotecária
Neide Maria Jardinette Zaninelli / CRB-9 / 884.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P964 Balota, Elcio Liborio
Manejo e Qualidade Biológica do Solo / Elcio Liborio
Balota – Londrina : Mecenass, 2017.
288 p.: il.; 24 cm.

ISBN 978-85-89687-28-7

1. Manejo do solo. 2. Qualidade do solo. 3. Indicadores biológicos. 4. Microbiota do solo. I. Título.

CDU 631.41

Impresso no Brasil
Printed in Brazil

Prefácio	11
Agradecimentos.....	13
Apresentação I.....	15
Apresentação II	17

CAPÍTULO 1

O Solo como Ambiente 19

1.1. Componentes Físicos e Químicos	20
Granulometria	20
pH do solo	20
Estrutura	21
Aeração	21
Umidade	21
1.2. Componentes Biológicos.....	23
1.3. O Manejo e a Degradação do Solo.....	25
1.4. Práticas Conservacionistas.....	27
Sistema de Plantio Direto	28
Rotação de culturas.....	29
Consortiação de culturas	29
Adubação verde.....	29

CAPÍTULO 2

Indicadores Biológicos de Qualidade de Solo 31

2.1. Introdução	31
2.2. Avaliação Visual e Quantitativa da Qualidade do Solo	32
2.3. Índice de Qualidade do Solo	37
2.4. A Diversidade Biológica e a Qualidade do Solo	38

CAPÍTULO 3

Importância da Fauna do Solo..... 41

3.1. Metodologia de Estudos da Fauna do Solo	43
3.2. Papel da Fauna no Solo	44
3.3. Efeito do Manejo na Fauna do Solo	50
3.4. A Fauna e a Qualidade do Solo.....	56

CAPÍTULO 4

Importância da Microbiota do Solo 57

4.1. Introdução	57
4.2. A Microbiota e a Nutrição das Plantas.....	58
4.3. A Microbiota do Solo e o Efeito Rizosférico	59
4.4. Avaliação da Microbiota do Solo	60
4.4.1. Biomassa microbiana	60
Fumigação-incubação	61
Fumigação-extração	61
Respiração induzida pelo substrato	62
Trifosfato de adenosina (ATP)	62
Ácidos Graxos	63
4.4.2. Atividade enzimática	64
Amilase	65
Celulase	65
Urease	65
Arilsulfatase	65
Fosfatase	66
Desidrogenase	66
β-Glicosidase	66
Protease	66
4.4.3. Fixação biológica de nitrogênio	67
4.4.4. Fungos micorrízicos	71
Micélio micorrízico	73
Glomalina	74
4.4.5. Amonificadores e nitrificadores	75
4.4.6. Solubilizadores de fosfato	75
4.4.7. Bactérias promotoras do crescimento de plantas	77
4.5. A Microbiota e o Processo de Decomposição no Solo	80
4.6. Mineralização do Carbono e Nitrogênio	83
4.7. Biologia e os Agregados do Solo	84

CAPÍTULO 5

Manejo e a Qualidade Microbiana do Solo 89

5.1. Biomassa Microbiana	90
O plantio direto e a biomassa microbiana	90
Plantas de coberturas e a biomassa microbiana	94
Fertilizantes orgânicos e a biomassa microbiana.....	100
Dejeto líquido de suínos	101
Uso do solo e a biomassa microbiana	107
Relação de nutrientes na biomassa microbiana	113

Quociente Metabólico	116
Relação $C_{mic}:C_{org}$	121
5.2. Atividade Enzimática	128
5.3. Fungos Micorrízicos	139
Plantio direto.....	139
Plantas de Coberturas.....	143
Fertilizante Orgânico	153
Dejeto de Suínos	153
Micélio micorrízico	156
Glomalina.....	158
Sazonalidade.....	160
Uso do solo	161
5.4. Microrganismos Benéficos.....	165
5.5. Mineralização de Carbono e Nitrogênio	171
Plantio direto.....	172
Dejeto de suínos	174
Plantas de coberturas	180
Cobertura intercalar nos citros	185
Uso do Solo.....	190
5.6. Estratificação e a Qualidade do Solo	194
5.7. Estoque e Fluxo de Nutrientes através da Biomassa Microbiana ..	199

CAPÍTULO 6

Manejo do Solo e o Sequestro de Carbono 205

6.1. Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura	205
6.2. A Calagem e a Emissão de CO_2	207
6.3. Matéria Orgânica do Solo.....	208
6.4. Sequestro de Carbono	210
6.5. Plantio Direto e o Sequestro de Carbono.....	211
6.6. Adição de Fertilizante Orgânico e o Sequestro de Carbono	215
6.7. Uso do Solo na Agricultura e o Sequestro de Carbono	217
6.8. Eficiência de Conversão de Sequestro de Carbono.....	222
6.9. Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC).....	227

CAPÍTULO 7

Referências..... 229



Dedico
À Miriam e ao Igor, Eric e Marina



No livro, são discutidos alguns tipos de manejo do solo, principalmente aqueles estudados nas nossas atividades de pesquisa no Iapar. Assim, o relato é uma excelente oportunidade de complementar muitas das informações publicadas e rediscutir os resultados em um contexto mais abrangente (25 anos de estudos) e compartilhá-los com a sociedade.

As discussões do efeito do manejo na qualidade microbiana do solo tiveram por base os resultados obtidos nos estudos no Paraná, comparativamente com resultados obtidos em diferentes condições no Brasil e no exterior. Para tanto, foram utilizadas 293 referências de estudos desenvolvidos no país e 334 referências internacionais.

O capítulo 1, **o solo como ambiente**, aborda a importância do solo tanto para o sistema produtivo como para a sociedade, enfatizando a necessidade de utilizar práticas agrícolas para aumentar a biodiversidade e a conservação dos solos, por meio de práticas conservacionistas.

O capítulo 2, **indicadores biológicos de qualidade do solo**, discute a importância da qualidade do solo e o potencial de se utilizarem os indicadores biológicos para detectar alterações no solo e na sua qualidade.

O capítulo 3, **a importância da fauna do solo**, trata da importância da fauna do solo nos principais processos que ocorrem nos solos e sua utilização como indicadores de qualidade do solo.

O capítulo 4, **a importância da microbiota do solo**, destaca a importância dos diferentes grupos funcionais da microbiota do solo nos processos que ocorrem no solo, principalmente aqueles relacionados à ciclagem de nutrientes e à nutrição das plantas.

O capítulo 5, **manejo e a qualidade microbiana do solo**, discute o efeito de diferentes práticas de manejo do solo no componente microbiano e seu papel na qualidade e sustentabilidade do solo.

O capítulo 6, **manejo do solo e o sequestro de carbono**, discute o papel do solo e o efeito das práticas de manejo na liberação do CO₂ para a atmosfera e na taxa de sequestro de carbono no solo.

Prefácio

Os estudos sobre biologia do solo têm aumentado consideravelmente nos últimos anos. Entretanto, existem pouquíssimos livros que discutem o manejo do solo e seus efeitos nos componentes biológicos e na sustentabilidade dos solos. Assim, acreditamos que o livro será muito útil para os profissionais vinculados à Ciência do Solo, tanto os estudantes de graduação e pós-graduação como os técnicos envolvidos com o manejo do solo.

Elcio L. Balota

Pesquisador, Doutor em Ciência do Solo
Instituto Agronômico do Paraná - Iapar

Gostaria de expressar o meu agradecimento ao Iapar e ao Governo do Paraná, por meio da Secretaria de Agricultura e Abastecimento que possibilitaram a concepção deste livro, pelo apoio aos projetos e atividades relacionadas com o manejo e a qualidade do solo;

Aos colegas e profissionais do Iapar que atuaram de maneira direta ou indiretamente nas atividades de pesquisa relacionadas;

Gostaria também de agradecer às agências de fomento à pesquisa: particularmente ao CNPq pelo financiamento de vários projetos e concessão de bolsas de iniciação científica e de pós-doutorado no exterior; bem como à Fundação Araucária, Seti (Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior), Fapeagro, Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, Petrobrás/Xisto, Itaipu Binacional e Ministério do Desenvolvimento Agrário.

Finalmente, gostaria de agradecer aos colegas pesquisadores doutores Graziela Moraes De Cesare Barbosa, Coordenadora da Área de Solos do Iapar e Cezar Francisco Araujo Junior e Luciano Grillo Gil pelas valiosas sugestões.

Agradecimentos dirigidos também aos doutores Ademir Calegari, Cezar Francisco Araujo Junior, Mariangela Hungria, Marie Bartz e Pedro Antonio Auler pela cessão das fotos utilizadas na capa e quarta capa.

Agradecimentos



A marca do Iapar, construída desde a sua fundação, é a disponibilização de conhecimento científico e tecnológico em sistemas agrícolas conservacionistas visando à sustentabilidade da agropecuária.

O programa de manejo e conservação de solo desenvolvido no Paraná nas décadas de 1970 e 1980, executado pela Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná e com participação importante da pesquisa (Iapar) e assistência técnica e extensão rural (Emater) públicas, obteve reconhecimento internacional e é tido como modelo.

O Iapar foi um dos pioneiros no Brasil em estudar a técnica de plantio direto em experimento de longa duração. Atualmente, cerca de 30 milhões de hectares são cultivados utilizando-se o sistema de plantio direto, possibilitando maior renda e menor risco ao produtor, prevenção da erosão, melhor conservação de água e manutenção da qualidade do solo.

Também na linha conservacionista, foram realizados estudos de manejo e rotação de culturas objetivando a conservação dos solos e a racionalização da utilização dos agroquímicos, promovendo diversificação de espécies e cobertura vegetal permanente do solo, em cultivos anuais e perenes, assim como estudos de utilização de resíduos agroindustriais como fertilizantes orgânicos.

Por décadas, o Iapar tem conduzido vários estudos multidisciplinares em experimentos de longa duração, visando o maior entendimento do efeito do manejo e na sustentabilidade do solo. Esta política permanente de estudos em práticas conservacionistas culminou, recentemente, com a criação do curso de Mestrado Acadêmico em Agricultura Conservacionista.

O presente livro de Manejo e Qualidade Biológica do Solo vem ao encontro da política institucional de pesquisa do Iapar. Nele são apresentados resultados de 25 anos de estudos sobre o efeito do manejo nos componentes biológicos do solo que atuam de maneira relevante na sua sustentabilidade. Tais resultados, obtidos no Paraná, são

Apresentação I

discutidos comparativamente com aqueles observados em diferentes regiões do Brasil e do exterior.

Assim, este livro congrega informações relevantes para o entendimento da dinâmica do manejo e da sustentabilidade do solo, que trarão benefícios quando compartilhadas com a sociedade.

Florindo Dalberto

Diretor-Presidente do Iapar

A percepção que hoje temos sobre o solo é muito diferente da que tinham nossos antepassados e, com certeza, novos conceitos, atitudes e conhecimentos sobre esse enorme patrimônio da humanidade são esperados para os próximos anos. Da necessidade de revolvimento mecânico para proporcionar melhor aeração às plantas, favorecendo o seu crescimento, à proposta de que um solo sem nenhum revolvimento garantirá a melhor sustentabilidade; do cultivo com rendimentos modestos a campeonatos de máxima produtividade que extrapolam todos os modelos matemáticos de previsão de crescimento; do extrativismo à busca pela qualidade do solo. Foram e são tantas as mudanças e em um ritmo tão acelerado que, com frequência, há dúvidas sobre conceitos e sobre o embasamento científico que conduz a recomendações para garantir maior sustentabilidade agropecuária.

Na ciência do solo em plena ebulição e com necessidade de um ritmo frenético de pesquisas para acompanhar a prática que, com frequência, vem atropelando o conhecimento, o conceito de qualidade do solo se torna cada vez mais relevante. Afinal, o que é qualidade do solo? E qual o protagonismo dos organismos que ali habitam para construir essa qualidade que trará benefícios ainda para esta geração e uma herança sadia para nossos descendentes?

É nesse contexto que se posiciona muito bem este livro. O livro aborda o conceito de qualidade do solo, iniciando pelo seu histórico, definindo os protagonistas para construir essa qualidade e prevendo o que pode ser esperado, inclusive com informações que podem subsidiar políticas públicas. Os conceitos são consolidados com dados experimentais e, muito importante, dados obtidos na realidade brasileira. O conjunto relevante de dados apresentados no livro subsidia os conceitos de qualidade do solo para as condições brasileiras e serve, também, de orientação para novas pesquisas. Cabe ressaltar, ainda, o papel relevante do Instituto Agrônomo do Paraná na obtenção dos dados, instituição essa que sempre esteve à frente dos temas de manejo sustentável do solo. Os principais protagonistas do livro são os organismos que habitam o solo, os construtores da qualidade, da vida do solo. E o livro oferece uma visão sobre a funcio-

Apresentação II

nalidade e importância desses organismos sendo, portanto, literatura de interesse para vários segmentos de profissionais e estudantes que conhecem a importância do solo para a sustentabilidade do planeta.

Dra. Mariangela Hungria

Pesquisadora da Embrapa Soja
Membro da Academia Brasileira de Ciências
Pesquisadora 1A do CNPq
Orientadora de Cursos de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Londrina e da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná