

**Renato Lustosa Sobrinho
Bruno Rodrigues de Oliveira
Organizadores**



Fundamentos da Ciência de Solos Tropicais



Pantanal Editora

2026

Renato Lustosa Sobrinho
Bruno Rodrigues de Oliveira
Organizadores

Fundamentos da Ciência de Solos Tropicais



Pantanal Editora

2026

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Dr. Jorge González Aguilera e Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profa. Dra. Patrícia Maurer
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Prof. Dr. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Ugur Azizoglu
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profa. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
Sec. Mun. de Educação, Cultura e Tecnologia de Araripe
Universidade Kayseri, Türkiye
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Catalogação na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

F981

Fundamentos da ciência de solos tropicais / Organização de Renato Lustosa Sobrinho, Bruno Rodrigues de Oliveira. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2026.
94p. ; il.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-90-7

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756907>

1. Ciência do solo. 2. Solos tropicais. I. Sobrinho, Renato Lustosa (Organização). II. Oliveira, Bruno Rodrigues de (Organização). III. Título.

CDD 631.4

Índice para catálogo sistemático

I. Ciência do solo



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

Este e-book foi concebido para nivelamento de estudantes de Pós-Graduação em Agronomia que não possuem formação em Agronomia, incluindo biólogos, engenheiros ambientais, químicos, zootecnistas, entre outros; e para auxiliar a comunidade atendida pelo Projeto de Extensão “Território Vivo” do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGAC) da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) da Unidade Universitária de Cassilândia.

Objetiva-se oferecer, por meio deste material, em linguagem acessível ao público amplo, os conceitos de Ciência do Solo que são indispensáveis para acompanhar as disciplinas do mestrado, compreender artigos científicos da área, dialogar com produtores e pesquisadores, entender relatórios e aplicar técnicas de manejo.

O texto parte dos fundamentos de Ciência do Solo e avança até temas aplicados, enfatizando aqueles primordiais para a agricultura tropical brasileira, como por exemplo: a Lei do Mínimo de Liebig, a calagem, a gessagem, a compactação do solo, o manejo diferenciado conforme o tipo e a textura do solo e a conservação do solo contra a erosão, com a comparação entre preparo convencional e plantio direto.

Ao final de cada capítulo há exercícios de fixação, cujo gabarito comentado se encontra no final deste e-book.

Dicas de utilização deste material

- Leia os capítulos na ordem: os conceitos dos capítulos 1 a 4 (fundamentos) são pré-requisitos para entender os capítulos 5 a 11 (aplicações). Os termos técnicos destacados em negrito estão reunidos no Glossário.
- Resolva os exercícios antes de consultar o gabarito.

Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1	8
O que é o solo: formação, perfil e composição	8
Conceito de solo	8
Como o solo se forma: os fatores de formação	8
O perfil do solo e seus horizontes	10
As quatro frações: composição volumétrica do solo	11
Exercícios de fixação	13
Capítulo 2	14
Textura e estrutura: a física do solo	14
Textura: areia, silte e argila	14
Estrutura do solo	17
Densidade e porosidade	17
Água no solo	17
Exercícios de fixação	19
Capítulo 3	20
Química do solo: pH, CTC e matéria orgânica	20
pH: a acidez do solo	20
CTC: a despesa de cátions do solo	21
Matéria orgânica do solo (MOS)	24
Os nutrientes das plantas	24
Exercícios de fixação	25
Capítulo 4	26
A Lei do Mínimo de Liebig	26
O enunciado e o barril de Liebig	26
A leitura moderna: dos nutrientes a todos os fatores	27
Por que essa lei organiza todo o manejo do solo	28
Exercícios de fixação	29
Capítulo 5	30
Calagem: por que e como corrigir a acidez	30
Por que fazemos calagem	30
A química, em termos simples	30
Quanto aplicar: o cálculo da necessidade de calagem (NC)	32
Qualidade do calcário: PRNT, PN e RE	32
Como aplicar	33

Exercícios de fixação	34
Capítulo 6	35
Gessagem: melhorando o ambiente radicular em profundidade	35
O que é o gesso agrícola e o que ele NÃO faz	35
O problema que a gessagem resolve	35
Quando a gessagem é indicada	36
Quanto aplicar	36
Calagem × gessagem: o quadro comparativo	37
Exercícios de fixação	39
Capítulo 7	40
Compactação do solo	40
O que é e por que acontece	40
Consequências	40
Como diagnosticar	41
Prevenção e correção	42
Exercícios de fixação	44
Capítulo 8	45
Principais solos do Brasil e suas aptidões	45
O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)	45
As ordens mais importantes	45
Exercícios de fixação	49
Capítulo 9	50
Manejo conforme o tipo de solo: arenoso × argiloso	50
A lógica geral	50
Solo arenoso: “prepara assim”	50
Solo argiloso: “prepara assado”	52
Quadro-síntese	53
Exercícios de fixação	55
Capítulo 10	56
Erosão, proteção do solo e sistemas de preparo	56
Erosão: a perda “invisível” de fertilidade	56
Como a erosão começa: a gota de chuva	56
Práticas conservacionistas: as três frentes	58
Preparo convencional × plantio direto	60
Exercícios de fixação	64
Capítulo 11	65
Guia prático: interpretando a análise de solo e decidindo a correção	65
Antes do laudo: a amostragem é 90% do resultado	65

Lendo o laudo: o que é cada número	67
O roteiro de interpretação em 7 passos	68
Exemplo completo resolvido, passo a passo	70
Erros comuns de principiante (e como evitá-los)	71
Exercícios de fixação	72
Capítulo 12	73
Modelagem matemática	73
Lei de Mitscherlich e a dose econômica ótima	73
Exemplo de aplicação prática	74
Interpretação	74
Balanço de massas e taxas de exportação no sistema solo-planta	75
Exemplo de aplicação prática	76
Exercícios de fixação	78
Gabarito comentado	79
Capítulo 1	79
Capítulo 2	79
Capítulo 3	79
Capítulo 4	80
Capítulo 5	80
Capítulo 6	80
Capítulo 7	81
Capítulo 8	81
Capítulo 9	81
Capítulo 10	82
Capítulo 11	82
Capítulo 12	83
Glossário	85
Referências e leituras recomendadas	88
Índice Remissivo	89
Sobre os autores	90

Capítulo 12

Modelagem matemática

 10.46420/9786585756907cap12

Bruno Rodrigues de Oliveira 

LEI DE MITSCHERLICH E A DOSE ECONÔMICA ÓTIMA

No Capítulo 4, introduzimos a leitura moderna da Lei do Mínimo, destacando a Lei dos Rendimentos Decrescentes de Mitscherlich. Vimos que, ao corrigir o fator limitante, a resposta da planta é grande no início, mas vai diminuindo à medida que se aproxima da suficiência, o que nos alerta que não existe a regra do “quanto mais, melhor”. Para traduzir esse comportamento biológico em rentabilidade financeira, precisamos modelar essa curva matematicamente.

A função clássica que descreve o rendimento das culturas em resposta à adição de um nutriente é uma curva exponencial assintótica. A equação pode ser expressa da seguinte forma:

$$Y(x) = A(1 - e^{-cx})$$

onde $Y(x)$ é a produtividade esperada (ex: sacas ha^{-1}) em função da dose aplicada; A é a produtividade máxima possível para aquelas condições edafoclimáticas e genéticas (a assíntota da curva); c é o coeficiente de eficiência do nutriente o qual indica a rapidez com que a produtividade se aproxima do máximo; e, x é a dose do nutriente aplicada ao solo (ex: kg ha^{-1}).

O objetivo de uma operação agrícola sustentável não é atingir a produtividade biológica máxima (A), mas obter o lucro máximo. O lucro é definido pela receita total subtraída dos custos. Se P_y é o preço de venda do produto agrícola e P_x é o custo do fertilizante, a Dose Econômica Ótima (DEO) é encontrada no ponto exato em que a receita marginal se iguala ao custo marginal.

Utilizando o cálculo diferencial, derivamos a função de produtividade em relação à dose (x) e igualamos à relação de preços, isto é:

$$\frac{dY}{dx} = \frac{P_x}{P_y}$$

Derivando a equação pela regra da cadeia obtemos:

$$\frac{d}{dx} [A \cdot (1 - e^{-cx})] = A \cdot c \cdot e^{-cx}$$

e, igualando a derivada à relação de troca entre o insumo e o produto, ou seja:

$$A \cdot c \cdot e^{-cx} = \frac{P_x}{P_y}$$

encontramos a fórmula definitiva da Dose Econômica Ótima x_{opt} , a dose que maximiza o lucro, ao isolarmos a variável x e aplicarmos o logaritmo natural ($\ln$) em ambos os lados da equação:

$$x_{opt} = \frac{1}{c} \ln \left(\frac{A \cdot c \cdot P_y}{P_x} \right)$$

EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

Considere o planejamento de uma safra de soja em um Latossolo de textura argilosa no Cerrado. No Capítulo 9 advertimos que solos argilosos exigem atenção especial, pois apresentam maior fixação de fósforo (P), portanto, a adubação fosfatada é um investimento crítico, mas que obedece estritamente à lei dos rendimentos decrescentes.

Suponha que calibrações regionais para essa gleba específica nos forneçam os seguintes parâmetros: Produtividade máxima alcançável (A): 80 sacas ha^{-1} ; Coeficiente de eficiência do fósforo no solo (c): 0,04; Preço de venda da saca de soja (P_y): R\$ 120,00; Custo do quilo do nutriente P_2O_5 aplicado (P_x): R\$ 6,00. Substituindo os valores na nossa equação de otimização, obtemos:

$$x_{opt} = \frac{1}{0,04} \ln \left(\frac{80 \cdot 0,04 \cdot 120}{6} \right)$$

$$x_{opt} = 25 \cdot \ln \left(\frac{384}{6} \right)$$

$$x_{opt} = 25 \cdot \ln(64)$$

$$x_{opt} = 25 \cdot 4,158 \approx 104 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de } P_2O_5$$

Interpretação

A dose de 104 kg ha^{-1} , conforme ponto ilustrado na Figura 22, é o limite exato onde o último quilo de adubo aplicado se paga com a soja extra produzida. Se o produtor tentasse buscar a produtividade máxima absoluta (próxima a 80 sacas) adicionando, por exemplo, 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , a fórmula obtida prova (veja a curva da produtividade no gráfico da Figura 22) que o custo do fertilizante excedente seria muito maior que a receita gerada pelos poucos grãos extras colhidos.

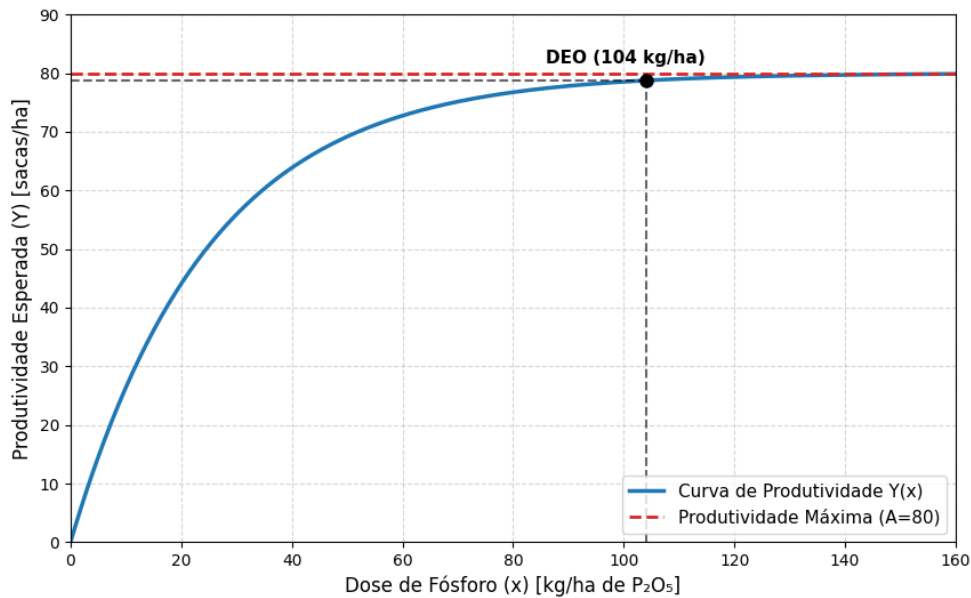


Figura 22. Curva de Resposta de Mitscherlich e Dose Econômica Ótima (DEO).

Por isso, a interpretação da análise de solo vai além de identificar deficiências químicas; trata-se também de utilizar a matemática para otimizar os recursos financeiros da lavoura, garantindo a eficiência de cada real investido no perfil do solo.

BALANÇO DE MASSAS E TAXAS DE EXPORTAÇÃO NO SISTEMA SOLO-PLANTA

No Capítulo 10 discorreremos sobre a perda “invisível” de fertilidade causada pela erosão hídrica. Como o sedimento arrastado pela enxurrada é “enriquecido”, isto é, formado pelas partículas mais finas de argila e matéria orgânica, cada tonelada de solo perdida leva consigo a “despesa” (CTC) e os nutrientes recém-aplicados. Para garantir a sustentabilidade do sistema ao longo das safras e otimizar os custos, a fertilidade do solo deve ser tratada sob a ótica da conservação de massa, equacionando rigorosamente o que entra e o que sai da lavoura.

A matemática do balanço de massas trata o solo como um sistema termodinâmico aberto. A variação do estoque de um nutriente no perfil do solo (ΔE) é determinada pela diferença algébrica entre o somatório das entradas (Inputs) e o somatório das saídas (Outputs):

$$\Delta E = \sum \text{Entradas} - \sum \text{Saídas} = (F + M) - (\text{Exp} + Lx + Er)$$

Desmembrando os componentes agronômicos dessa equação, temos:

Entradas (*Inputs*):

- F : Adubação via fertilizantes (químicos ou orgânicos) e corretivos.
- M : Mineralização da matéria orgânica e liberação de nutrientes pela palhada.

Saídas (Outputs):

- *Exp*: Exportação de nutrientes removidos da área pelos grãos colhidos.
- *Lx*: Lixiviação (arraste de nutrientes para fora do alcance das raízes).
- *Er*: Perdas por erosão hídrica e eólica.

A meta do manejo de manutenção e conservação (abordado no Passo 5 do guia prático do Capítulo 11) é garantir que $\Delta E \geq 0$. Se o resultado for cronicamente negativo, a lavoura está passando por um processo de exaustão nutricional, operando como uma “mineração” do solo.

Como vimos no Capítulo 9, o fator de lixiviação (*Lx*) assume grande peso na equação de solos arenosos, exigindo o parcelamento da adubação para que a balança não se torne negativa. Já no Capítulo 10 observamos que, sob preparo convencional, o fator erosivo (*Er*) dispara.

Exemplo de aplicação prática

Para ilustrar, vamos modelar o balanço de potássio (K) em uma lavoura de soja de alta tecnologia. Sabemos, pela literatura agronômica, que a cultura da soja possui uma alta taxa de exportação de potássio: cada tonelada de grão colhida remove aproximadamente 20 kg de K_2O da área. Suponha uma safra com produtividade de 70 sacas ha^{-1} (4.200 kg ha^{-1} ou 4,2 t ha^{-1}).

Cálculo da Exportação (*Exp*):

$$Exp = 4,2 \text{ t } ha^{-1} \times 20 \text{ kg t}^{-1} = 84 \text{ kg } ha^{-1} \text{ de } K_2O$$

Supomos que o produtor, baseado na análise de solo, tenha aplicado 100 kg ha^{-1} de K_2O via fertilizante ($F = 100$). A mineralização de longo prazo da palhada e as perdas normais por lixiviação profunda neste Latossolo argiloso estabilizaram-se em $M = 5 \text{ kg } ha^{-1}$ e $Lx = 10 \text{ kg } ha^{-1}$, respectivamente.

Vamos avaliar o balanço de massas, de acordo com o equacionamento anterior, sob dois cenários de manejo distintos descritos no Capítulo 10.

Cenário A: sistema de plantio direto verdadeiro. O solo está protegido contra o impacto da gota de chuva por uma palhada permanente. A erosão é mínima (1,5 t ha^{-1}/ano), conforme Figura 19), resultando em uma perda de potássio por escoamento superficial de apenas $Er = 2 \text{ kg } ha^{-1}$.

$$\begin{aligned}\Delta E &= (100 + 5) - (84 + 10 + 2) \\ \Delta E &= 105 - 96 = +9 \text{ kg } ha^{-1} \text{ de } K_2O\end{aligned}$$

Portanto, o resultado é um Balanço positivo. A adubação cobriu as exportações da colheita de 70 sacas e ainda gerou um pequeno superávit que eleva gradativamente a fertilidade do sistema.

Cenário B: preparo convencional (solo descoberto). Sem a proteção da palhada, ocorre o selamento superficial e a consequente enxurrada. A erosão laminar sobe para patamares críticos (ex: $12 \text{ kg ha}^{-1}/\text{ano}$), arrastando a argila rica em potássio recém-aplicado. A perda de K no sedimento enriquecido dispara para $Er = 30 \text{ kg ha}^{-1}$.

$$\Delta E = (100 + 5) - (84 + 10 + 30)$$

$$\Delta E = 105 - 124 = -19 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de } K_2O$$

Resultando em um déficit nutricional. Embora o produtor tenha aplicado mais adubo (100 kg) do que a soja extraiu no grão (84 kg), a perda erosiva escoou o investimento morro abaixo. O solo está empobrecendo.

Analisando ambos os cenários, concluímos, a partir do modelo matemático, que o balanço de massas consolida a tese central do Capítulo 10, a qual mostra que terraço isolado e adubação pesada não sustentam o sistema se a superfície estiver desprotegida.

Pelas razões expostas, conservar a estrutura e proteger o solo com palhada não é apenas uma prática ambiental, mas uma abordagem, mostrada matematicamente, para garantir que a adubação (Entrada) vire produtividade (Saída) em vez de prejuízo (Erosão).

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. Uma área agrícola foi avaliada para o cultivo de milho safrinha. A função de resposta à adubação nitrogenada segue o modelo de Mitscherlich, com os seguintes parâmetros calibrados para a região: produtividade máxima $A = 120 \text{ sacas ha}^{-1}$ e coeficiente de eficiência $c = 0,03$. Sabendo que o preço da saca de milho (P_y) é R\$ 60,00 e o custo do quilograma de nitrogênio aplicado (P_x) é R\$ 5,00, calcule a Dose Econômica Ótima (DEO) de nitrogênio a ser aplicada.
2. Considerando os mesmos dados do exercício anterior, suponha que uma crise logística internacional faça o preço do fertilizante nitrogenado (P_x) dobrar, passando para R\$ 10,00 o quilograma. Mantendo o preço do milho inalterado, recalcule a DEO. O que esse resultado demonstra matematicamente sobre a tomada de decisão agrônômica em anos de insumos caros?
3. Explique, sob a ótica do cálculo diferencial e do custo marginal, por que um produtor rural que tenta atingir a produtividade biológica máxima absoluta ($Y = A$) adicionando fertilizantes terá, obrigatoriamente, prejuízo econômico nas últimas unidades aplicadas.
4. Uma lavoura de soja produziu 80 sacas ha^{-1} (o equivalente a $4,8 \text{ t ha}^{-1}$). A taxa de exportação de potássio (K_2O) pelos grãos de soja é de 20 kg t^{-1} . O produtor realizou uma adubação (F) de 80 kg ha^{-1} de K_2O . Considerando que a mineralização da palhada foi nula ($M = 0$), as perdas por lixiviação profunda em solo arenoso foram estimadas em $Lx = 15 \text{ kg ha}^{-1}$ e as perdas por erosão em $Er = 5 \text{ kg ha}^{-1}$, calcule o balanço de massas (ΔE) do potássio neste talhão. O solo está enriquecendo ou empobrecendo neste nutriente?
5. A erosão é um dreno invisível de fertilidade. Considere uma lavoura de algodão que exige que o balanço de fósforo fique perfeitamente zerado ($\Delta E = 0$) para manter a estabilidade do solo. Em um Sistema de Plantio Direto (SPD) consolidado, as perdas de fósforo por erosão são de apenas $Er = 2 \text{ kg ha}^{-1}$. Se a mesma área fosse manejada com preparo convencional (solo descoberto), a perda erosiva dispararia para $Er = 35 \text{ kg ha}^{-1}$. Assumindo que exportação (Exp) e lixiviação (Lx) sejam idênticas nos dois casos, quantos quilogramas a mais de adubo fosfatado (F) o produtor do sistema convencional precisaria comprar e aplicar por hectare apenas para “empatar” com o nível de fertilidade mantido pelo Plantio Direto?
6. Em um Latossolo de textura argilosa, a lixiviação de fósforo (P) é praticamente nula ($Lx = 0$) devido à forte fixação pelas partículas do solo. Um agricultor projeta colher 150 sacas de milho por hectare (9 t ha^{-1}), sabendo que o milho exporta 15 kg de P_2O_5 por tonelada de grão colhido. Para construir a fertilidade do perfil, ele aplica 160 kg ha^{-1} de adubo fosfatado ($F = 160$). Com $M = 0$ e perdas por erosão de $Er = 4 \text{ kg ha}^{-1}$, demonstre o cálculo do balanço de massas e interprete se a estratégia de “adubação corretiva de construção” foi bem-sucedida nesta safra.

Índice Remissivo

A

amostragem, 10, 65, 66, 71, 72

C

camada compactada, 27, 28, 40, 41, 80, 81

Cerrado, 8, 13, 22, 32, 35, 36, 45, 48, 49, 67, 68,
70, 80, 81, 88

correção mecânica, 42, 44, 81

E

equação, 73, 74, 75, 76, 83, 84

F

fórmula, 32, 68, 74, 83

L

laboratório, 14, 65, 66, 67, 82, 85, 86

laudo, 19, 21, 65, 67, 68, 70, 71, 72, 82

M

modelo, 77, 78

P

palhada, 10, 24, 42, 43, 50, 57, 58, 59, 60, 68,
70, 71, 81, 82, 86

R

recarga do perfil, 40

roteiro, 65, 68, 69, 72

S

sedimento, 8, 56, 64

Sistema radicular, 40

solo ácido, 30

solo úmido, 17, 33, 40, 42, 44, 55

T

tóxico, 20, 21, 24, 28, 30, 35, 36, 48, 67, 79, 80,
86

V

veranico, 19, 35, 51, 53, 62, 79

Sobre os organizadores e autores



  **Renato Lustosa Sobrinho**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), é pesquisador associado à University of Antwerp (Bélgica) e docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Sustentabilidade na Agricultura da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atua nas áreas de fisiologia vegetal, microbiologia agrícola, bioinsumos, mudanças climáticas, agricultura sustentável e inteligência artificial aplicada à agricultura. Desenvolve pesquisas sobre interação planta-microrganismo,

estresses ambientais, eficiência do uso de nutrientes, resiliência vegetal e aplicação de inteligência artificial, aprendizado de máquina e análise multivariada a dados agronômicos. Desde 2019, integra o grupo IMPRES (Integrated Molecular Plant Physiology Research) da University of Antwerp e mantém colaborações científicas nacionais e internacionais. É líder do Grupo de Pesquisa "Inteligência Artificial no Cerrado", certificado no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq, coordenando pesquisas voltadas à integração entre inteligência artificial, ciência de dados, agricultura digital, bioinsumos e sustentabilidade. Sua atuação busca desenvolver soluções tecnológicas e ferramentas de apoio à tomada de decisão, contribuindo para a formação de recursos humanos, inovação, transferência de conhecimento e aumento da resiliência dos sistemas agrícolas frente às mudanças climáticas.



  **Bruno Rodrigues de Oliveira**

Graduado em Matemática pela UEMS/Cassilândia (2008). Mestrado (2015) e Doutorado (2020) em Engenharia Elétrica pela UNESP/Ilha Solteira. Pós-doutorado pela UFMS/Chapadão do Sul na área de Inteligência Artificial aplicada na Engenharia Florestar/Agrônoma. É editor da Pantanal Editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences e Analista no Tribunal de Justiça de Mato Grosso do Sul. Tem experiência nos temas: Matemática, Processamento de Sinais via Transformada Wavelet, Análise Hierárquica de

Processos, Teoria de Aprendizagem de Máquina e Inteligência Artificial, Lógica Fuzzy, com ênfase em aplicações nas áreas de Engenharia Biomédica, Ciências Agrárias e Ambientais e Organizações Públicas. Contato: bruno@editorapantanal.com.br



 **Bruno Ascoli**

Eng. Agrônomo com conhecimento holístico, experiências nos setores de pesquisa, comercial e ambiental. Dedico minha trajetória à interseção entre a pesquisa científica e o empreendedorismo no agronegócio de base tecnológica. Minha atuação concentra-se em um segmento ainda imaturo e de altíssimo potencial no Brasil: o cultivo legal de *Cannabis sativa* L. para fins medicinais e industriais. Como pesquisador, participo do Programa de Pós Graduação em Agronomia (PGAC) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS),

unidade de Cassilândia, com linha de pesquisa voltada ao incremento de metabólitos secundários e à densidade de tricomas em espécies da família Cannabaceae. Meu interesse acadêmico percorre a fisiologia vegetal, a fitoquímica, o metabolismo secundário e o emprego de elicitores e precursores como ferramentas para potencializar a produção de compostos de interesse. Sócio-fundador da Connabis

AgTech, especializada em implementação de projetos, laudos e consultoria técnica para o cultivo legal de Cannabis medicinal e industrial. Estruturo soluções que integram o rigor agrônomo à conformidade regulatória, apoiando projetos em sua concepção e durante a operação, oferecendo suporte técnico-científico de excelência a um setor que demanda, simultaneamente, precisão agrônoma e domínio normativo.



Carlos Eduardo da Silva Oliveira

Professor Doutor junto ao curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia. Professor orientador do Programa de Pós-Graduação - stricto sensu - em Agronomia, área de concentração: Sustentabilidade na Agricultura, em Cassilândia, MS. Coordenador do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Bolsão Sul-Mato-Grossense (CEDESU) da Unidade Universitária de Cassilândia (UEMS). Editor Sênior do periódico Journal of Cotton Research (BMC-

Springer nature). Engenheiro Agrônomo - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS/UUC- 2018. Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS/UUC-2020, Área de concentração Sustentabilidade na Agricultura. Doutor em Agronomia - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP/FEIS-2023, Pós-Doutorado em Agronomia - UNESP/FEIS-2025 - Área de concentração Sistemas de Produção. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitotecnia, Nutrição de plantas, Horticultura, Fisiologia vegetal, Fisiologia do estresse, Culturas de Oleaginosas e Leguminosa, Culturas de Cereais, Algodão e Melhoramento Vegetal. Atuando principalmente nos seguintes temas: nutrição de plantas; cultivos hidropônicos; estratégias de amenizar estresses abióticos em plantas; bactérias promotoras de crescimento e nutrientes para amenizar efeito de estresses abióticos e/ou melhorar a eficiência no uso de fertilizantes; variabilidade genética de plantas; condicionamento osmótico de sementes; germinação de sementes. Experiência no cultivo de Algodão, soja, feijão, milho, arroz, trigo, sorgo, amendoim, mamona, citros, tomate, pimentão, pepino, melão, melancia, abóboras, alface, rúcula, couve, cebolinha e mandioca em condições normais e de estresse salino e/ou hídrico; como em sistema de cultivo irrigado e sequeiro.



Edilson Costa

Possui Graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (1998), Mestrado em Engenharia Agrícola na área de Construções Rurais e Ambiente pela Universidade Estadual de Campinas (2001) e Doutorado em Engenharia Agrícola na área de Construções Rurais e Ambiente pela Universidade Estadual de Campinas (2004). É professor da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) desde fevereiro de 2005. Atualmente é Professor Titular (Nível VI) da UEMS, na Unidade Universitária de Cassilândia (Curso de Graduação e Pós-Graduação em Agronomia).

Tem experiência na área de cultivo protegido, com ênfase em Ambiente Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: casas de vegetação, controle climático, hidroponia, substratos e produção de mudas de hortaliças, florestais e frutíferas. Líder do Grupo de Pesquisa do CNPq intitulado de Ambientes Protegidos para a Produção Vegetal, criado no ano de 2010. É bolsista produtividade em Pesquisa do CNPq desde 2013. Foi Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Sustentabilidade na Agricultura (PGAC) em 2013 e 2014 e atual Coordenador do PGAC de 2023 a até presente data. É consultor ad-hoc da FINEP, CAPES, CNPq, FUNDECT. É revisor de vários periódicos nacionais e internacionais.



  **Edson de Lima Bobadilha**

Possui graduação em Produção Multimídia pela Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal (2010), especialização em Gestão Pública pela Ideal Grupo (2025), especialização em Gestão Ambiental pelo Instituto Facuminas EAD Ltda. (2025) e especialização em Direito Público pela Faculdade Legale (2025). Atualmente é Secretário de Desenvolvimento Econômico da Prefeitura Municipal de Cassilândia. É mestrando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), na área de concentração em Sustentabilidade no Agronegócio, desenvolvendo pesquisa relacionada à modelagem espaço-temporal, aprendizado de máquina, geotecnologias e suporte à formulação de políticas públicas para recuperação de pastagens tropicais. Tem experiência na área de Planejamento Urbano e Regional, com ênfase em Serviços Urbanos e Regionais, gestão pública, desenvolvimento econômico e gestão ambiental.



  **Eduardo Paulino da Costa Silva**

Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) - Unidade de Cassilândia/MS, com vivência prática adquirida durante estágio na empresa Desafios Agro na área de fitopatologia, onde atuei no diagnóstico e manejo de doenças em grandes culturas, como soja, milho e algodão. Experiência em conduzir ensaios à campo. Atualmente é mestrando na área de Sustentabilidade na Agricultura pelo programa de pós-graduação (PGAC-UEMS), direcionando suas pesquisas na aplicação de bioinsumos no controle de míldio e oídio em espécies da família Cannabaceae.



  **Elen Cristina Fernandes Rosa**

Administradora, mestranda no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, na área de concentração Sustentabilidade na Agricultura (PGAC), pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia. Atua como Diretora de Gestão e Orçamento na Prefeitura Municipal de Cassilândia-MS, com experiência em gestão pública, planejamento governamental e orçamento público, especialmente na elaboração, acompanhamento e execução dos instrumentos de planejamento e orçamento. Possui formação técnica em Segurança do Trabalho e interesse nas áreas de sustentabilidade, gestão pública, planejamento estratégico e desenvolvimento sustentável.



  **Gustavo Haralampidou da Costa Vieira**

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (1995), mestrado em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (1999) e doutorado em Entomologia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Esalq/USP (2005). Atualmente é Professor Titular da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul e orientador do Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Agronomia, área de concentração: Sustentabilidade na Agricultura, em Cassilândia, MS. Possui experiência em Ecologia de Apidae, análise físico-química de mel, manejo de abelhas Apidae e Meliponinae. Na área de licenciatura ministrou curso sobre formação de professores (parceria

UEMS/Prefeitura Municipal de Cassilândia), desenvolveu por quatro anos um projeto nas escolas públicas relacionado a metodologia das aulas práticas de ciências, atuou na formação docente dos alunos do curso de ciências habilitação matemática, sendo responsável pela disciplina de prática de ensino. Desde 2008 ocupa o cargo de diretor do campus de Cassilândia.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Professor Visitante (2018-2022) na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Professor substituto (2023-Atual) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS, Brasil. Atualmente, possui 182 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 69 organizações de e-books, 53 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora, e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com



  **Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho**

Possui atuação internacional consolidada, com experiência acadêmica, participação em redes de pesquisa e colaborações científicas com instituições de diferentes países. Em 2017, realizou estágio de curta duração como Professor Visitante no Plant Nutrition Group da ETH Zürich, na Suíça, fortalecendo sua inserção internacional na área de nutrição de plantas. Integra o projeto internacional SMARTHARVEST, uma rede de pesquisa financiada pelo governo da Dinamarca e formada por parceiros da Índia, Dinamarca, Estados Unidos, Japão e Brasil.

Também participa, como representante da UNESP, da Global Bioeconomy Alliance – Sustainable Food Production, contribuindo para discussões e ações relacionadas à produção sustentável de alimentos e bioeconomia. Mantém colaborações científicas que resultaram em publicações conjuntas com pesquisadores da University of Minnesota e The University of Texas Rio Grande Valley, nos Estados Unidos; University of Copenhagen, na Dinamarca; University of Agriculture Peshawar, no Paquistão; Urmia University, no Irã; Università degli Studi di Sassari, na Itália; University of Antwerp, na Bélgica; e California State University, nos Estados Unidos.



  **Tiago Zoz**

Engenheiro Agrônomo e Doutor em Agronomia - Agricultura (Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA/UNESP) / Texas Tech University (TTU), 2015. Atua na área de tecnologia e inovação na agricultura e tem experiência na área de melhoramento vegetal relacionado à estresses abióticos e nutrição mineral de plantas, atuando principalmente nas culturas de soja, milho e amendoim.



  **Vitor Augusto Neves**

Engenheiro Agrônomo, especialista em Pecuária Leiteira e em Georreferenciamento de Imóveis Rurais, mestrando em Agronomia, na área de concentração Sustentabilidade na Agricultura (PGAC), pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia (UUC), com início em 2026. Possui experiência em Assistência Técnica e Gerencial (ATeG), desenvolvimento rural, pecuária leiteira, planejamento produtivo, manejo de pastagens, fertilidade do solo, geoprocessamento e tecnologias aplicadas ao agronegócio. Atua no desenvolvimento de soluções técnicas e gerenciais voltadas à eficiência produtiva, gestão e sustentabilidade das atividades agropecuárias.

Este e-book foi concebido para nivelamento de estudantes de Pós-Graduação e para auxiliar a comunidade atendida pelo Projeto de Extensão “Território Vivo” do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGAC) da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) da Unidade Universitária de Cassilândia.



9786585756907

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br