# AGROECOLOGIA:

# Manejo Sustentável e Fertilidade do Solo

"*A terra não é um 'recurso', mas um organismo vivo que possui necessidades*".

Ana Maria Primavesi

Engenheira Agrônoma, Pioneira da agroecologia no Brasil

**Antonio Anicete de Lima**

2023

**SUMÁRIO**

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO .....13
1. Agroecologia e sua abrangência holística ..... 14
2. Relação produtividade e os fatores solo, clima e manejo ..... 16
3. Comparação entre os fertilizantes orgânicos e fertilizantes químicos ..... 19
4. Conceito de fertilidade solos e produtividade .....25
5. Formação dos solos ..... 27
6. O solo é considerado um sistema trifásico integrado aos organismos vivos ..... 32
6.1. Fases do solo ..... 32
6.2. Funções do solo ..... 35
7. Solos: composição e classificação..... 37
7.1. Descrição dos horizontes ou camadas do solo ..... 37
7.2. Classificação dos solos e manejo ..... 40

CAPÍTULO II

8. Propriedades físicas, químicas e biológicas do solo ..... 49
8.1. As propriedades físicas ..... 49
8.2. As propriedades químicas do solo ..... 61
8.3. Propriedades biológicas do solo ..... 67
9. Textura do solo ..... 68

9.1. Classes texturais ..... 68
9.2. Importância das classes texturais no manejo agroecológico ..... 72
9.3. O potencial de hidrogênio ..... 74
9.4. O potencial de Hidrogênio (pH) afeta a disponibilidade de nutrientes ..... 74
10. Correção da acidez do solo ..... 80
10.1. Correção de solo: calagem ..... 81
10.2. Cálculo da quantidade calcário ..... 83
10.3. Aplicação de calcário em sistemas agroecológicos .... 86
10.4. Medidas integradas de manejo da correção da acidez do solo ..... 91

CAPÍTULO III

11. Correção de solos alcalinos: gessagem ..... 94
12. Rochagem: aplicação de pó de rochas ..... 102
13. Práticas de conservação, sustentabilidade e aumento da fertilidade dos solos ..... 112
14. Fosfatagem de solos nos sistemas agroecológicos ..... 115
14.1. Fosfatos naturais de rocha ..... 115

14.2. Fontes de fosfato de rocha no Brasil ..... 118
14.3. Cálculo das dosagens de fosfato ..... 119

CAPÍTULO IV

15. Adubação em sistemas orgânicos ..... 123
15.1. Nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas ..... 124
15.2. Mobilidade e sintomas visuais de deficiência nutricional ..... 135
15.3. Interação entre nutrientes no solo ..... 141
15.4. Fatores que afetam a disponibilidade de nutrientes ..... 144
16. Análise de solo de plantas e qualidade de água ..... 146
16.1. Análises químicas de solo ..... 147
16.2. Analises físicas de solo ..... 150
16.3. Análises foliares ..... 152
16.4. Análises microbiológicas de solo ..... 155
16.5. Análises de qualidade de água ..... 156

CAPÍTULO V

17. Diagnóstico do solo observando plantas espontâneas ...161
18. Manejo da adubação em cobertura ..... 164
19. Importância do conhecimento do ciclo do carbono na adubação orgânica ..... 166

CAPÍTULO VI

20. Tipos de adubação ..... 177

20.1. Manejo da adubação básica ..... 177
20.2. Estercos de animais ..... 180
20.3. Compostos orgânicos e biofertilizantes ..... 186
21. Aplicação de pó de rochas em cobertura ..... 192
22. Fosfatagem em cobertura ..... 195
23. Manejo da adubação em cobertura ..... 199
24. Adubação foliar ..... 204

CAPÍTULO VII

25. Manejo de organismos promotoras de crescimento vegetal (BCPS) ..... 212
25.1. Bactérias promotoras de crescimento ..... 212
25.2. Importância das bactérias promotoras de crescimento ..... 214
25.3. Formas de aplicação das BPCs ..... 215
25.4. Classificação quanto a forma de colonização ..... 216
26. Organismos eficientes (EMS) ..... 219
27. Adubação verde ..... 221
27.1. Vantagens e desvantagens da adubação verde ..... 221
27.2. Estratégias da adubação verde ..... 222
28. Proteção do ecossistema e da biodiversidade ..... 234
29. Rotação e consorciação de culturas ..... 244

CAPÍTULO VIII

30. Enraizadores naturais de uso agroecológico ..... 253

30.1. Importância de uso dos enraizadores ..... 253
30.2. Modo de preparo dos enraizadores ..... 253
31. Integração das práticas de conservação e fertilidade do solo ..... 260
32. Preparados agroecológicos bioativos ..... 264
33.1. Importância do uso dos preparados agroecológicos ..... 264
33.2. Composto orgânico ..... 265
33.3. Fermentados ..... 266
33.4. Preparados microbianos ..... 267
33.5. Preparados de extratos vegetais bioativos ..... 269

CAPÍTULO IX

34. Extrato pirolenhoso ..... 273
35. Compostagem ..... 280
36. Biofertilizantes ..... 294
36.1. Introdução ..... 294
36.2. O que são biofertilizantes líquidos? ..... 296
36.3. Importância da utilização de biofertilizantes orgânicos ..... 297
36.4. Em quanto tempo o biofertilizante estará pronto? ... 297
36.5. Formas de aplicação e dosagens ..... 301
37. Condicionadores de solo ..... 302
37.1. O que são condicionadores do solo? ..... 302
37.2. Os principais condicionadores de solos ..... 303
37.3. Vantagens dos condicionadores de solos ..... 304

37.4. Formas de aplicação dos condicionadores de solo .....306
37.5. Orientações para o uso dos condicionadores de solo ..... 307
38. Aminoácidos e algas marinhas ..... 308
38.1. Aminoácidos ..... 308
38.2. Algas marinhas ..... 317
39. Coleta e preparo de microrganismos eficientes (EMS) ..... 319

CAPÍTULO X

40. Preparados agroecológicos ..... 329
40.1. Preparo de bokashi ..... 329
40.2. Preparo de farinha de ossos ..... 333
40.3 Preparo da torta de mamona ..... 340
40.4. Preparo do fosfito ..... 343
41. Preparo de húmus de minhoca ..... 347
41.1. Vantagens de construção de um minhocário ..... 348
41.2. Tipos de minhocários ..... 350
41.3. Manejo do minhocário ..... 352
41.4. Escolha das minhocas para criação ..... 353
41.5. Ciclo de vida da minhoca e reprodução ..... 355
41.6. Manejo da alimentação ..... 356
41.7. Proteção das minhocas contra predadores ..... 356
41.8. Métodos de coleta de minhocas ..... 358
41.9. Métodos de separação de minhocas e húmus ..... 358

41.10. Coleta, preparo das minhocas e comercialização ..... 363
41.11. Húmus de minhoca ..... 366
42. Adubos orgânicos uma oportunidade econômica na agroecologia ..... 372

Referências Bibliográficas ..... 376

# AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, o Autor da vida, por me guiar em cada passo deste trabalho e por me conceder sabedoria e inspiração para escrever sobre um tema tão importante.

À minha esposa Nilba, minha companheira de todas as horas, agradeço por estar ao meu lado em todos os momentos, apoiando e incentivando meu trabalho.

Aos meus filhos, Débora, Antonio Jr. e Lígia, agradeço por serem minha inspiração e por sempre me incentivarem a buscar o conhecimento e a excelência.

À minha neta Letícia, agradeço por trazer tanta alegria e jovialidade à nossa família.

Agradeço também a todos os colegas e amigos que me apoiaram e me encorajaram durante a escrita deste livro, bem como aos profissionais e pesquisadores que dedicam suas vidas ao estudo da Agroecologia e ao manejo sustentável e fertilidade de solos.

Por fim, gostaria de agradecer aos leitores deste livro, esperando que ele possa ser útil em suas práticas e estudos, contribuindo para o desenvolvimento de uma agricultura mais saudável e sustentável.

# APRESENTAÇÃO

A agroecologia é uma abordagem holística da agricultura que busca compreender os ecossistemas agrícolas como sistemas complexos, integrados e dinâmicos, nos quais as plantas, os animais, o solo e o clima interagem para produzir alimentos e fibras. Neste livro, abordaremos diversos aspectos relacionados à agroecologia, com ênfase na relação entre fertilidade do solo e produtividade agrícola.

Os capítulos deste livro tratam de temas variados, como a formação dos solos, a composição química e física dos solos, as propriedades biológicas dos solos e as práticas de conservação e fertilidade do solo. Também será discutido as diferenças entre fertilizantes orgânicos e químicos, as vantagens da adubação verde e da rotação de culturas, além de técnicas para correção da acidez do solo e correção de solos alcalinos.

Será abordada, ainda, a importância da análise de solo e da qualidade da água para a produção agrícola, bem como a utilização de organismos promotores de crescimento vegetal, como as bactérias fixadoras de nitrogênio e as micorrizas. Além disso, discutimos as diversas formas de adubação orgânica, como a compostagem, a fosfatagem e a preparação de bokashi, farinha de ossos, torta de mamona e húmus de minhoca.

Este livro é destinado a estudantes, pesquisadores e agricultores interessados em produzir alimentos de forma sustentável e respeitando os limites dos ecossistemas agrícolas. Esperamos que os leitores possam aproveitar as informações e técnicas apresentadas para implementar práticas agrícolas mais eficientes, produtivas e sustentáveis, que considerem a proteção do ecossistema e da biodiversidade e gerem oportunidades econômicas para o campo.

Além de oferecer informações teóricas sobre agroecologia, este livro também serve como um guia prático para produtores de alimentos que desejam adotar práticas sustentáveis e produzir alimentos livres de resíduos de pesticidas. O livro enfatiza a importância da adoção de técnicas agroecológicas para a melhoria da qualidade do solo, da água e do ar, além de promover a saúde integral do ecossistema agrícola.

# PREFÁCIO

Este livro, intitulado "Agroecologia: Manejo Sustentável e Fertilidade de Solos", visa fornecer informações práticas e científicas para produtores de alimentos interessados em adotar práticas agrícolas sustentáveis e eficientes, que considerem a proteção do ecossistema e da biodiversidade e gerem oportunidades econômicas para o campo. A agroecologia é uma abordagem holística da agricultura que considera os ecossistemas agrícolas como sistemas complexos, integrados e dinâmicos, nos quais as plantas, os animais, o solo e o clima interagem para produzir alimentos e fibras. Neste livro, serão abordados diversos aspectos relacionados à agroecologia, com ênfase na relação entre fertilidade do solo e produtividade agrícola.

Os capítulos deste livro trazem informações relevantes sobre a formação dos solos, a composição química e física dos solos, as propriedades biológicas dos solos e as práticas de conservação e fertilidade do solo. Serão discutidas as diferenças entre fertilizantes orgânicos e químicos, as vantagens da adubação verde e da rotação de culturas, além de técnicas para correção da acidez do solo e correção de solos alcalinos.

O livro aborda, também, a importância da análise de solo e da qualidade da água para a produção agrícola, bem como a utilização de organismos promotores de crescimento

vegetal, como as bactérias fixadoras de nitrogênio e as micorrizas. Além disso, serão apresentadas diversas formas de adubação orgânica, como a compostagem, a fosfatagem e a preparação de bokashi, farinha de ossos, torta de mamona e húmus de minhoca.

Esperamos que este livro possa ser uma fonte de informações úteis para estudantes, pesquisadores e agricultores interessados em produzir alimentos de forma sustentável e respeitando os limites dos ecossistemas agrícolas. Acreditamos que o conhecimento apresentado neste livro pode ajudar a promover uma agricultura mais saudável e equilibrada, livre de resíduos pesticidas e com a visão de sustentabilidade.

# CAPÍTULO I

## MANEJO AGROECOLÓGICO DE SOLOS

### INTRODUÇÃO

O manejo agroecológico de solos é uma abordagem de produção agrícola que busca promover a saúde do solo e a sustentabilidade do sistema agrícola de forma integral. Essa abordagem se baseia em práticas de manejo que promovem *a biodiversidade do solo, a ciclagem de nutrientes, a conservação da água e a redução do uso de insumos externos,* como fertilizantes químicos e pesticidas.

O solo em agroecologia é considerado como um *organismo vivo e dinâmico,* pois neles existem diversas formas de vida, incluindo uma grande população de microrganismos que desempenham funções importantes na ciclagem de nutrientes, na decomposição de matéria orgânica e na proteção das plantas contra doenças e pragas.

A *saúde da planta é fortemente influenciada pela qualidade do solo e pelo equilíbrio de seus nutrientes*. Quando o solo está saudável, com uma alta diversidade de microrganismos e nutrientes bem balanceados, as plantas são capazes de absorver esses nutrientes de forma eficiente e resistir a doenças e pragas.

Por outro lado, quando o solo está em desequilíbrio, seja por excesso ou falta de nutrientes, ou por uma baixa diversidade de microrganismos, as plantas podem sofrer com deficiências nutricionais, doenças e pragas. Por isso, o manejo adequado do solo em agroecologia envolve a utilização de técnicas que favorecem a saúde do solo, como a adição de matéria orgânica, o controle biológico de pragas e a rotação de culturas.

"Solo sadio, planta saudável" é uma expressão frequentemente usada para resumir a relação estreita entre a saúde do solo e a saúde das plantas nele cultivadas. Isso porque um solo rico em nutrientes e organismos benéficos, bem equilibrado em termos de pH e umidade, é capaz de fornecer às plantas as condições ideais para o seu crescimento saudável, reduzindo o risco de doenças e pragas.

Por outro lado, um solo pobre e desequilibrado pode afetar negativamente o crescimento das plantas, tornando-as mais suscetíveis a doenças e pragas. Por isso, é fundamental adotar práticas agrícolas sustentáveis e que priorizem a saúde do solo, como a rotação de culturas, a utilização de adubos orgânicos e o controle biológico de pragas.

## 1. AGROECOLOGIA E SUA ABRANGÊNCIA HOLÍSTICA

A palavra agroecologia" é um hibridismo latino-greco, formado pelo prefixo “ager” e sufixo “oikos”. A palavra "agro" tem origem no latim "ager", que significa campo, enquanto

"ecologia" é composta pelas palavras gregas "oikos", igual à casa, e "logos", estudo. Portanto, a *etimologia* de "agroecologia" pode ser compreendida como "*o estudo da casa do campo*", ou seja, o estudo das relações entre os seres vivos que habitam o ambiente rural e as práticas agrícolas que ocorrem nesse ambiente. Portanto, a agroecologia pode ser entendida como uma abordagem que busca integrar as práticas agrícolas com os princípios da ecologia, visando a produção de alimentos de forma sustentável e equilibrada com o meio ambiente.

A agroecologia é ciência que busca *integrar princípios ecológicos e sociais na agricultura*, promovendo práticas agrícolas sustentáveis que priorizam a saúde dos ecossistemas, a conservação dos recursos naturais e a equidade social.

Agroecologia é uma abordagem científica, cultural e prática para a produção de alimentos, fibras e energia que valoriza a diversidade biológica e cultural e promove a saúde e a sustentabilidade dos ecossistemas. Essa abordagem baseia-se em uma compreensão holística dos sistemas agrícolas e busca integrar o conhecimento científico com o conhecimento tradicional e local para desenvolver práticas agrícolas sustentáveis.

A agroecologia se baseia na compreensão de que a agricultura não deve ser vista apenas como um sistema de produção, mas como um sistema complexo e interconectado de *relações entre os seres humanos, as plantas, os animais e*

*o meio ambiente*. Dessa forma, a agroecologia valoriza a diversidade biológica e cultural, a cooperação em vez da competição, e a busca por soluções adaptadas às condições locais.

Os princípios da agroecologia incluem o uso de práticas agrícolas regenerativas, como a rotação de culturas, a agrofloresta, a adubação orgânica e o controle biológico de pragas e doenças, que ajudam a construir solos saudáveis e a aumenta a resiliência das plantas e dos ecossistemas. Além disso, a agroecologia busca promover a participação e o empoderamento das comunidades locais, garantindo o acesso à terra, à água e aos recursos naturais e promovendo a justiça social e a equidade de gênero.

O estudo da agroecologia é importante porque nos ajuda a compreender como a agricultura pode ser mais sustentável e justa, contribuindo para a segurança alimentar e nutricional, a conservação da biodiversidade e a redução da pobreza e da desigualdade social.

## 2. RELAÇÃO PRODUTIVIDADE E OS FATORES SOLO, CLIMA E MANEJO

Existe uma relação entre produtividade e os fatores solo, clima e manejo do solo sendo muito importante para o sucesso da produção agrícola sustentável.

O solo é o principal suporte para o crescimento e desenvolvimentos das plantas e para uma boa produtividade. As suas propriedades físicas, químicas e biológicas afetam diretamente o crescimento das plantas, pois um solo bem estruturado, apresenta boa capacidade de retenção de água e nutrientes, sendo essencial para maximizar a produtividade.

O clima também tem um impacto significativo na produtividade, pois as diferentes culturas têm necessidades específicas em relação à temperatura, umidade, precipitação e luz solar. É importante entender as necessidades específicas de cada cultura e selecionar as práticas adequadas de manejo para maximizar a produtividade.

O manejo do solo também é um fator-chave para manter a produtividade a longo prazo em sistemas agroecológicos. Práticas de manejo sustentáveis, integradas como a *rotação de culturas, a cobertura do solo, a adubação orgânica, o manejo adequado de microrganismos promotores de crescimento, o controle biológico de pragas e doenças, ajudam a manter a fertilidade do solo e a saúde das plantas, maximizando a produtividade*. Por outro lado, práticas inadequadas de manejo do solo, como o uso excessivo de agrotóxicos ou a monocultura, podem esgotar o solo e reduzir a produtividade ao longo do tempo (Figura 1).

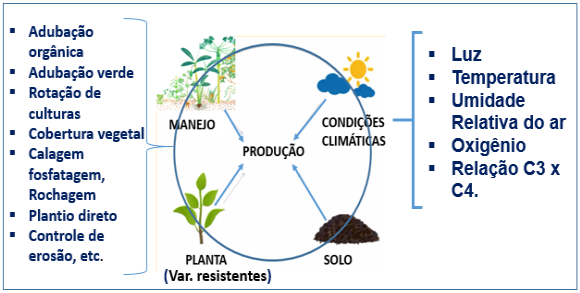



Figura 1. Relação entre produção e os fatores: solo, clima e manejo.

A relação entre produtividade em sistemas agroecológicos e os fatores solo, clima e manejo do solo é complexa e interdependente, e é importante considerar esses fatores de forma integrada para alcançar uma produção agrícola sustentável e de alta qualidade.

O manejo de solos no sistema agroecológico integra uma série de práticas que visam garantir a conservação, e a fertilidade do solo, bem como a preservação do meio ambiente. Alguns dos principais aspectos que fazem parte desse manejo são:

Utilização de práticas agrícolas que visam preservar a saúde do solo, como a rotação de culturas, a adubação verde, o uso de compostagem e a aplicação de biofertilizantes.

*Preservação da vegetação nativa*, por meio da manutenção de áreas de mata ciliar e da implementação de sistemas agroflorestais.

*Conservação do meio ambiente*, por meio do uso de práticas que evitem a contaminação do solo e das águas, como

o controle de erosão, o uso de agroquímicos de forma responsável e o tratamento adequado de resíduos.

*Preservação de fontes e mananciais de encostas*, por meio da proteção de nascentes e da adoção de práticas que evitem a erosão e a compactação do solo em áreas íngremes.

*Reflorestamento e florestamento*, que podem ajudar a recuperar áreas degradadas e a aumentar a biodiversidade, além de gerar produtos madeireiros e não madeireiros.

Todas essas práticas fazem parte de uma abordagem mais ampla que busca integrar a produção agrícola com a conservação do meio ambiente, garantindo a sustentabilidade do sistema produtivo a longo prazo.

## 3. COMPARAÇÃO ENTRE OS FERTILIZANTES ORGÂNICOS E FERTILIZANTES QUÍMICOS

Nos sistemas agroecológicos, a adubação orgânica é geralmente preferida em relação à adubação química por algumas razões:

- **Sustentabilidade ambiental**: a adubação orgânica utiliza resíduos orgânicos, como estercos, compostos, restos de culturas, entre outros, produzidos localmente e não contêm produtos químicos sintéticos. Isso ajuda a reduzir a contaminação do solo e das águas subterrâneas por produtos químicos nocivos.

- **Melhoria da qualidade do solo**: a adubação orgânica ajuda a melhorar a qualidade do solo, fornecendo nutrientes e matéria orgânica para o solo. Além disso, a matéria orgânica ajuda a aumentar a capacidade de retenção de água do solo, melhorando a sua estrutura e reduzindo a erosão.
- **Produção de alimentos saudáveis**: a adubação orgânica ajuda a produzir alimentos mais saudáveis e nutritivos, uma vez que não há a presença de resíduos de agrotóxicos e outros produtos químicos sintéticos.
- **Redução de custos:** a adubação orgânica pode ser mais econômica a longo prazo, uma vez que os resíduos orgânicos podem ser produzidos localmente ou obtidos a baixo custo. Além disso, a adubação orgânica ajuda a reduzir a necessidade de insumos químicos, que podem ser caros.
- **Fortalecimento da comunidade local:** a adubação orgânica pode ajudar a fortalecer a comunidade local, uma vez que a produção e o uso de resíduos orgânicos podem envolver a participação de agricultores locais, cooperativas e outras organizações locais.

Portanto, em sistemas agroecológicos, a adubação orgânica é uma escolha mais sustentável, econômica e saudável em comparação com a adubação química (Quadro 1).

Quadro 1. Comparação entre a adubação orgânica e adubação química.

| Critérios avaliados | Adubação orgânica | Adubação química |
|---|---|---|
| **Saúde do solo** | Melhora a estrutura e fertilidade do solo, aumentando a atividade microbiana e a retenção de água. | Pode aumentar a acidez do solo e reduzir a atividade microbiana, levando a uma diminuição da qualidade do solo. |
| **Economia para o produtor** | Geralmente mais econômica a longo prazo, pois usa resíduos orgânicos locais e reduz a necessidade de insumos químicos. | Pode ser mais cara, pois requer a compra de fertilizantes químicos, que podem ser caros. |
| **Consumo de energia** | Consome menos energia, pois a produção e aplicação dos fertilizantes orgânicos geralmente envolve menos processos industriais e transporte. | Consome mais energia, pois a produção de fertilizantes químicos envolve processos industriais intensos e transporte de longa distância. |
| **Sustentabilidade** | Ajuda a manter a sustentabilidade do ecossistema, reduzindo a poluição do solo e da água e preservando a biodiversidade. | Pode ser prejudicial à sustentabilidade do ecossistema, causando poluição do solo e da água e degradando a biodiversidade. |
| **Qualidade do produto** | Pode produzir alimentos mais saudáveis e nutritivos, uma vez que os fertilizantes orgânicos são ricos em nutrientes e não contêm resíduos químicos sintéticos. | Pode produzir alimentos menos saudáveis, pois a presença de resíduos químicos sintéticos pode ser prejudicial à saúde. |
| **Custo/benefício** | Geralmente tem um custo/benefício melhor a longo prazo, pois ajuda a melhorar a qualidade do solo e produzir alimentos mais saudáveis. | Pode ter um custo/benefício pior a longo prazo, uma vez que os custos dos fertilizantes químicos e dos impactos ambientais podem ser maiores. |

O Brasil é um dos maiores importadores de fertilizantes do mundo, pois possui uma grande área cultivável e uma forte indústria agrícola. Segundo o Ministério da Economia, o país importou cerca de *24,4 milhões* de toneladas de fertilizantes em 2020, sendo a maioria dessas importações originárias da *Rússia, China, Marrocos e Canadá*.

De acordo com os dados mais recentes disponíveis do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil, referentes a 2020, os fertilizantes mais importados pelo país em termos percentuais foram os *nitrogenados, seguidos pelos fosfatados e potássicos*. As importações desses três tipos de fertilizantes representaram aproximadamente, segundo os dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil, referentes a 2021, os seguintes percentuais de importações de fertilizantes:

Cerca de 61% dos fertilizantes nitrogenados, 45% dos fosfatados e 91% dos fertilizantes potássicos foram utilizados na agricultura brasileira via importados.

Essa dependência pode ser vista como um *risco para a segurança alimentar e para o desenvolvimento da agricultura no país*, uma vez que a oferta e o preço dos fertilizantes importados são influenciados por fatores externos, como condições climáticas, demanda global e oscilações cambiais. Além disso, a dependência excessiva de fertilizantes importados pode tornar a agricultura brasileira

vulnerável a eventuais interrupções no fornecimento desses insumos.

Por outro lado, essa situação também pode ser vista como uma oportunidade para o desenvolvimento de tecnologias e práticas agrícolas mais sustentáveis, que reduzam a necessidade de fertilizantes químicos e aumentem a eficiência no uso dos nutrientes. Além disso, o Brasil possui importantes reservas minerais de *potássio e fosfato*, o que pode ser uma vantagem competitiva para o país na produção de fertilizantes.

Nesse contexto da dependência de importação de fertilizantes pelo Brasil, agroecologia pode desempenhar um papel fundamental no, pois propõe um modelo de agricultura baseado em *práticas sustentáveis e na valorização dos recursos locai*s.

Uma das principais características da agroecologia é a adoção de sistemas produtivos diversificados e integrados, que incluem a *utilização de culturas de cobertura, rotação de culturas e a incorporação de matéria orgânica no solo*. Essas práticas permitem uma maior eficiência no uso dos nutrientes, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos e, consequentemente, a dependência de importações.

Além disso, a agroecologia também valoriza a utilização de insumos locais e da biodiversidade local, como a utilização de compostagem, biofertilizantes, adubos verdes e outras técnicas que utilizam recursos naturais para a fertilização do solo.

Outra importante vantagem da agroecologia é que ela contribui para a redução dos impactos ambientais associados à produção agrícola convencional, como o uso excessivo de agrotóxicos e a erosão do solo. Isso permite a preservação dos recursos naturais e a promoção da agricultura sustentável no país.

Portanto, a adoção da agroecologia pode contribuir para a redução da dependência de importação de fertilizantes pelo Brasil, além de promover a agricultura sustentável e a preservação do meio ambiente.

A guerra entre a Rússia e a Ucrânia afetou as importações de fertilizantes em todo o mundo, uma vez que esses países são importantes produtores e exportador de fertilizantes, especialmente de potássio.

Com o agravamento da guerra, houve uma série de interrupções no fornecimento de fertilizantes, afetando principalmente os países que dependem fortemente das importações desses insumos, como Brasil, Índia, China e os Estados Unidos.

No caso do Brasil, o país é o maior importador mundial de potássio e depende em grande parte das importações da *Rússia e da Bielorrússia* para suprir a demanda interna. Com as restrições no fornecimento de fertilizantes, houve uma escalada nos preços desses insumos, o que afetou diretamente os agricultores brasileiros e a produção agrícola no país.

Para enfrentar a crise, o governo brasileiro adotou uma série de medidas, como a redução da alíquota do imposto de

importação sobre fertilizantes e a negociação de acordos bilaterais com países produtores, como a *Rússia e a Bielorrússia*. Além disso, o país investiu em pesquisas e tecnologias para reduzir a dependência de fertilizantes químicos, incentivando a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis e a valorização dos recursos locais.

No entanto, é importante ressaltar que a crise entre a Rússia e a Ucrânia ainda pode ter desdobramentos e continuar afetando o mercado de fertilizantes no mundo, destacando a importância de diversificar as fontes de fornecimento e investir em práticas agrícolas sustentáveis.

## 4. CONCEITO DE FERTILIDADE SOLOS E PRODUTIVIDADE

A fertilidade de solos em agroecologia é entendida como a capacidade do solo de fornecer nutrientes e propiciar condições adequadas para o desenvolvimento das plantas, mantendo sua capacidade produtiva de forma sustentável, sem comprometer a saúde do solo e do meio ambiente em geral.

Segundo Altieri e Nicholls (2012), a fertilidade do solo em sistemas agroecológicos é baseada em uma abordagem holística, que considera os diferentes componentes do sistema, incluindo o solo, a planta, a fauna, a flora e o ambiente. Para esses autores, a fertilidade do solo é vista como um resultado da interação entre esses componentes, que

trabalham juntos para manter a saúde e a produtividade do sistema.

Outro autor que destaca a importância da fertilidade de solos em agroecologia é Gliessman (2015). Para esse autor, a fertilidade do solo é vista como um resultado da diversidade e complexidade dos sistemas agroecológicos, que promovem a ciclagem de nutrientes e a manutenção da biodiversidade do solo. Já Gliessman ressalta a importância de se adotar práticas de manejo de solo que promovam a sustentabilidade do sistema, considerando não apenas a produção agrícola, mas também a preservação do meio ambiente.

Assim, a fertilidade de solos em agroecologia é entendida como um conceito amplo e integrado, que considera não apenas a produção agrícola, mas também a preservação do meio ambiente e a manutenção da saúde do solo. Esse conceito está relacionado a abordagens holísticas de manejo de solo, que consideram os diferentes componentes do sistema e buscam promover a sustentabilidade do sistema de forma integral.

O *conceito de produtividade* em agroecologia difere do conceito tradicionalmente utilizado na agricultura convencional. Em vez de focar exclusivamente na produção de alimentos e em altas taxas de rendimento, a agroecologia considera a produtividade como um resultado da interação entre os diferentes componentes do sistema, incluindo o *solo, a planta, os organismos, o clima e o amb*iente em geral.

Assim, a produtividade em agroecologia é entendida como uma medida da capacidade do sistema agrícola de fornecer alimentos nutritivos e saudáveis, além de promover a saúde do solo, a biodiversidade, a conservação dos recursos naturais e a sustentabilidade do agroecossistema.

Para alcançar uma produtividade sustentável em sistemas agroecológicos, são adotadas práticas de manejo que promovem a saúde e a fertilidade do solo, a utilização de variedades adaptadas ao clima, a diversificação de culturas, a integração com a fauna e a flora local, a utilização de fontes de nutrientes locais e renováveis, a preservação da biodiversidade, entre outras práticas.

Autores como Altieri e Nicholls (2012) e Gliessman (2015) destacam a importância de se adotar abordagens holísticas e integradas para se alcançar uma produtividade sustentável em sistemas agroecológicos. Essa abordagem considera não apenas a produção agrícola, mas também a preservação do meio ambiente e a manutenção da saúde do solo de forma sustentável.

## 5. FORMAÇÃO DOS SOLOS

A formação dos solos é um processo complexo que ocorre ao longo de milhares de anos, envolvendo a interação de *fatores físicos, químicos, biológicos e geológicos*. Existem diferentes fatores que influenciam a formação do solo, incluindo: os *materiais de origem, o clima, a topografia, os*

*organismos e o tempo*. Cada um desses fatores exerce uma influência específica na formação do solo, e suas interações produzem solos com características únicas.




**1 - Os materiais de origem** são os materiais geológicos que dão origem ao solo, como rochas, sedimentos, cinzas vulcânicas, entre outros. Esses materiais influenciam a textura, a mineralogia e a química do solo. Os tipos de rochas que originam os solos podem ser classificados em três categorias principais:

**a) Rochas ígneas:** são rochas formadas a partir do resfriamento e solidificação do magma. As rochas ígneas podem ser classificadas em dois tipos principais: rochas plutônicas, que se formam abaixo da superfície da Terra, e rochas vulcânicas, que se formam a partir de erupções vulcânicas. Exemplos de rochas ígneas que originam os solos incluem granito, basalto e riólito.

**b) Rochas sedimentares:** são rochas formadas a partir da deposição e compactação de sedimentos, como areia, argila e calcário. As rochas sedimentares podem ser classificadas em três tipos principais: rochas clásticas, rochas químicas e rochas orgânicas. Exemplos de rochas

sedimentares que originam os solos incluem arenito, argilito e calcário.

**c) Rochas metamórficas:** são rochas formadas a partir da transformação de rochas pré-existentes por pressão, temperatura e fluidos químicos. As rochas metamórficas podem ser classificadas em dois tipos principais: rochas de foliação, com uma textura foliada ou em camadas, e rochas não foliadas. Exemplos de rochas metamórficas que originam os solos incluem ardósia, gnaisse e mármore.

**2 - Clima:** o clima é outro fator importante na formação dos solos. O tipo e a quantidade de precipitação, temperatura, umidade relativa, radiação solar e ventos afetam a taxa de intemperismo e decomposição dos materiais de origem, além de influenciar a atividade biológica no solo, como a decomposição de matéria orgânica, a fixação de nitrogênio por bactérias e a atividade de minhocas e outros organismos, afeta a estrutura e a fertilidade do solo.

**3 - Organismos:** a atividade biológica no solo, como a decomposição de matéria orgânica, a fixação de nitrogênio por bactérias e a atividade de minhocas e outros organismos, pode acelerar o processo de intemperismo.

**4 - Relevo:** a topografia e a posição geográfica do solo afetam a erosão, a drenagem, a acumulação de matéria orgânica e a exposição a agentes climáticos, influenciando nas propriedades físicas e químicas do solo.

**7 - Tempo:** o tempo é um fator fundamental na formação dos solos, pois processos como intemperismo,

erosão, sedimentação e acumulação de matéria orgânica ocorrem ao longo de períodos geológicos de milhares ou milhões de anos.

Todos esses fatores interagem de maneiras complexas para produzir solos únicos em cada região do mundo. Compreender esses fatores é essencial para o manejo e a conservação dos solos, bem como para a produção agrícola sustentável e a restauração de áreas degradadas.

**5) A vegetação** influencia a formação do solo através da ciclagem de nutrientes, da adição de matéria orgânica e do condicionamento físico do solo pelas raízes.

Os *fatores de intemperismo*, clima, relevo, ação dos organismos vivos, causam a degradação dos materiais de origem em função do tempo, produzindo os mais diferentes tipos de solos, constituídos de partículas de diferentes diâmetros e coloidais, capazes de liberar nutrientes para as plantas (Figura 2).




Figura 2. Os fatores de intemperismo e etapas de formação dos solos ao longo do tempo.

**A rocha moída** de uso nos sistemas agroecológicos é uma forma que acelera o processo de degradação do material de origem, e rejuvenescer o solo, pois contem minerais que favorecem a ação de microrganismos e outros organismos do solo, que promovem a mineralização de compostos orgânicos e a liberação de nutrientes para as plantas.

O pó de rocha é um importante insumo para a renovação dos solos degradados em sistemas agroecológicos, pois apresentam um alto teor de nutrientes minerais, como cálcio, magnésio, fósforo, potássio, ferro, manganês, entre outros, liberados lentamente para as plantas à medida que o pó de rocha se decompõe.

Outra vantagem do pó de rochas é que eles possuem um efeito corretivo no pH do solo, ajudando a neutralizar a acidez excessiva ou alcalinidade e favorecendo o desenvolvimento de microrganismos benéficos.

## 6. O SOLO É CONSIDERADO UM SISTEMA TRIFÁSICO INTEGRADO AOS ORGANISMOS VIVOS

### 6.1. FASES DO SOLO

Na agroecologia, o solo não é considerado apenas um sistema trifásico constituído partes: sólida, líquida e gasosa. É importante ressaltar que a agroecologia vai além da mera classificação do solo como um sistema trifásico e enfatiza a importância das interações dinâmicas entre o solo, as plantas, os animais e os microrganismos para a produção de alimentos e a manutenção da saúde dos ecossistemas agrícolas.

Ao contrário do cultivo convencional, que muitas vezes trata o solo como um substrato inerte que deve ser "preparado" com produtos químicos sintéticos para maximizar a produtividade, a agroecologia reconhece que o solo é um ***organismo vivo*** que desempenha um papel fundamental na produção de alimentos saudáveis e na manutenção da biodiversidade. Nesse sentido, a agroecologia busca promover práticas agrícolas que aumentem a saúde do solo, como o uso de adubos orgânicos, a rotação de culturas, o

manejo integrado de pragas e a conservação da biodiversidade.

O solo no cultivo convencional é considerado um sistema trifásico porque é composto por três fases principais: **sólida** (material mineral)**, líquida** (água mais solutos minerais) **e gasosa** (oxigênio, $CO_2$). Cada fase possui diferentes propriedades que afetam a dinâmica do solo e a disponibilidade de nutrientes para as plantas (Figura 3).

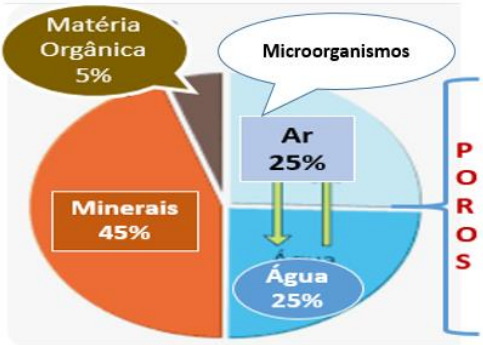



Figura 3. Constituição do solo: minerais, matéria orgânica, espaço poroso (água e ar).

A **fase sólida** é composta por partículas minerais e orgânicas, e sua textura (tamanho das partículas) afeta a porosidade do solo, a capacidade de retenção de água e nutrientes, e a facilidade de penetração das raízes das plantas.

**Fase líquida** é composta pela água presente nos espaços entre as partículas do solo. A disponibilidade de água é fundamental para a sobrevivência das plantas e para o

crescimento e desenvolvimento das raízes e disponibilidade de nutrientes.

**Fase gasosa** é composta principalmente pelo ar que preenche os espaços entre as partículas do solo. A aeração do solo é importante para o crescimento das raízes e para o desenvolvimento dos microrganismos do solo.

Além dessas fases, o solo também é composto por uma **diversidade de organismos vivos**, incluindo bactérias, fungos, protozoários, nematoides, artrópodes e vermes. Esses organismos são responsáveis por processos importantes no solo, como a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a fixação de nitrogênio. A saúde do solo e sua fertilidade dependem da atividade e da diversidade desses organismos.

Os microrganismos eficientes, promotores de crescimento e decompositores são extremamente importantes no cultivo agroecológico. Esses microrganismos incluem bactérias, fungos e outros organismos que vivem no solo e interagem com as plantas de várias maneiras benéficas.

Por exemplo, algumas bactérias fixadoras de nitrogênio podem fornecer nutrientes essenciais para as plantas, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos. Além disso, os microrganismos decompositores ajudam a decompor a matéria orgânica no solo, liberando nutrientes e tornando-os disponíveis para as plantas. Já os promotores de crescimento podem estimular o crescimento das raízes das

plantas, melhorando a absorção de nutrientes e aumentando a resistência das plantas a doenças e pragas.

Na agroecologia, a manutenção da saúde do solo e a promoção da biodiversidade microbiana são consideradas fundamentais para o sucesso do sistema produtivo. Por isso, as práticas agroecológicas geralmente buscam promover a atividade microbiana no solo, como através do uso de adubos orgânicos, do manejo integrado de pragas e doenças e da rotação de culturas.

## 6.2. FUNÇÕES DO SOLO

O solo desempenha diversas funções na agroecologia, algumas das quais incluem:

- **Fornecer nutrientes às plantas:** o solo é responsável por fornecer os nutrientes necessários para o crescimento das plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio. Uma boa qualidade do solo é essencial para que as plantas se desenvolvam de forma saudável.
- **Regular o ciclo hidrológico:** o solo tem um papel importante na regulação do ciclo hidrológico, ajudando a armazenar e liberar água para as plantas e para o ambiente. Solos saudáveis ajudam a evitar a erosão e a reter a água da chuva, contribuindo para a manutenção da biodiversidade.

- **Armazenar carbono:** o solo é um importante reservatório de carbono, sendo um dos principais gases do efeito estufa. Solos saudáveis podem armazenar grandes quantidades de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.
- **Fornecer habitat para a biodiversidade:** o solo é o habitat de uma grande variedade de organismos vivos, como bactérias, fungos, minhocas e outros animais. Esses organismos ajudam a manter a fertilidade do solo e contribuem para a biodiversidade da paisagem agrícola.
- **Regular a qualidade do ar**: o solo pode ajudar a regular a qualidade do ar, absorvendo e filtrando poluentes do ar e produzindo oxigênio por meio das plantas.
- **Sustentação para as plantas:** as raízes das plantas se desenvolvem no solo, fixando as plantas e permitindo que elas cresçam verticalmente. Além disso, o solo fornece suporte físico e nutricional para as plantas, fornecendo água, nutrientes e oxigênio necessários para o seu crescimento saudável. Sem um solo saudável e fértil, as plantas não conseguem crescer adequadamente e podem ficar sujeitas a doenças, pragas e outros problemas que afetam a produção agrícola. Por isso, a conservação e a melhoria da qualidade do solo são

essenciais para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

## 7. SOLOS: COMPOSIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

Os solos são compostos por diferentes **camadas ou horizontes**, que variam em sua composição, estrutura e características físicas, químicas e biológicas. Esses horizontes são identificados por meio da análise morfológica do solo, sendo classificados conforme as letras do alfabeto, como O, A, B, C, E, entre outras.

### 7.1. DESCRIÇÃO DOS HORIZONTES OU CAMADAS DO SOLO

**O horizonte O**, ou horizonte orgânico, é a camada superficial do solo, formada por restos vegetais em diferentes estágios de decomposição. Essa camada é responsável pela manutenção da fertilidade do solo, pois contém matéria orgânica e nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Na agroecologia, é importante preservar e aumentar o horizonte O por meio do uso de técnicas de manejo conservacionista, como a adição de matéria orgânica, cobertura morta e a prática da rotação de culturas.

**O horizonte A** é a camada do solo abaixo do horizonte O, caracterizada pela presença de matéria orgânica misturada com material mineral. Essa camada é importante