

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE DE GRADUAÇÃO TECNOLÓGICA EM
AGRICULTURA FAMILIAR E SUSTENTABILIDADE



MANEJO BIODINÂMICO DO SOLO

3º semestre



Presidente da República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministério da Educação

Fernando Haddad

Ministro do Estado da Educação

Ronaldo Mota

Secretário de Educação Superior

Carlos Eduardo Bielschowsky

Secretário da Educação a Distância

Universidade Federal de Santa Maria

Clóvis Silva Lima

Reitor

Felipe Martins Muller

Vice-Reitor

João Manoel Espina Rossés

Chefe de Gabinete do Reitor

André Luís Kieling Ries

Pró-Reitor de Administração

José Francisco Silva Dias

Pró-Reitor de Assuntos Estudantis

João Rodolfo Amaral Flores

Pró-Reitor de Extensão

Jorge Luiz da Cunha

Pró-Reitor de Graduação

Charles Jacques Prade

Pró-Reitor de Planejamento

Helio Leães Hey

Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa

João Pillar Pacheco de Campos

Pró-Reitor de Recursos Humanos

Fernando Bordin da Rocha

Diretor do CPD

Coordenação de Educação a Distância

Cleuza Maria Maximino Carvalho Alonso

Coordenadora de EaD

Roseclea Duarte Medina

Vice-Coodenadora de EaD

Roberto Cassol

Coordenador de Pólos

José Orion Martins Ribeiro

Gestão Financeira

Centro de Ciências Rurais

Dalvan José Reinert

Diretor do Centro de Ciências Rurais

Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Coordenador do Curso de Graduação Tecnológica em
Agricultura Familiar e Sustentabilidade a Distância

Elaboração do Conteúdo

Zaida Inês Antonioli

Professora pesquisadora/conteudista

Equipe Multidisciplinar de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologias da Informação e Comunicação Aplicadas à Educação - ETIC

Carlos Gustavo Matins Hoelzel

Coordenador da Equipe Multidisciplinar

Cleuza Maria Maximino Carvalho Alonso

Rosiclei Aparecida Cavichioli Laudermann

Silvia Helena Lovato do Nascimento

Ceres Helena Ziegler Bevilaqua

André Krusser Dalmazzo

Edgardo Gustavo Fernández

Marcos Vinícius Bittencourt de Souza

Desenvolvimento da Plataforma

Ligia Motta Reis

Gestão Administrativa

Flávia Cirolini Weber

Gestão do Design

Evandro Bertol

Designer

ETIC - Bolsistas e Colaboradores

Orientação Pedagógica

Elias Bortolotto

Fabrcio Viero de Araujo

Gilse A. Morgental Falkembach

Leila Maria Araújo Santos

Revisão de Português

Andréa Ad Reginatto

Ceres Helena Ziegler Bevilaqua

Máisa Augusta Borin

Silvia Helena Lovato do Nascimento

Ilustração e Diagramação

Camila Rizzatti Marqui

Evandro Bertol

Flávia Cirolini Weber

Helena Ruiz de Souza

Lucia Cristina Mazetti Palmeiro

Ricardo Antunes Machado

Suporte Técnico

Adílson Heck

Cleber Righi

Sumário

INTRODUÇÃO	5
UNIDADE 1 - O SOLO E A SUSTENTABILIDADE DA VIDA	6
1.1 Composição do solo.....	6
1.2 Interações físico-químico-biológicas.....	8
1.3 O solo como um ambiente biologicamente ativo	8
1.4 O que é necessário para manter os organismos do solo	10
UNIDADE 2 - PRODUÇÃO AGRÍCOLA E CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL	14
2.1 Uso do solo e água pelo homem e reflexos na qualidade do ambiente e dos produtos gerados na agropecuária.....	14
2.2 A agroecologia como instrumento para maior harmonia entre o uso e a qualidade do solo e da água.....	20
2.3 É possível produzir alimentos sem contaminar o ambiente?.....	22
2.4 Maior produtividade é sinônimo de maior contaminação do ambiente.....	24
UNIDADE 3 - EQUILÍBRIO ENTRE MICRORGANISMOS E AMBIENTE FÍSICO-QUÍMICO DO SOLO	25
3.1 Atividade biológica como consequência do efeito antrópico do homem.....	26
3.2 Diversidade biológica afetada pelo manejo do solo.....	28
3.3 Manejar a vida do solo como instrumento à produtividade.....	32
UNIDADE 4 - USO DE PLANTAS RECUPERADORAS E DE COBERTURA DO SOLO	34
4.1 Plantas de cobertura ou recuperadoras e seus efeitos sobre condições químicas, físicas e biológicas do solo.....	34
4.2 Características desejáveis e critérios para escolha das plantas de cobertura.....	36
4.3 Ciclagem de elementos	40
4.4 Importância de plantas recuperadoras e de cobertura do solo à manutenção da vida e da capacidade produtiva no solo	41
4.5 Necessidade do uso de plantas de cobertura em sistemas de rotação de culturas.....	43
UNIDADE 5 - USO DE DEJETOS DE ORIGEM ANIMAL: POTENCIAL FERTILIZANTE E DE CONTAMINAÇÃO DO AMBIENTE	44
5.1 Composição dos dejetos de origem animal	44
5.2 Uso racional de dejetos de origem animal, técnicas, orientações e possíveis problemas de uso a longo prazo	49
5.3 Interações com aspectos químicos, físicos e biológicos do solo	51
5.4 Ações conjuntas com segmentos sociais e da agroindústria para compatibilizar os interesses dos produtores e da sociedade no descarte de dejetos.....	52
UNIDADE 6 - SISTEMAS DE CULTIVO COM BASE NOS PRINCÍPIOS DA BIODINÂMICA DO SOLO	55
6.1 Técnicas de manejo do solo visando à sustentabilidade e princípios agroecológicos	55
6.2 Eficiência na geração e utilização de insumos originados na propriedade	57
6.3 Como é possível produzir e ainda melhorar a qualidade dos recursos naturais?	63
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	65

INTRODUÇÃO

Prof^a. Dr. Zaida Inês Antonioli

Prof^a. Dr. Ana Paula Moreira Rovedder

Prof^a Ms. Gerusa Pauli Kist Steffen

Na disciplina de Fundamentos de Ciência do Solo, você pôde compreender que o solo é um sistema poroso constituído de três fases: a fase sólida, a líquida e a gasosa. Além disso, o solo é um meio dinâmico que reveste a superfície terrestre como se fosse uma pele revestindo um corpo e está em constante construção ao longo do tempo.

Na presente disciplina, Manejo Biodinâmico do Solo, você precisará lembrar dos conceitos e funções que o solo exerce na natureza e nos sistemas de produção.

A biodinâmica do solo tem sua origem na Alemanha com os trabalhos de Rudolf Steiner que tinham como princípios o uso de compostos e a utilização de preparados biodinâmicos na produção agrícola. Com isso, pode-se obter uma maior resistência das plantas ao ataque de fungos, bactérias, vírus e outros organismos, bem como o favorecimento populacional da biota do solo.

A palavra biodinâmica nos remete ao conjunto de interações entre os diferentes componentes bióticos e abióticos que compõem um sistema biológico e nos lembra da velha máxima de que na natureza nada se perde, tudo se transforma. Essa transformação é justamente o conjunto de processos biodinâmicos que ocorrem em ecossistemas naturais ou em agroecossistemas.

Quando falamos em manejo biodinâmico do solo, estamos nos referindo a manejarmos essas interações, aproveitando seu potencial produtivo, com o objetivo de obter-se produção vegetal, seja de alimentos, fibras, madeira, etc.

No transcurso desta disciplina, vamos entender o que é um solo biologicamente ativo e o que é necessário para manter essa condição, além de práticas que podem ajudar a produção agrícola a ser mais sustentável e a produzir alimentos mais saudáveis, como a adubação orgânica e a agroecologia. Uma boa leitura e bom estudo!

Para recordar!

Um dos conceitos de solo mais aceitos mundialmente é o proposto pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). De acordo com esse conceito, o solo é um corpo natural composto das fases sólida, líquida e gasosa, que ocupa espaço na superfície terrestre e distingue-se do material de origem por apresentar horizontes e camadas formados a partir de adição, perda, transferência e transformação de matéria e energia e, além disso, é capaz de suportar o desenvolvimento de sistemas radiculares.

UNIDADE 1

O SOLO E A SUSTENTABILIDADE DA VIDA

Objetivos da Unidade

- Descrever e caracterizar a composição do solo;
- Relacionar os fatores químicos, físicos e biológicos constituintes do solo;
- Apresentar a importância da biota para o solo.

1.1 Composição do solo

O solo é composto pela mistura de minerais, matéria orgânica e água, possibilitando a vida de microrganismos, animais e vegetais. É o produto final da ação dos processos físicos, químicos e biológicos sobre as rochas.

Em sua composição, o solo apresenta três fases, sendo uma fase sólida, uma líquida e uma gasosa. A fase sólida é composta por uma fração de origem mineral, formada, basicamente, por partículas de areia, silte e compostos argilosos e por uma fração orgânica, formada pela matéria orgânica do solo (MOS). De uma maneira geral, a fração sólida do solo é constituída de 5% de matéria orgânica e aproximadamente 95% de material mineral (Figura 1.1).

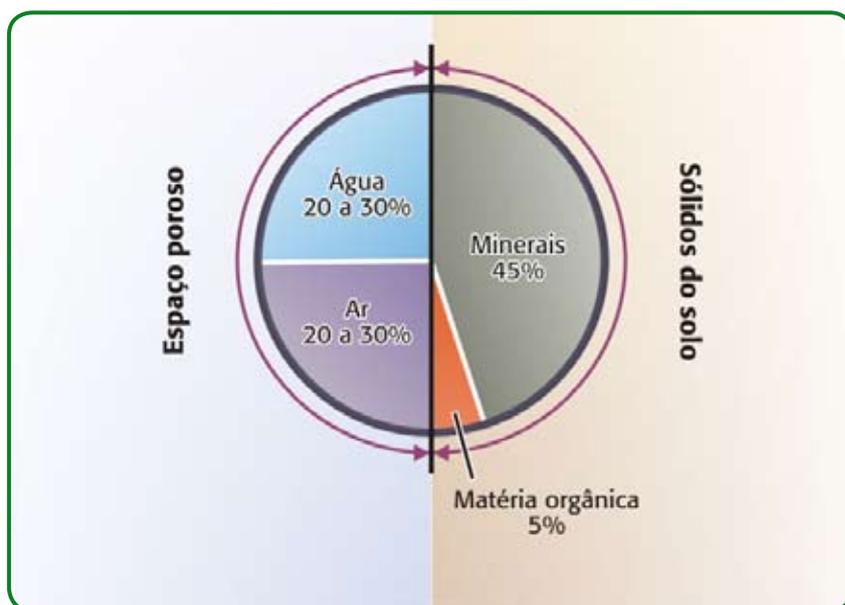


Figura 1.1 – Constituição do solo (Fonte: Adaptado de Azevedo & Dalmolin, 2006).

Os minerais mais abundantes na fração mineral da fase sólida são, em ordem decrescente, feldspatos, piroxênios e anfibólios, quartzo, olivinas, micas e clorita, entre outros. Já os argilominerais mais comuns são os expansivos como as esmectitas e vermiculitas, os não expansivos, como a caulinita e os óxidos de ferro, alumínio e manganês.

Na fração orgânica da fase sólida, encontram-se as cadeias carbônicas que vão desde complexos pouco estáveis como a biomassa microbiana e as **biomoléculas não húmicas** até complexos de maior estabilidade como os **ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas**.

A fase líquida, que também pode ser chamada de água no solo ou solução do solo, é composta basicamente por água e seus solutos. Entre estes, os principais são os nutrientes, cuja concentração irá influir na capacidade produtiva do solo. A fase líquida é a que possibilita o deslocamento dos elementos e, desta forma, sua aproximação às raízes para absorção pelas plantas.

Portanto, as plantas não precisam “encostar” na fase sólida para absorverem nutrientes, estes são retirados por elas diretamente da água do solo.

A fase gasosa, também chamada de atmosfera do solo, é composta por diversos gases, entre os quais predominam oxigênio (O_2), gás carbônico (CO_2) e nitrogênio (N_2) (Figura 1.2). Como você pode notar, são os mesmos gases que se encontram na atmosfera terrestre, o que muda é a concentração em que ocorrem. Tanto na atmosfera do planeta quanto na do solo predomina o N_2 . O que diferencia significativamente uma da outra é a concentração de CO_2 que ocorre em torno de 0,03% no ar terrestre e 0,9% no solo.

A GLOSSÁRIO

Biomoléculas não húmicas são substâncias orgânicas sintetizadas e excretadas por organismos vivos (microorganismos e vegetais) como carboidratos (glicose, galactose, celulose, hemicelulose), resinas, aminoácidos (glicina, lisina), gorduras, ácido cítrico, ácido oxálico, lignina. Este grupo compõe de 5 a 25% da MOS e é facilmente atacado por microorganismos, apresentando, portanto, baixa estabilidade. Atuam na agregação do solo e complexação de metais pesados.

Ácidos húmicos, fúlvicos e huminas são conhecidos genericamente como substâncias húmicas, ou seja, produtos do processo de humificação, o que os torna altamente estáveis no solo. Constituem a maior parte da MOS e são altamente reativos. Por terem estrutura complexa, não são facilmente atacadas por microorganismos, acumulando-se no solo.



Figura 1.2 – Interações entre as fases da composição do solo.

As três fases interagem entre si através de interações elétricas e ligações químicas. Sendo assim, cátions como potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), por exemplo, podem ligar-se às cargas negativas da fração sólida e deslocar-se destas para a solução do solo sendo transportados por fluxo de massa e difusão. Da mesma forma, o nitrogênio pode encontrar-se constituindo a fase sólida (principalmente na fração orgânica da fase sólida), sendo deslocado na solução do solo ou na forma de gás nitrogênio e óxidos nitrosos na fase gasosa.

A interação entre as fases do solo constitui-se, portanto, de uma dinâmica essencial aos processos químico-físicos e biológicos que tornam o solo um sistema ativo, capaz de realizar trocas com os outros sistemas ao seu redor, e que desempenha funções fundamentais para a existência da vida no planeta.

1.2 Interações físico-químico-biológicas

Para entendermos a biodinâmica do solo, é fundamental que se entenda sua natureza químico-física e como esta influi sobre os organismos do solo.

Nos mais variados ambientes do solo, os fatores químicos e físicos governam a atividade biológica. Os fatores físicos envolvem a temperatura, pressão osmótica, tensão superficial, viscosidade, radiação (visível, ultravioleta e ionizante), fenômenos de adsorção e restrições espaciais. Os fatores químicos a se considerar são: atividade da água, pH, qualidade e quantidade de nutrientes orgânicos e inorgânicos, composição gasosa, substâncias promotoras e inibidoras do crescimento e os potenciais de oxi-redução. Assim, cada espécie apresentará um ótimo para cada fator químico ou físico de crescimento.

Como a abundância de organismos está relacionada à disponibilidade de material orgânico, a biomassa do solo e a maioria dos grupos de organismos e microrganismos decrescem com o aumento da profundidade. Existem algumas exceções, como no caso da turfa e solos de floresta, em que geralmente a manta superficial pode gerar acidez, aumentando a população de organismos ácido-tolerantes em profundidade.

1.3 O solo como um ambiente biologicamente ativo

O solo é um sistema terrestre que respira, pois aspira oxigênio e libera gás carbônico. Os seres vivos deste são componentes que modificam e influenciam as características do mesmo, e são mutuamen-

te influenciados. O solo apresenta uma riqueza de organismos vivos composta por insetos, protozoários, anelídeos (minhocas), nematóides, raízes, algas, fungos, bactérias, entre outros (Figura 1.3). Esta biota é permanente no solo e passa uma ou mais fases de seu ciclo de vida no solo ou na **serrapilheira**. Como todo ser vivo, esses organismos necessitam de condições básicas para se desenvolverem, como disponibilidade de água e oxigênio, temperatura e intensidade de luz adequadas e fontes de alimento apropriados. Um solo que apresenta boas condições químicas, físicas e biológicas está apto a disponibilizar tais condições e, conseqüentemente, sua biota se encontra em equilíbrio, exercendo seus variados serviços sistêmicos. Essa participação da biota do solo é fundamental para o bom funcionamento em ecossistemas naturais e para a manutenção do seu potencial produtivo em agroecossistemas. Portanto, os solos cultivados precisam têm que se apresentar biologicamente ativos para manter sua capacidade de produzir ao longo do tempo.

A GLOSSÁRIO

Serrapilheira ou serapilheira é a camada formada por restos orgânicos vegetais que se depositam sobre o solo abaixo de uma cobertura florestal, composta por folhas, ramos, caules, cascas, entre outros. Ao se decompor, contribui para o aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo.

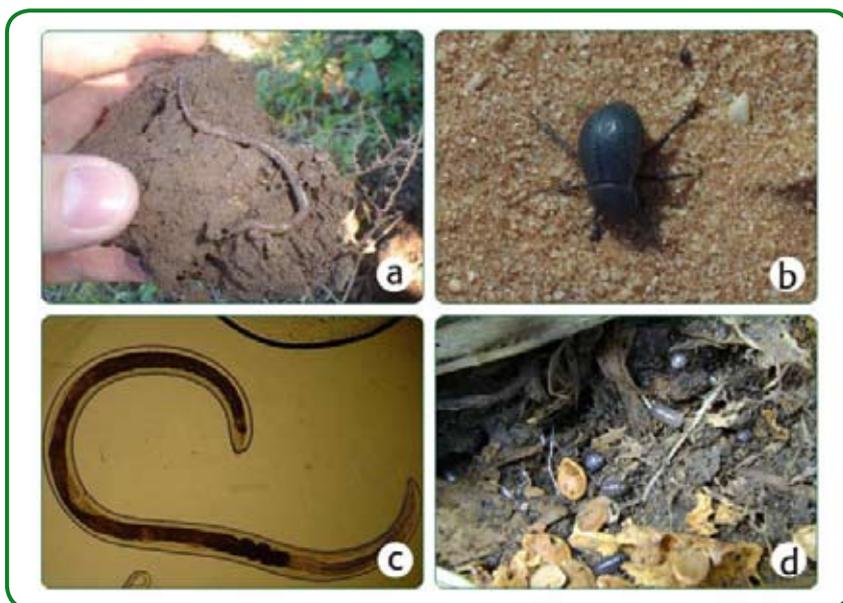


Figura 1.3 - Exemplos de organismos que vivem no solo: minhocas (a), coleópteros (b), nematóides (c) e isópodos (d) (Fotos a, c, d: R. B. Steffen, 2008; Foto b: A. P. M. Rovedder, 2007).

Como exemplo de sistemas agrícolas biologicamente ativos, podemos citar o plantio direto e o manejo orgânico, os quais provocam uma pequena perturbação física no solo, apresentando grande diversidade de organismos, reduzida entrada de insumos químicos e grande incremento de matéria orgânica. Estas condições favorecem a biota do solo, oferecendo melhores condições para seu desenvolvimento e favorecendo os processos biológicos que ocorrem nesses sistemas. Esses modelos de produção agrícola são importantes, pois ajudam

na compreensão e estabelecimento de uma agricultura sustentável e biodinamicamente ativa.

Em sua constituição, o solo apresenta um grande número de microrganismos, podendo-se encontrar 200 metros de hifas de fungos por grama de solo. Sabe-se que apenas de 1 a 3% dos microrganismos do solo estão identificados e classificados, e grande parte da mesofauna do solo ainda não foi identificada e classificada em nível de espécies.

Na constituição do solo, existe um grande número de enzimas devido à ação dos organismos edáficos. Essas **enzimas** oferecem um espectro da respiração do solo indicando a atividade biológica de organismos. As enzimas mais utilizadas são a urease, fosfatase, desidrogenase e a celulase.

Em alguns solos com baixa fertilidade, tem-se dado ênfase à utilização de organismos para auxiliar no incremento de nitrogênio e/ou fósforo. A utilização de bactérias para fixação biológica de nitrogênio atmosférico tem ajudado a aumentar a produtividade, principalmente com o uso de leguminosas nas rotações de cultura.

O aproveitamento dos fungos micorrízicos, que favorecem a melhor utilização do fósforo presente no solo, contribui para oferecer uma maior resistência da planta ao estresse hídrico, doenças e pragas, proporcionando maior produtividade. As plantas normalmente formam associação micorrízica na natureza, e quando esta simbiose é utilizada em sistemas produtivos, pode elevar a produtividade em até 60%.

A biota do solo também é regida pela lei do mais forte, sendo que isso mantém as populações sempre ativas e, em condições normais do potencial físico, químico e biológico do solo, tem-se um equilíbrio entre populações de organismos, o que mantém o solo ativo e produtivo.

1.4 O que é necessário para manter os organismos do solo

Para mantermos os organismos no solo, é importante otimizar a relação entre a biota e o ambiente, aumentando a eficiência da relação planta-organismo-solo. O potencial de um solo ser habitado pela biota depende de sua capacidade energética. Esta capacidade ocorre na forma de carbono, cujas origens podem ser materiais orgânicos em decomposição (restos de vegetais, animais mortos, etc.), dejetos de animais, fungos, bactérias, micro e mesofauna do solo. Sabe-se que quanto maior a quantidade de alimento presente no solo, isto é, material orgânico, maior será a população e a diversidade de sua biota.

A ocorrência de organismos no solo está relacionada às condições

A GLOSSÁRIO

Enzimas são proteínas capazes de catalisar reações biológicas.

ambientais e à constituição genética destes indivíduos. Os organismos podem sobreviver de forma inativa (dormência inerente ou imposta pelas condições ambientais) ou ativa, atuando como saprófitas, parasitas, simbiontes ou comensalistas.

Em resumo, a presença da biota no solo está relacionada aos seguintes fatores:

- ciclo de vida, dormência e estrutura de sobrevivência dos organismos no solo;
- estrutura e organização do microhabitat ou habitat;
- condições de sobrevivência;
- competitividade e saprofitismo;
- flutuações populacionais.

Para que as populações de organismos do solo se mantenham equilibradas e cumprindo suas funções, são indispensáveis determinados fatores básicos à sobrevivência da vida como alimentação, disponibilidade de água, temperatura adequada, presença de oxigênio, entre outros (Figura 1.4).



Figura 1.4 – Interações que ocorrem no sistema solo.

Limitações naturais ou impostas por modificações externas podem reduzir a diversidade de organismos e desequilibrar suas populações. As comunidades do solo são profundamente alteradas por atividades antrópicas, geralmente, notando-se uma correlação entre o desequilíbrio populacional e a carência de sustentabilidade em muitos sistemas

agrícolas.

Para a manutenção da biota no solo, é importante considerarmos alguns fatores importantes, tais como: temperatura, umidade, luminosidade, textura, porosidade, manejo do solo, qualidade do alimento, tipo de vegetação e interações com os demais organismos presentes no ecossistema (Figura 1.5).

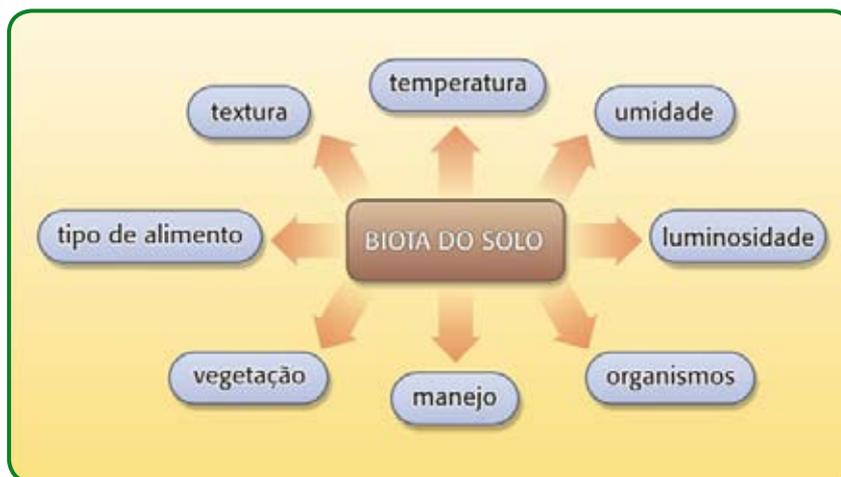


Figura 1.5 – Fatores que interferem na manutenção da biota do solo.

Em ecossistemas naturais que não sofrem a interferência do homem, como florestas nativas, por exemplo, a natureza se encarrega de manter o equilíbrio biodinâmico entre ambiente, animais e plantas. Nesses locais, o solo abriga uma grande diversidade de organismos de diversos tamanhos e diferentes espécies. Os organismos maiores, como minhocas, formigas, ácaros, aranhas, escorpiões e gafanhotos, alimentam-se das folhas e partes das plantas presentes na floresta. Os microrganismos, como bactérias e fungos, alimentam-se dos resíduos orgânicos fragmentados pelos organismos maiores, transformando-os em material orgânico em avançado estágio de decomposição, o qual apresenta nutrientes que servem de alimento para as plantas continuarem crescendo. O equilíbrio dinâmico das florestas é assegurado, essencialmente, pela relação existente entre a alimentação das populações e o ritmo dos fatores ecológicos, os quais irão garantir a manutenção da produtividade dos ecossistemas, de modo a proporcionar condições de vida para todos os seres que dependem diretamente desse ambiente. Dessa forma, observa-se que a sobrevivência da floresta depende da perfeita interação entre os animais, os vegetais e o solo.

Nesses tipos de ecossistemas naturais, as relações das cadeias tróficas são bastante complexas, pois dependem das interações de um número considerável de vegetais e animais em todos os níveis, que se controlam mutuamente, formando uma cadeia alimentar grande

e complexa. Quando ocorre a morte de vegetais (produtores) e de organismos (consumidores), uma significativa quantidade de material orgânico retorna ao solo, formando a serrapilheira. Esta camada de resíduos orgânicos que fica na superfície do solo serve de alimento para organismos saprófagos, os quais vivem na interface serrapilheira-solo. Ácaros, colêmbolos, coleópteros, algumas espécies de nematóides, fungos e bactérias são alguns exemplos de organismos saprófagos, os quais participam ativamente do acelerado processo de decomposição dos resíduos produzidos pelas espécies florestais, e são os grandes responsáveis pela ciclagem de nutrientes. E é através desse processo que os vegetais convertem os nutrientes absorvidos por suas raízes em tecidos vegetais para alimentar a fauna herbívora, mantendo o equilíbrio biodinâmico em sistemas naturais.

Em sistemas agrícolas, modificados pela ação antrópica, o equilíbrio biodinâmico natural é prejudicado, pois a produção de plantas depende da adição de fontes externas de nutrientes. Nesses ambientes, da mesma forma que em sistemas naturais, há atividade biológica de micro e macrorganismos, os quais atuam na ciclagem de nutrientes. No entanto, estes sofrem a interferência do manejo do solo, como revolvimentos intensos e periódicos, adição de substâncias nocivas, trânsito de máquinas, entre outras, o que reduz a intensidade e qualidade dos serviços sistêmicos que prestam ao meio ambiente.

Sabendo-se disso, para que um solo mantenha sua qualidade biológica e capacidade produtiva, deve ser manejado de forma adequada, através da adoção de práticas que produzam o mínimo de perturbações no sistema, como é o caso dos preparos conservacionistas, que visam à conservação do solo e dos organismos que o habitam.

ATIVIDADE

Para realizar a atividade sobre a Unidade 1, entre em contato com o professor da disciplina.

UNIDADE 2

PRODUÇÃO AGRÍCOLA E CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

2.1 Uso do solo e água pelo homem e reflexos na qualidade do ambiente e dos produtos gerados na agropecuária

O solo está intimamente relacionado ao ciclo da água no planeta (Figura 2.1). Se não tivéssemos o meio poroso que é o solo, recobrimo a superfície terrestre, a água que cai das chuvas não teria como infiltrar e ser armazenada. Neste caso, toda a água ficaria na superfície e evaporaria rapidamente, acelerando o processo de retorno à atmosfera na forma de vapor e reduzindo o tempo de permanência no planeta em seu estado líquido. Consequentemente diminuiria a possibilidade de sua utilização pelos seres vivos.

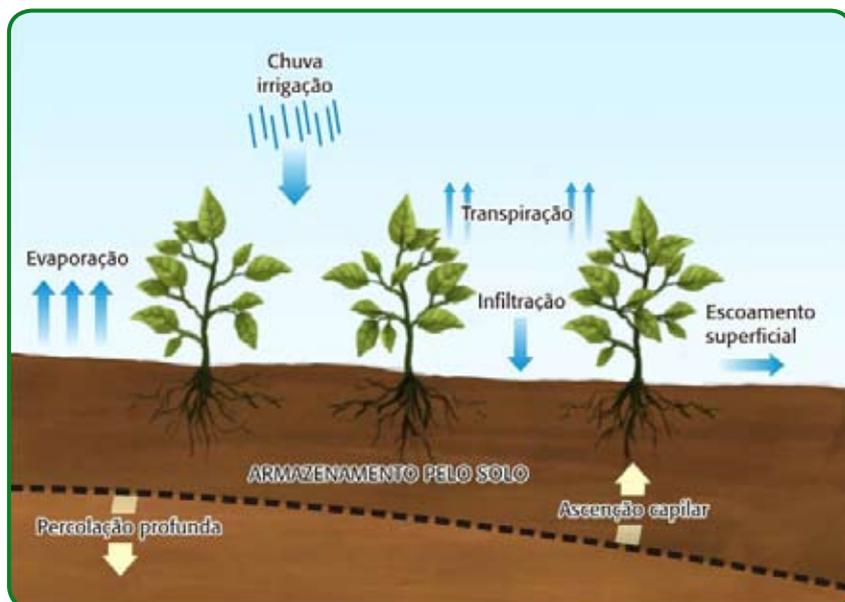


Figura 2.1 - Os componentes do ciclo da água.

Como o solo é um sistema aberto, ele troca matéria e energia com os demais sistemas. Uma das matérias trocadas é a água, que sai da atmosfera e entra no solo e vice-versa, por exemplo. Com isso, esse líquido tão precioso pode entrar na superfície do planeta através da infiltração e ser armazenado em lençóis freáticos e aquíferos. Portanto, a presença do solo no planeta foi tão decisiva para a vida na Terra quanto à existência de água.

Como solo e água estão intimamente ligados, podemos concluir que tudo o que se faz ao solo estará influenciando a qualidade e quantidade de água disponível aos seres vivos. Além das condições naturais, o tipo de manejo em sistemas de produção também será um fator de influência (Figura 2.2). O revolvimento do solo, a aplicação de agrotóxicos, o uso de produtos orgânicos como esterco animal e lodo de esgoto, o processo de compactação do solo, entre outros, estarão atuando tanto no solo quanto na água.



Figura 2.2 – Fatores que afetam a quantidade e qualidade de água no solo.

Infelizmente, os resultados dos sistemas de produção agropecuária não são apenas os alimentos e outros produtos desejáveis. Quando práticas de manejo são realizadas de forma inadequada, contribuem para a degradação desses recursos naturais.

Entre os erros mais comuns podemos citar o uso prolongado de práticas de revolvimento do solo como aração e gradagem. Estas pulverizam os agregados e levam à perda da estrutura do solo, o que resulta em compactação e selamento superficial que prejudicam a infiltração da água.

Com a redução da infiltração da água, diminui a recarga dos lençóis freáticos e aquíferos e, conseqüentemente, diminui o armazenamento de água no planeta.

Outra forma de relação entre uso inadequado do solo e água em sistemas produtivos é a desconsideração de áreas de proteção permanente, como as margens dos cursos de água. A retirada da vegetação expõe as margens à ação da erosão e do próprio movimento do fluxo hídrico, levando ao solapamento, ou seja, as margens não agüentam a pressão das enxurradas e enchentes e caem para dentro dos rios

(Figura 2.3). Os sedimentos são levados pela correnteza e se depositam nos locais de menor velocidade da água. A continuidade desses processos leva ao assoreamento dos rios, comprometendo a distribuição de água para lavouras e cidades, a qualidade da água, a pesca e a navegação.



Figura 2.3 - Solapamento da margem de curso hídrico devido à retirada da cobertura vegetal (Foto: A. P. M. Rovedder, 2007).

Em termos químicos, a contaminação do solo e da água pode se dar pela adição de produtos como agrotóxicos, dejetos orgânicos não tratados adequadamente e uso intensivo de adubos minerais.

Agrotóxicos como pesticidas, fungicidas e herbicidas possuem componentes com metais pesados, compostos fenólicos e outros, de difícil degradação no meio e que acabam contaminando solo e água, prejudicando o desenvolvimento da vegetação ou até mesmo levando à morte de organismos. Ao serem aplicados, podem ser levados para as águas superficiais e subterrâneas, contaminando-as. Essas águas, por sua vez, são utilizadas para consumo humano, produção agrícola e pelos ecossistemas naturais, entrando na cadeia alimentar. Diversas doenças, assim como a degradação dos ecossistemas e a redução da qualidade dos alimentos estão associadas à ingestão de moléculas provenientes de agrotóxicos.

O uso de adubos minerais acima da capacidade destes serem absorvidos pelas plantas ou retidos nas cargas elétricas do solo também é outra forma de contaminação, cujo exemplo mais conhecido é a eutrofização das águas. Esse processo ocorre devido ao excesso de nitrogênio e, em menor escala, de fósforo em açudes, lagos e estuários. As algas aquáticas utilizam-se desta abundância de nutrientes e passam

a se reproduzir rapidamente, o que acaba levando a uma superpopulação de algas. Essa superpopulação, por sua vez, necessitará de muito oxigênio, o qual é extraído da própria água, ocasionando o aumento da chamada demanda biológica de oxigênio (DBO). Com isso, diminui a quantidade de oxigênio disponível para as demais formas de organismos aquáticos, as quais não conseguem sobreviver. Como resultado, temos os desastres ambientais como a mortandade de peixes.

Outra forma de contaminação é o despejo de dejetos orgânicos diretamente no solo. Tais dejetos, quando tratados devidamente, podem ser utilizados com eficiência na forma de adubos orgânicos. Porém, seu uso sem o tratamento prévio pode levar à contaminação do solo e da água por metais pesados como chumbo (Pb), cádmio (Cd) e cobre (Cu), além de patógenos como protozoários, vermes e bactérias.

Quando esses problemas ocorrem intensamente e em grandes áreas, temos o impacto em relação a toda uma microbacia ou até mesmo, a uma bacia hidrográfica inteira (Figura 2.4).



Figura 2.4 - O uso inadequado do solo e da água gera degradação ambiental e perda de áreas produtivas. (Fotos: (a) A. P. M. Rovedder, 2008, (b) R. B. Schenato, 2007).

No solo, a molécula de um determinado agrotóxico pode ser retida pelos colóides minerais e orgânicos e, a partir de então, passar para formas indisponíveis ou ser novamente liberada para a solução

? VOCÊ SABIA?

Qual é a diferença entre degradação ambiental e impacto ambiental?

O termo degradação ambiental refere-se a efeitos negativos sobre a qualidade do ambiente, enquanto o termo impacto ambiental pode estar se referindo tanto a impactos negativos quanto positivos. Um exemplo: o aumento de diversidade biológica em um fragmento de mata nativa devido a um processo de reintrodução de espécies é um impacto ambiental positivo.

do solo, através de um processo denominado dessorção. A molécula também pode ser transformada em outras, chamadas de produtos de transformação ou metabólitos. Para muitas moléculas de agrotóxicos, o ponto final dessa transformação é a mineralização a gás carbônico, água e íons minerais, o que acontece normalmente, via ação de microrganismos. Quando a molécula se encontra na solução do solo, pode ser absorvida pelo sistema radicular das plantas, lixiviada para camadas mais profundas do perfil do, podendo atingir águas subterrâneas, ou ainda ser volatilizada. Todos esses processos ocorrem simultaneamente no solo, em intensidades diferentes (Figura 2.5).

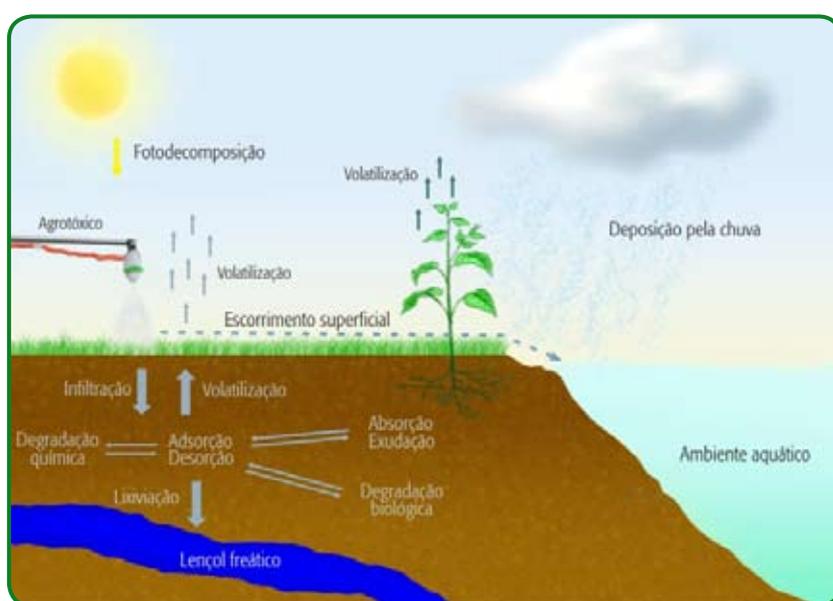


Figura 2.5 - Representação dos processos que podem ocorrer com uma molécula de agrotóxico a partir do momento em que é adicionada ao sistema solo. (Fonte: R. B. Steffen & G. P. K. Steffen, 2008 - Adaptado de Lavorenti et al., 2003).

Após a aplicação dos agrotóxicos nas culturas, o destino das moléculas desses produtos será determinado pela retenção, transporte e/ou transformação desses compostos químicos liberados no meio ambiente. A retenção, o transporte e, indiretamente, a transformação são processos basicamente influenciados pelo fenômeno da sorção. Este fenômeno decorre da partição do agrotóxico entre a fase sólida e a solução do solo, sendo dependente das propriedades físico-químicas dos colóides do solo e do agrotóxico.

Alguns atributos do solo são importantes para determinar o potencial de produtos químicos em contaminar aquíferos subterrâneos, entre eles, o tipo de solo. Sua estrutura, textura, agregação e capacidade de infiltração e armazenamento de água podem determinar a percolação em profundidade. Solos argilosos, profundos e bem es-

triturados representam uma barreira físico-química à percolação de água em profundidade e, conseqüentemente, limita o arraste de contaminantes.

O uso abusivo de agrotóxicos, além da contaminação do solo e da água, também compromete a qualidade do produto agropecuário. Alimentos ricos em nitrito ou nitrato, por exemplo, são precursores das nitrosaminas, substâncias cancerígenas relacionadas ao câncer de estômago.

Já está comprovado também que o contato direto e indireto com agrotóxicos, como na aplicação ou na ingestão de alimentos e água contaminados, é um dos causadores de diversos tipos de câncer, mesmo nas populações não diretamente relacionadas com seu uso. Os principais tipos de cânceres relacionados ao contato, principalmente com pesticidas organoclorados, são os do tipo **hormônio-dependentes**, como o câncer de mama, testículo, ovário, próstata e tireóide.

Outros problemas relacionados ao contato ou ingestão repetida de moléculas presentes em agrotóxicos são: infertilidade, mal-formação congênita, doenças da tireóide, etc. A Figura 2.6 apresenta as possíveis trajetórias de contaminantes do solo e água ao atingir vegetação, animais e populações humanas.

A GLOSSÁRIO

Câncer do tipo **hormônio-dependente** é aquele relacionado à desregulação endócrina, potencializada pelos compostos dos agrotóxicos.



Figura 2.6 - Contaminação de plantas, animais e populações humanas via solo e água contaminados. (Fonte: R. B. Steffen & G. P. K. Steffen, 2008).

2.2 A agroecologia como instrumento para maior harmonia entre o uso e a qualidade do solo e da água

Como você pode ver, a produção agropecuária pode se tornar insustentável à medida que degrada seus próprios recursos de produção como o solo e a água. Esses processos de degradação acentuaram-se muito após a Segunda Guerra Mundial, a partir da Revolução Verde. Mais recentemente, a necessidade de se produzir cada vez mais para atender ao aumento da população e do consumo mundial, intensificou a degradação.

A situação tornou-se tão grave que gerou a busca por alternativas de produção mais sustentáveis, que permitissem uma relação mais harmoniosa entre a sociedade humana e os recursos naturais, ao mesmo tempo em que atendessem à demanda por alimentos e mantivessem a qualidade dos recursos naturais para as futuras gerações. Uma das alternativas mais difundidas e pesquisadas é a agroecologia. A agroecologia tem sido definida de diversas formas, de acordo com o propósito com que é aplicada. De maneira mais ampla, podemos defini-la como uma ciência multidisciplinar que congrega uma série de metas e técnicas voltadas ao desenvolvimento da agricultura ecológica e ao desenvolvimento rural, com base nos princípios da sustentabilidade.

A agroecologia tem por princípios básicos a redução da entrada de insumos externos no sistema produtivo, preservando ou até mesmo melhorando a fertilidade do solo e a qualidade e uso da água a partir do manejo dos mecanismos naturais, tais como o ciclo da água e o ciclo de nutrientes e da interação entre seus diversos componentes. Para que a produção agroecológica possa se efetivar, é necessário entender a área produtiva como um **agroecossistema**. O conceito de agroecossistema engloba as relações entre os fatores ambientais e de produção não apenas dentro da gleba cultivada, mas também com o ambiente em torno. Ou seja, do ponto de vista agroecológico, tudo que se faz dentro da lavoura vai influenciar as matas, as fontes de água, os rios, animais, solo e pessoas ao seu redor e vice-versa.

Tais relações, se mantidas em equilíbrio como preconiza a agroecologia, permitem a manutenção dos fluxos de matéria e energia em um agroecossistema, fazendo com que este se torne sustentável do ponto de vista social, econômico e ecológico. Ao contrário, na agricultura convencional, a simplificação do aspecto produtivo, a partir da dependência deste a insumos externos (adubos e agrotóxicos) adicionados a cada rotação, desequilibra os ciclos naturais e torna o sistema de produção insustentável (Tabela 2.1 e Figura 2.7).

Tabela 2.1 – Comparativo entre agricultura convencional e agroecologia.

Agricultura convencional	Agricultura agroecológica
<ul style="list-style-type: none"> - Altamente dependente de insumos externos; - Uso intensivo de agrotóxicos; - Adubação mineral ou orgânica; - Dependente de alteração radical ou de controle de fatores ambientais; - Mecanização intensiva de baixa valorização do agricultor no agroecossistema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa entrada de insumos externos; - Ausência de agrotóxicos; - Adubação orgânica; - Tolerância às condições locais e valorização dos impactos positivos dos fatores ambientais como ciclagem de nutrientes, associação simbiótica benéficas e outros; - Valorização do saber tradicional e do papel do agricultor no agroecossistema.

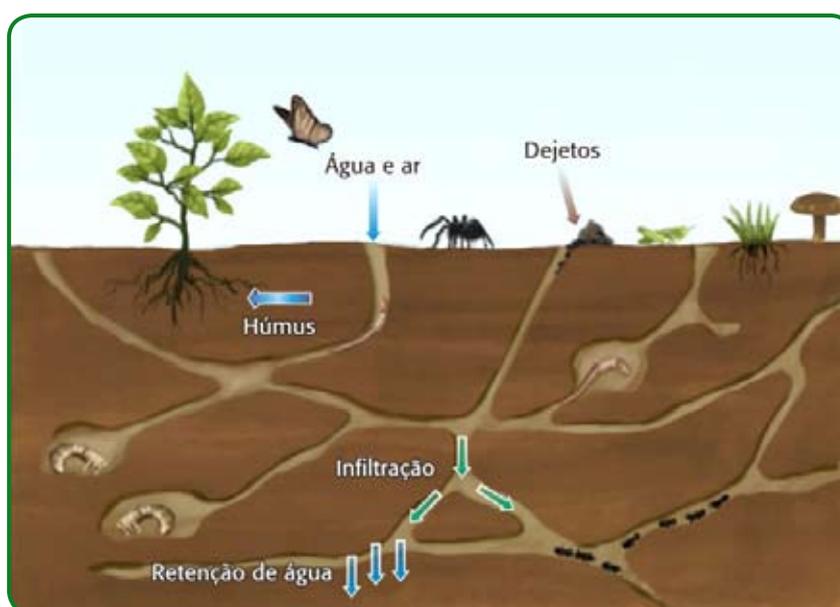


Figura 2.7 - Interações entre os componentes de um agroecossistema e os fluxos de matéria e energia. (Fonte: R. B. Steffen, 2008).

Uma característica importante nos sistemas agroecológicos é a valorização do próprio agricultor. Este é visto como o componente manejador do sistema e deve conhecer as interações entre os componentes naturais do agroecossistema e dominar formas de manejá-los agroecologicamente.

A ausência de agrotóxicos e a valorização das interações ecológicas do agroecossistema trazem resultados positivos como o aumento do conteúdo de matéria orgânica, intensificação das interações simbióticas benéficas com fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio, uma maior diversidade e equilíbrio das populações de

organismos e outros.

As práticas agroecológicas favorecem a presença de uma rica biota do solo que se beneficia da ausência de agrotóxicos e da entrada e manutenção de altas quantidades de material orgânico, que serve como fonte de nutrientes e abrigo para suas populações. Como esta biota desempenha funções importantes na qualidade do solo, os solos de sistemas agroecológicos apresentam um alto nível de qualidade química, física e biológica, realizando seus processos e funções de maneira equilibrada.

Entre as funções desempenhadas pelos organismos do solo se destacam a decomposição e estabilização da matéria orgânica, disponibilização e ciclagem de nutrientes, funções físicas como **agregação e produção de poros biológicos**, entre outras. Essas funções são essenciais para um bom funcionamento do solo e para produtividade dos agroecossistemas.

Se compararmos com sistemas da agricultura convencional, o uso de agrotóxicos tende a reduzir as populações de organismos e, conseqüentemente, prejudicar as funções exercidas por estes. Além disso, se a agricultura convencional estiver baseada no revolvimento do solo, podem acontecer problemas físicos como compactação e selamento superficial, que favorecem os processos de erosão. Se não houver rotação de culturas, tem-se também o aumento da incidência de pragas e doenças.

A aplicação dos princípios agroecológicos melhora a qualidade e a eficiência de uso do solo e da água, diminui os riscos e a intensidade de dano por doenças e ataques de pragas e aumenta a qualidade do alimento produzido.

A agroecologia não significa um abandono das tecnologias modernas e retorno às práticas primitivas de produção, mas, sim, uma nova abordagem do conhecimento adquirido pela ciência na tentativa de se produzir de forma mais equilibrada, preservando os próprios recursos de produção e obtendo alimentos mais saudáveis.

2.3 É possível produzir alimentos sem contaminar o ambiente?

O ser humano produz seus próprios alimentos desde que deixou de ser um caçador-coletor para se tornar um agricultor. À medida que foi descobrindo melhores técnicas de produção, passou a produzir maior volume de alimentos e com isso aumentou sua população e sua expectativa de vida.

Para produzir seus alimentos a partir dos agroecossistemas, o ser humano se apropria de uma parte da demanda líquida de biomassa dos ecossistemas. A demanda líquida de biomassa consiste na quantidade de

+ SAIBA MAIS

Uma boa agregação do solo é responsável pela retenção e disponibilização de água para as plantas, por uma boa porosidade, disponibilizando oxigênio, e pela proteção da MOS, que libera gradualmente seus nutrientes pela ação dos microorganismos. Os poros biológicos são importantes para infiltração de água no solo, por serem mais contínuos e estáveis, contribuindo para a recarga de aquíferos e lençol freático.

biomassa produzida pelos ecossistemas para a manutenção de seu equilíbrio ecológico. Quer dizer que a biomassa produzida deve sustentar suas teias alimentares, percorrendo um caminho que parte dos organismos autotróficos até o último nível da cadeia alimentar, geralmente composto por grandes animais carnívoros.

Quando o ser humano utiliza os ecossistemas naturais ou substitui estes por agroecossistemas para produzir seus alimentos, ele está se apropriando de uma fatia desta produção de biomassa planetária para poder também sobreviver. Contudo, com o grande aumento populacional e do nível de consumo desde o último século, a fatia retirada pela sociedade humana tem sido tão grande que não se tem deixado a quantidade necessária de biomassa e energia para que os ecossistemas se mantenham. Com isso, acaba-se com a própria fonte de biomassa que além de sustentar os ecossistemas, sustenta a própria sobrevivência da raça humana.

Para se atingir tão elevado padrão de exigência em consumo, lançou-se mão do desenvolvimento científico e tecnológico, que se expressou mais decisivamente na Revolução Verde, em meados da década de 1950. A partir da Revolução Verde foram geradas toda uma gama de moléculas, de produtos industrializados e de componentes químicos para serem usados no intuito de se elevar a produtividade e a produção agrícola mundial. Dessa forma, os agrotóxicos passaram a ser usados indiscriminadamente e o resultado disso pode ser atestado nas décadas seguintes pelo aumento de problemas de saúde humana, aumento da resistência de pragas e doenças, etc. Estes efeitos foram consequência da contaminação do solo e água e da difusão desta através das cadeias alimentares.

Felizmente, esta alarmante realidade gerou reações no caminho inverso e o surgimento da agroecologia como prática agrícola é um dos exemplos de resultados desta reação da consciência humana.

Contudo, toda ação produtiva gera um determinado impacto que, logicamente, deve ser minimizado, mas, que é quase impossível de ser evitado. Desta forma, algumas práticas agroecológicas também recebem críticas quanto as suas possibilidades de levar a determinados impactos no ambiente. Vejamos alguns exemplos:

- Como a agroecologia não admite a entrada de agrotóxicos, a principal forma de se preparar o solo é o preparo convencional, o que pode gerar processos de compactação e, conseqüentemente, redução da infiltração de água e surgimento de escoamento superficial, que podem levar a perdas de solos e água. Os sedimentos arrastados vão parar nos mananciais hídricos, reduzindo a qualidade da água, alterando o equilíbrio do ecossistema aquático e, por conseguinte, conseqüentemente, gerando perda de qualidade ambiental.

- O uso de adubos orgânicos, mesmo em sistemas agroecológicos, pode não ser feito de forma adequada e alguns produtos admitidos como a calda

bordalesa podem ser utilizados de forma indiscriminada e sem considerar o tipo de solo, também colaborando para a contaminação ambiental.

Portanto, é possível produzir-se com reduzido nível de degradação e contaminação ambiental, desde que se respeitando os limites ecológicos dos agroecossistemas. Para tanto, mesmo a utilização de práticas ou produtos ambientalmente favoráveis requer atenção e um nível de informação adequado.

2.4 Maior produtividade é sinônimo de maior contaminação do ambiente

Como você pode perceber, toda ação humana gera algum tipo de impacto negativo sobre os recursos naturais, com diferentes intensidades. Do ponto de vista de uma agricultura mais sustentável, faz-se necessário que se reduzam esses impactos ao mínimo possível sem que com isso se diminua a quantidade de alimentos produzidos. O que precisamos, portanto, é de sistemas de produção que aliem alta produtividade com qualidade ambiental. Contudo, o aumento de produtividade desejado e exigido para atender o consumo mundial baseia-se no uso intensivo de insumos externos tais com adubos industrializados, pesticidas e herbicidas, que acarretam em alto risco de contaminação do solo e da água e de riscos para a saúde.

Na agricultura moderna, é quase impossível desvincular aumento de produtividade de contaminação ambiental. Embora se tenha avançado muito em termos de contenção da erosão, através de sistemas de manejo conservacionista, como o plantio direto, ainda não se encontrou alternativas para produção em grande escala sem o uso de agrotóxicos e, principalmente, sem adubos minerais.

Dessta forma, a entrada de grandes quantidades de nitrato, fosfato e venenos agrícolas continua a ser uma silenciosa ameaça à saúde humana e ao equilíbrio ecológico do planeta.

As técnicas alternativas como a agroecologia que você conheceu no item 2.2 trazem uma esperança de mudança de paradigma, tanto na produção agropecuária quanto no que diz respeito à consciência da sociedade humana. Faz-se necessário, porém, maiores incentivos governamentais e da iniciativa privada e um maior aporte de informações e técnicas agroecológicas que possam ser amplamente divulgadas e praticadas.

ATIVIDADE

Para realizar a atividade sobre a Unidade 2, entre em contato com o professor da disciplina.

UNIDADE 3

EQUILÍBRIO ENTRE MICRORGANISMOS E AMBIENTE FÍSICO-QUÍMICO DO SOLO

Objetivos da Unidade

- Relacionar a atividade microbiológica com os fatores químicos, físicos e biológicos do solo;
- Apresentar a importância do equilíbrio entre microrganismos e ambiente para a produtividade agrícola;
- Enfatizar a importância da diversidade biológica pelo manejo do solo.

Para entendermos o solo como habitat para os microrganismos, é importante compreendermos os parâmetros físico-químicos do ambiente solo. Os organismos do solo apresentam um papel importante na regulação e estabilidade dos sistemas de produção. Isto ocorre através da decomposição de material orgânico, ciclagem de nutrientes, porosidade, disseminação de microrganismos, mistura das frações orgânicas e minerais, além de outros processos. Devemos saber que o conhecimento da biota do solo constitui um fator importante no auxílio da avaliação do desempenho de diferentes sistemas de produção agrícolas. A função dos organismos do solo depende, principalmente, da mobilidade, hábitos alimentares e posição que ocupam no ecossistema. As ações inter-relacionadas dos organismos constituem diferentes estratégias, que conduzem ao biofuncionamento do solo em que as regulações biológicas são extremamente dependentes entre si. Nesse sentido, a riqueza, a diversidade, a caracterização dos organismos e microrganismos podem contribuir para determinar padrões de sustentabilidade.

Geralmente, a biomassa do solo e a maioria da biota do solo diminuem sua população com a profundidade crescente do perfil. Entretanto, existem algumas exceções como a turfa e solos de floresta, em que a manta superficial pode gerar acidez, favorecendo assim a população de organismos ácido-tolerantes. Como os nutrientes inorgânicos e os substratos energéticos estão em maior quantidade perto da superfície, evidenciam que fatores físicos e químicos também têm um papel fundamental na distribuição da biota do solo no solo (Figura 3.1).

É importante você lembrar que a manutenção de um equilíbrio

biológico no solo é indispensável para uma agricultura sustentável.

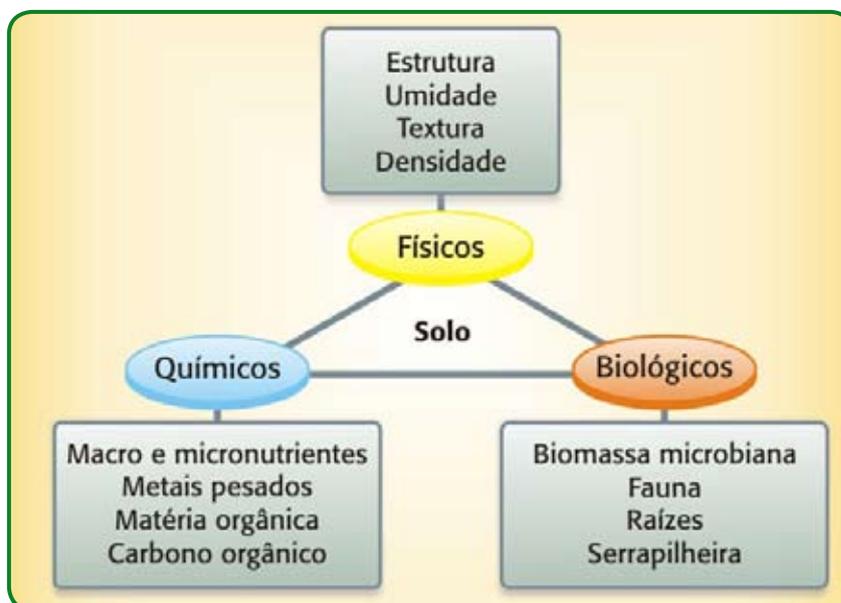


Figura 3.1 - Fatores físicos, químicos e biológicos que atuam sobre o solo.

3.1 Atividade biológica como consequência do efeito antrópico do homem

Sabemos que a atividade biológica do solo é ação de todos os organismos vivos do solo, sejam animais ou vegetais, que apresentam influência em sua constituição, principalmente nas camadas superficiais. A atividade biológica do solo é resultado de práticas e manejo, de impactos de origem antrópica, do clima, da vegetação e de outros fatores inerentes ao próprio ecossistema. Os organismos do solo constituem a parte ativa nos diferentes sistemas de uso da terra. A habilidade do solo em integralizar as propriedades físicas, químicas e biológicas do ecossistema, caracteriza os organismos do solo que o constituem, como potenciais bioindicadores de sua qualidade. Essa qualidade também é refletida no impacto ambiental, cuja alteração pode ser provocada direta ou indiretamente por atividades humanas (Figura 3.2). A melhor caracterização sobre o do ambiente pela ação do homem pode ser encontrada na Resolução número 001/86 do CO-NAMA.

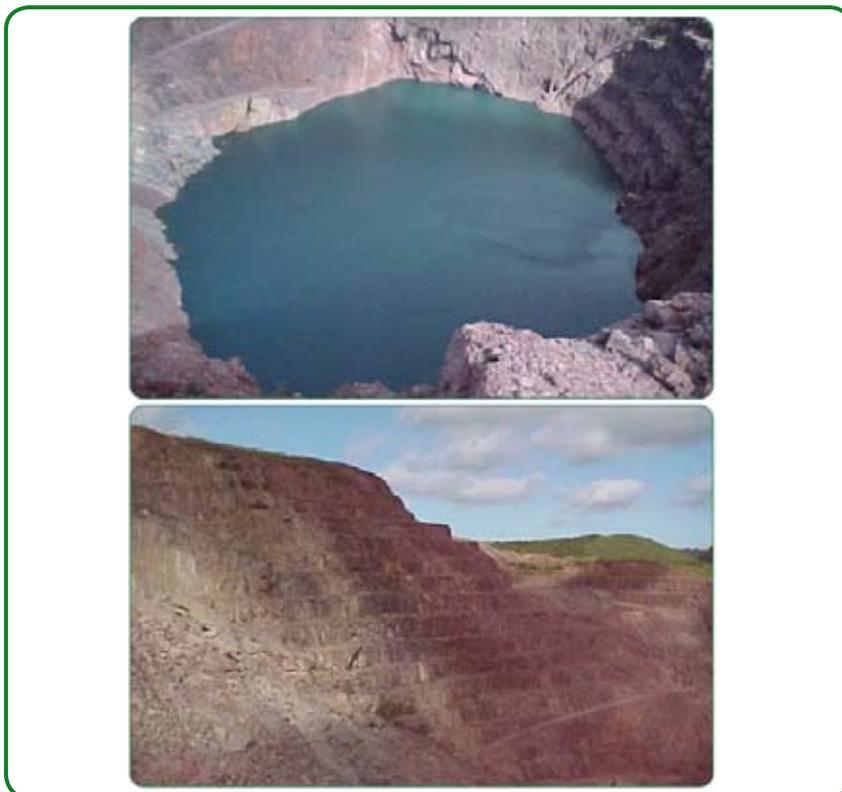


Figura 3.2 - Alterações no ecossistema provocadas pelo homem para extração do cobre, Minas do Camaquã, RS. (Fotos: Z. I. Antonioli, 2006).

A biota do solo é abundante e amplamente distribuída, apresentando uma elevada riqueza de espécies para exploração nos mais diferentes ambientes.

Como você sabe, os organismos do solo são sensíveis a práticas e manejo do solo, aos impactos de origem antrópica, a fatores bióticos e abióticos como clima, vegetação, umidade, biota, entre outros. Geralmente, os organismos do solo são abundantes e amplamente distribuídos, apresentam elevada riqueza de espécies e especialização na exploração dos ambientes, possuem representantes em diferentes níveis da teia alimentar e limitada mobilidade, desempenham funções relevantes para o funcionamento dos ecossistemas (agentes de controle biológico de pragas e doenças; fragmentadores de matéria orgânica e/ou dispersores de microrganismos), são muito sensíveis e respondem rapidamente às mudanças ambientais, além disso, deve-se ressaltar a facilidade de coleta e mensuração das informações, as quais consistem em respostas integradas da qualidade do meio ambiente.

3.2 Diversidade biológica afetada pelo manejo do solo

A diversidade biológica de um solo é caracterizada pela variabilidade de organismos vivos presentes neste ambiente, sejam animais, vegetais, microrganismos ou outros seres vivos. A presença de organismos micro e macroscópicos que habitam o solo é essencial para decomposição da matéria orgânica, produção de húmus, fixação biológica de nitrogênio, ciclagem de nutrientes, agregação do solo, controle biológico de pragas e doenças. A presença biológica, principalmente nos horizontes superficiais do solo, favorece a formação de agregados, construção de bioporos, influi na dinâmica da matéria orgânica, etc.

A biota do solo é grandemente influenciada pelos nutrientes minerais, substratos e fonte de energia, pH, umidade, temperatura, cobertura vegetal, presença de outros organismos e manejo do solo.

A diversidade biológica de um solo pode ser alterada de acordo com o tipo de manejo a que é submetido, tais como:

a) Cultivo consorciado: manejo no qual são utilizadas duas ou mais culturas que podem ser consorciadas de modo a permitir a interação entre as mesmas. Exemplos de cultivos consorciados encontram-se em agroecossistemas agroflorestais, pastagens consorciadas, hortos domésticos. A diversidade biológica nestes sistemas permite a melhor utilização dos recursos naturais, a diversificação de nichos, a presença variada de espécies, a utilização de material orgânico pelas diferentes cadeias alimentares de organismos do solo.

b) Cultivo em faixas: esta forma de cultivo constitui-se no plantio de espécies vegetais em faixas adjacentes. É utilizada em áreas de declives médios a acentuados. As faixas são dispostas perpendicularmente ao sentido do declive. Uma faixa com a cultura comercial, alterna-se com uma faixa de plantas de cobertura. Estas últimas atuam no sentido de reduzir a velocidade da água que escoar da parte mais alta para a mais baixa do relevo. Para tanto, dá-se preferência a espécies perenes e de cobertura abundante. São comumente utilizados capim elefante, erva-cidreira, etc.

c) Cultura de cobertura: nesta, uma espécie vegetal é plantada numa área com o objetivo de cobrir o solo, principalmente entre os ciclos da cultura. Estas podem ser anuais ou perenes, podendo ser utilizados vegetais dos diferentes grupos taxonômicos, entretanto, gramináceas e leguminosas são as mais usadas. Este manejo do solo favorece a incorporação de matéria orgânica do solo, estimula a atividade biológica e a diversidade da biota no solo, mantém os nutrientes disponíveis no solo, reduz a erosão, favorece a fixação biológica do nitro-

gênio (principalmente se uma ou mais espécies forem leguminosa), proporciona hospedeiros alternativos e controle biológico de pragas.

d) Rotação de culturas: A rotação de culturas envolve uma sucessão de culturas de forma que ocorra o maior aproveitamento das condições do solo e ambiente para cada cultura plantada. Implica em uma seqüência de culturas sobre uma mesma gleba, alternando-se com o decorrer das estações climáticas. Sendo assim, no período de verão, cultivam-se as culturas de verão, como soja, arroz, milho, feijão e, entre as plantas de cobertura, milheto, sorgo, mucuna, crotalária, etc.

No inverno, cultivam-se culturas como trigo, cevada, aveia, avevém. Estas são culturas típicas da região sul do país, onde as estações do ano são bem definidas. Nas regiões sudeste, onde as estações dividem-se em seca e chuvosa, as espécies cultivadas devem ser adaptadas a essas duas situações.

A importância da rotação está nos benefícios advindos. A diversificação de materiais vegetais em uma mesma área acarreta em uma matéria orgânica de maior qualidade, o que incentiva a diversidade de organismos, além de promover a quebra do ciclo de pragas e doenças veiculadas por organismos específicos.

e) Pousio: é uma das mais antigas práticas de recuperação da capacidade produtiva do solo. Na Idade Média, foi praticamente a única prática utilizada para recuperar a capacidade produtiva das glebas. Consiste em deixar-se uma área agrícola em descanso após a colheita, ou seja, sem receber novo cultivo. Com isso, a área passa a ser colonizada por plantas espontâneas que rapidamente cobrem o solo e permitem um bom incremento em matéria orgânica e ciclagem de nutrientes.

f) Plantio direto e Cultivo mínimo: O cultivo mínimo surgiu como uma alternativa ao preparo convencional para se reduzir o revolvimento do solo e, com isso, preservar-se a estrutura. O cultivo mínimo consiste em se fazer o revolvimento apenas na linha de plantio por meio de uma haste escarificadora. O cultivo mínimo foi o precursor do sistema plantio direto.

O plantio direto consiste na técnica na qual a semeadura é efetuada diretamente no solo, evitando o impacto de máquinas agrícolas na movimentação do solo. O cultivo mínimo tem características muito próximas as do sistema de plantio direto, pois as operações mecânicas são utilizadas de forma reduzida a fim de se evitar a compactação do solo. O plantio direto e o cultivo mínimo podem auxiliar no aumento de palhadas e matéria orgânica do solo. Com isso, é obtida uma maior

agregação do solo, maior capacidade de retenção de água e disponibilidade de nutrientes, bem como uma maior ciclagem desses, favorecendo inclusive a biomassa microbiana e as associações micorrízicas. As micorrizas desempenham papel importante não apenas no aumento da área radicular, mas também como no potencial de absorção de nutrientes, especialmente, o fósforo.

O sistema de plantio direto e cultivo mínimo favorecem a riqueza de grupos e diversidade da biota do solo. Por exemplo, as minhocas e outros grupos da fauna do solo são favorecidos pela quantidade de matéria orgânica do solo e palhada (principalmente rica em nitrogênio) formada na superfície. Entretanto, os cupins preferem palhadas (menos ricas em nitrogênio). Assim, dependendo dos resíduos formados na superfície do solo, a biota procura seu habitat.

Esses sistemas de cultivo procuram manter uma visão integrada entre as práticas culturais de manutenção de resíduos na superfície do solo, utilização de adubação verde para a formação de coberturas do solo e não revolvimento do solo. Esse manejo do solo proporciona uma variedade de alimento para a biota do solo. Em plantio direto com a presença das minhocas do gênero *Amyntas*, ocorreu uma modificação significativa na estrutura do solo e na capacidade de retenção de água. Esses animais também promoveram uma produtividade de grãos de trigo (47%) e de soja (51%) em relação à área sem a presença de *Amyntas*.

g) Matéria orgânica (MO): sabemos que a biota do solo favorece a humificação do material orgânico do solo. A atividade dos organismos no solo está relacionada com a decomposição da MO, na mistura do material mineral com orgânico, ciclagem de nutrientes, controle biológico de doenças e pragas, transporte de nutrientes e outros parâmetros.

A biota do solo exerce papel fundamental no processo de resiliência (capacidade de recuperação quando as condições não são mais adequadas). A MO pode apresentar diferente conteúdo energético e sua constituição depende da quantidade de nitrogênio, fósforo e outros nutrientes na sua constituição. Com isso, a quantidade de MO define a biodiversidade dos organismos no solo. A incorporação de MO no solo por animais ainda é pouco conhecida, entretanto, sabe-se que algumas espécies têm alto potencial de introduzir fezes, esterco e materiais em decomposição. Por exemplo, um casal de coleópteros da espécie *Dichotomius carolinus* pode incorporar de 200 a 350 g de fezes bovinas na época da reprodução. Como esses organismos vivem vários meses, apresentam alto potencial para incorporar material, principalmente, em pastagens e outros ecossistemas (Figura 3.3).



Figura 3.3 - Coleóptero em esterco bovino (a) e galeria produzida por sua atividade (b). (Fotos: R. Pizzani, 2008).

Um rebanho bovino pode produzir em média 9000 Kg de fezes por indivíduos por ano. A incorporação desse material pelos coleópteros evita as perdas de nitrogênio por volatilização, além de reduzir a incidência de moscas hematófagas.

Sabe-se que a quantidade de seres vivos num solo está determinada pela quantidade de alimento presente neste. E conforme a Lei de Thienemann “o alimento dobra, a população não se duplica, mas se torna mais ativa”. Assim, podemos relacionar a quantidade de MO com a presença de organismos no solo (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Percentual de matéria orgânica utilizada pelos organismos do solo.

Matéria orgânica	Organismos
85,0	Fungos e bactérias
8,0	Protozoários (especialmente amebas)
3,5	Nematóides, ácaros e insetos
3,5	Moluscos, miriápodes, oligoquetas e outros

Fonte: McFadyen (1961)

Em solos com grande população da biota edáfica, o húmus produzido é sempre de boa qualidade, o que atua diretamente na melhora da capacidade de troca de cátions (CTC).

h) Insumos químicos: como sabemos, historicamente, os insumos químicos têm favorecido o aumento da produtividade dos cultivos, contudo, cada vez mais, verificamos que o manejo biodinâmico do solo, contribui para uma valorização mais qualitativa e saudável do solo como um todo. Sabe-se que o uso de insumos químicos agrícolas tem sido um dos grandes fatores para a contaminação da água e do solo.

A adubação química, além de seu alto custo, causa desequilíbrio fisiológico da planta, da biota do solo e a dependência do produtor. Sabemos que as plantas nutricionalmente equilibradas não são hos-

pedeiras de bactérias, fungos, vírus, insetos, nematóides, ácaros e outros animais. O desequilíbrio biológico do solo altera a população de organismos do solo responsáveis pela disponibilidade de nutrientes para a planta. O uso intenso de herbicidas, acaricidas, nematicidas, fungicidas, inseticidas pode ocasionar cada vez mais problemas graves para o ambiente e para o homem.

Para diminuirmos o uso de insumos químicos, devemos considerar uma ação integrada entre os indicadores físicos, químicos e biológicos do solo utilizando práticas de: adubação verde com leguminosas (aporte de N) e gramíneas (aporte de matéria orgânica); rotação de cultura com diferentes sistemas radiculares; uso de máquinas e implementos apropriados à pequena propriedade; uso de cobertura morta; implantação de quebra-ventos para redução da evapotranspiração de modo a minimizar o impacto da irrigação por aspersão; aporte de adubação equilibrada com uso de compostos.

3.3 Manejar a vida do solo como instrumento à produtividade

A forma como o solo é manejado reflete na sua produtividade e conseqüentemente nas características biodinâmicas do mesmo. Vários parâmetros do solo têm influência sobre sua biota, tais como: pH, nutrientes, temperatura, umidade, matéria orgânica, biomassa microbiana, profundidade, rizosfera, entre outros.

A biota do solo é grandemente influenciada pelo pH. A população bacteriana de um solo ácido (pH 3,8) pode aumentar o número de células e sua atividade metabólica, isto é, na liberação de CO₂, após a correção para pH 7,6.

A disponibilidade de nutrientes minerais e de material orgânico no solo possui grande influência sobre sua biota. Na cultura da soja, como na maioria das espécies cultivadas, o fornecimento de fertilizantes nitrogenados apresenta baixa eficiência na utilização por parte da planta, devido às perdas elevadas que ocorrem, particularmente, por lixiviação e volatilização. O nitrogênio (N) necessário para o desenvolvimento da soja, que exporta cerca de 150 Kg ha⁻¹ de N nos grãos, poderá ser fornecido eficientemente através de simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. O cultivo contínuo com soja possibilita condições para estirpes competitivas de *Rhizobium* se estabelecerem. Muitas vezes relacionadas com estirpes ineficientes, este fato pode levar ao insucesso na instalação de estirpes eficientes no solo. Nesse sentido, a inoculação por estirpes eficientes e de alta capacidade competitiva, por sítios de infecção nodular, possibilita maior eficiência na fixação biológica de nitrogênio.

 ATIVIDADE

Para realizar a atividade sobre a Unidade 3, entre em contato com o professor da disciplina.

UNIDADE 4

USO DE PLANTAS RECUPERADORAS E DE COBERTURA DO SOLO

Objetivos

- Apresentar a importância e funções das plantas de cobertura para o melhor funcionamento do solo;
- Fornecer subsídios para a tomada de decisão quanto à escolha das plantas de cobertura adequadas ao manejo biodinâmico do solo.

Sabemos que a degradação do solo devido ao manejo inadequado nos sistemas de produção gerou a necessidade de alternativas de recuperação. Uma das possibilidades é a técnica de recuperação com plantas cujas características específicas as tornam eficientes para recompor as funções do solo, como ciclagem de nutrientes, incremento de matéria orgânica e a manutenção da atividade biológica. Essas plantas são chamadas de plantas de cobertura ou adubos verdes, principalmente, quando utilizadas em rotação com as culturas comerciais em sistemas produtivos. Também podem ser chamadas de plantas recuperadoras.

O uso de plantas de cobertura é conhecido desde o início do cultivo do solo pela sociedade humana, a partir do momento em que se observou que algumas plantas traziam resultados benéficos à produção de alimentos. Atualmente, os sistemas de manejo chamados de conservacionistas são os precursores de uma maior valorização do uso de plantas de cobertura. O sistema de plantio direto tem sido um dos principais responsáveis pela divulgação mundial dos efeitos positivos das plantas de cobertura em cultivos comerciais e em práticas de recuperação do solo, além da contribuição desta técnica para se atingir sistemas de produção mais sustentáveis.

4.1 Plantas de cobertura ou recuperadoras e seus efeitos sobre condições químicas, físicas e biológicas do solo

Como plantas de cobertura, podemos definir aquelas que apresentam características propícias para formar uma massa vegetal vigorosa sobre o solo e, a partir disso, protegerem-no contra a erosão e restituírem suas funções químicas, físicas e biológicas. Essas plantas influenciam os aspectos ambientais como a manutenção das popula-

ções de organismos, retenção e disponibilização de água, recarga das águas subsuperficiais e outros. Portanto, a base dos efeitos do uso de plantas de cobertura é a produção de biomassa vegetal e o consequente aumento do conteúdo de matéria orgânica. A biomassa vegetal, ao ser decomposta, libera compostos orgânicos que continuarão a ser processados por microorganismos até suas formas mais estáveis, como os ácidos húmicos, fúlvicos e huminas.

Durante esse processo, a continuidade da entrada de compostos orgânicos no sistema solo vai desempenhando seus papéis como fonte de nutrientes e energia aos organismos, liberação de nutrientes que poderão ficar disponíveis às plantas, melhorias na estrutura do solo, entre outros papéis. O acúmulo das formas mais estáveis, por sua vez, é responsável pelo aumento no conjunto de cargas elétricas do solo (lembre-se dos conceitos de capacidade de troca de cátions e ânions!) o que contribui para o incremento em agregação do solo e, consequentemente, maior porosidade total (macro e microporosidade), armazenamento e infiltração de água, aeração, redução da lixiviação de íons, etc. Vários fatores podem atuar na relação de fatores químicos, físicos e biológicos do solo que podem ser recuperados ou mantidos pela utilização de plantas de cobertura (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Efeitos químicos, físicos e biológicos na qualidade do solo pelo uso de plantas de cobertura.

Químicos	Físicos	Biológicos
<ul style="list-style-type: none"> - Incremento em matéria orgânica; - Retorno de nutrientes ao solo (ciclagem); - Aumento das cargas elétricas do solo (CTC e CTA); - Disponibilidade de nutrientes às plantas; - Retenção de moléculas contaminadas e elementos poluidores como metais pesados; - Maior fonte de nutrientes e energia para as populações de organismos do solo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da agregação e porosidade do solo; - Maior retenção de umidade; - Maior infiltração de águas; - Recarga de águas subsuperficiais; - Amenização da temperatura do solo; - Redução do escoamento superficial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da abundância e diversidade de organismos do solo; - Equilíbrio populacional entre organismos do solo; - Decomposição da matéria orgânica; - Mineralização (liberação de nutrientes); - Incentivo a associações simbióticas benéficas como micorrizas e fixação biológica de nitrogênio; - Redução de populações de organismos praga pela quebra dos ciclos.

A partir desses efeitos das plantas de cobertura no solo, você pode concluir que, indiretamente, existem outras consequências benéficas como o aumento na eficiência de reuso da água, com maior retenção de umidade sob a massa vegetal das plantas de cobertura e recarga de

aquíferos, além de redução da contaminação das águas superficiais e subsuperficiais, seqüestro de carbono (que acarreta redução da emissão de gases de efeito estufa), amenização da temperatura do solo, redução da erosão hídrica e eólica, entre outras.

Além dessas funções, o uso de plantas de cobertura em rotação com culturas comerciais ainda favorece a fitossanidade do sistema produtivo, uma vez que, com a diversificação de material vegetal ocorre a quebra dos ciclos de vida de pragas e patógenos específicos. Um exemplo desse efeito é o controle do coró da soja (*Phillophaga sp.*) pela inserção do nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*) em rotação e a redução das populações de nematóides de galhas pelo cultivo da mucuna preta (*Mucuna aterrina*) e crotalárias (*Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria juncea*).

Como consequência, temos uma economia nos custos de produção pela redução da necessidade de aplicação de produtos químicos, como pesticidas e nematicidas (estes últimos com pouca eficiência). Ambientalmente, a diminuição do uso desses agrotóxicos reduz os riscos de contaminação do solo e da água, de animais, dos próprios produtores rurais que têm contato direto na aplicação dos produtos, e das populações humanas que têm contato indireto através das águas.

É importante ressaltar que os efeitos obtidos com o uso das plantas de cobertura não são imediatos. É preciso um planejamento de uso desta técnica dentro dos sistemas produtivos ou em estratégias de recuperação de áreas degradadas. Mesmo assim, muito dos benefícios a serem alcançados já podem ser notados a partir do primeiro ano de implantação das plantas de cobertura. A rapidez com que os efeitos se estabelecerão dependerá do tipo de solo, do grau de degradação da área a ser recuperada e da escolha acertada das plantas de cobertura a serem utilizadas.

No item a seguir, você irá aprender quais os critérios para a escolha acertada das plantas de cobertura, de acordo com as condições locais do sistema produtivo e dos principais efeitos que se deseja atingir.

4.2 Características desejáveis e critérios para escolha das plantas de cobertura

É de fundamental importância que as espécies definidas como plantas recuperadoras ou de cobertura apresentem um conjunto de características que as definem como ideais para os processos de recuperação da qualidade do solo. Primeiramente, a característica geral de uma planta de cobertura é a rusticidade, que se entende como uma adaptação a condições ambientais inóspitas, que dificultam a sobrevivência e a produção vegetal da maioria das plantas. As principais

características desejáveis em uma planta de cobertura e sua respectiva função dentro da técnica de utilização destas estão na Tabela 4.2. Com tais características, as plantas de cobertura se enquadram na categoria de plantas recuperadoras do solo, contribuindo para o reequilíbrio do ecossistema e propiciando a restauração dos mecanismos e processos naturais.

Tabela 4.2 - Características desejáveis em plantas de cobertura e sua respectiva função.

Características	Função
- Baixa exigência em nutrientes	- Permitir o desenvolvimento da planta em solos de baixa fertilidade natural ou esgotados quimicamente
- Facilidade de estabelecimento em condições ambientais precárias	- Permitir o desenvolvimento da planta em demais condições desfavoráveis de solo e/ou clima
- Crescimento rápido	- Cobrir rapidamente o solo, protegendo-o dos processos erosivos
- Elevada produção de massa vegetal	- Cobrir o solo e incrementar funções ligadas ao aumento da matéria orgânica
- Sistema radicular vigoroso e profundo	- Facilitar o estabelecimento, explorar maior volume e disponibilizar nutrientes encontrados em maiores profundidades
- Produção de óleos resiníferos e compostos aromáticos	- Resistência ao ataque de pragas, doenças e predadores
- Baixo potencial para produzir efeitos alelopáticos em outras espécies vegetais	- Permitir o desenvolvimento de outras espécies vegetais
- Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)	

+ SAIBA MAIS

Esta função é importante para que, no uso de plantas de cobertura em rotações comerciais, estas não prejudiquem a germinação das espécies cultivadas. Contudo, certos efeitos alelopáticos são interessantes do ponto de vista produtivo quando se estabelecem sobre espécies invasoras, como é o caso do efeito da mucuna preta sobre o desenvolvimento do picão preto (*Bidens pilosa*) e da tiririca (*Cyperus rotundus*). Por outro lado, no uso de plantas de cobertura em recuperação de áreas naturais degradadas, a ausência de alelopátia é importante para permitir o retorno da vegetação natural.

É importante lembrar que uma única planta de cobertura não apresentará todas as características desejáveis. Deve-se escolher aquelas que reúnam o maior número possível destas ou que apresentem determinadas características de interesse para situações específicas.

As plantas de cobertura precisam ter a capacidade de se estabelecer e produzir uma quantidade significativa de biomassa vegetal em solos que apresentam aspectos de degradação como esgotamento da fertilidade, compactação, contaminação por metais pesados, salinização e outros. Para cada problema que se apresenta, existem plantas de cobertura específicas para a recuperação de solos.

Sendo assim, para solos compactados, indica-se o nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*), devido a sua capacidade de romper camadas adensadas. Para incrementar o conteúdo de nitrogênio no solo, utilizam-se espécies de leguminosas, como os tremoços (*Lupinus sp.*), as mucunas (*Stizolobium sp.*), as ervilhacas (*Vicia sp.*), entre outras, devido à capacidade de simbiose com bactérias fixadoras de nitrogê-

nio, chamadas comumente de rizóbios. Para solos salinizados, comuns em regiões de clima muito seco, como o semi-árido nordestino, tem se utilizado o gênero *Atriplex*, com capacidade de absorver elevada quantidade de sais.

A maioria das plantas de cobertura é de porte herbáceo, porém, algumas podem apresentar porte arbustivo como a leucena (*Leucena leucocephala*). Muitas espécies arbóreas também são definidas como plantas recuperadoras sem, no entanto, serem chamadas de plantas de cobertura.

Em sistemas de rotação de culturas agrícolas, dá-se prioridade ao uso de plantas de cobertura herbáceas, enquanto que para recuperação de áreas degradadas fora de sistemas produtivos, há uma maior liberdade de escolha do porte da espécie.

A decisão sobre as plantas de cobertura a serem utilizadas em sistemas de produção ou em planos de recuperação de áreas degradadas deve ser tomada considerando-se os objetivos do plantio e as características de cada espécie. Entre as famílias botânicas com maior número de espécies utilizadas como plantas de cobertura estão gramíneas (Poáceas) e leguminosas (Fabáceas).

As gramíneas são mais utilizadas quando se deseja formar uma cobertura que permaneça por mais tempo sobre o solo, priorizando a função de proteção contra os processos de erosão hídrica e eólica. Isso porque essas plantas apresentam uma relação C/N mais alta, consequentemente, com uma taxa de decomposição mais lenta (Figura 4.1).

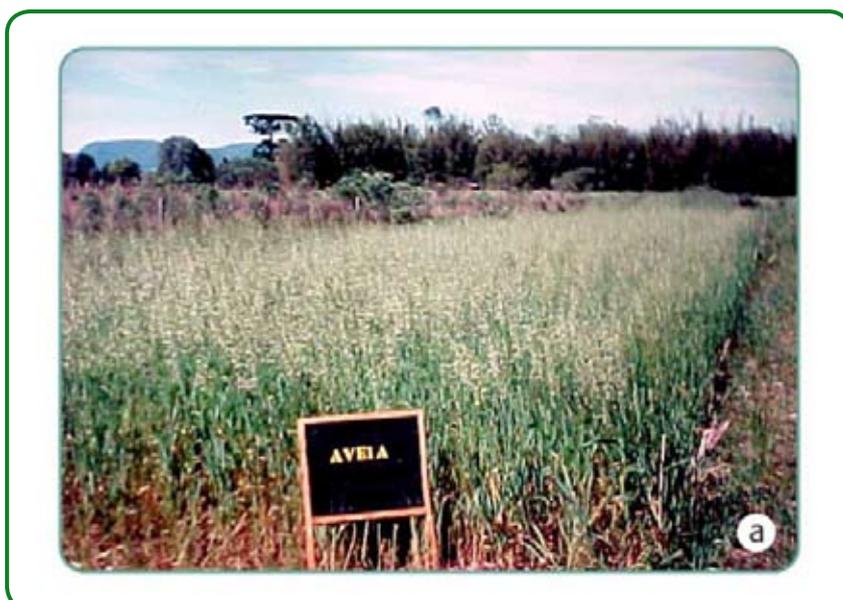


Figura 4.1 – Espécies de gramíneas utilizadas como plantas de cobertura: a - aveia-preta (*Avena strigosa*).

Já as leguminosas têm como principal característica que as distingue das outras famílias botânicas a capacidade de realizar simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio do ar (N_2). Estas bactérias instalam-se nas raízes de leguminosas formando nódulos que conseguem captar o nitrogênio atmosférico N_2 , quebrar a ligação tripla de sua molécula e transmitir N elementar (N) para a planta. Com isso, quando as leguminosas se decompõem, liberam quantidades consideráveis de nitrogênio para o solo, funcionando como uma fonte eficiente e natural deste elemento e reduzindo os custos econômicos e ambientais da adubação nitrogenada com insumos industriais.

Sendo assim, quando o objetivo da planta de cobertura é atuar como um adubo verde para o fornecimento de nitrogênio, a prioridade é a utilização de leguminosas (Figura 4.2).



Figura 4.2 – Espécies de leguminosas utilizadas como plantas de cobertura: a- ervilha forrageira (*P. sativum*), b - crotalária (*Crotalaria juncea*), c – Mucuna (*Mucuna sp.*), d- ervilhaca comum (*Vicia sativa*). (Fotos: S. J. Giacomini).

No caso de consórcio de espécies, podem ser obtidos resultados desejáveis provenientes das características tanto de gramíneas quanto de leguminosas. Assim, enquanto a gramínea promove uma cobertura protetora, a leguminosa fornece material orgânico rapidamente decomponível para disponibilizar nutrientes à próxima cultura comercial.

4.3 Ciclagem de elementos

A ciclagem de elementos através dos ciclos biogeoquímicos é um dos principais processos de manutenção das diferentes formas de vida do planeta. Nestas vias, os elementos químicos circulam na biosfera, na direção do ambiente para os organismos e, destes, de volta ao ambiente. As plantas de cobertura desempenham papel fundamental para a ciclagem de nutrientes em sistemas de produção ou para o restabelecimento desta função em solos degradados, imitando assim as funções da cobertura vegetal em ecossistemas naturais.

A ciclagem de nutrientes consiste no fluxo destes elementos através dos diversos compartimentos que formam a biosfera. Eles são transferidos de um compartimento para o próximo, como acontece, por exemplo, com os elementos que são transformados no solo para somente depois serem absorvidos pelas plantas. Este mecanismo é responsável pela disponibilidade dos nutrientes para as plantas.

A entrada de nutrientes no solo pode ocorrer a partir da atmosfera, das rochas e da decomposição de material orgânico. Pela atmosfera, entram, principalmente, o nitrogênio e o enxofre via precipitação atmosférica. O intemperismo das rochas é responsável pela liberação de nutrientes para o solo e a decomposição e a mineralização da matéria orgânica retornam ao solo os nutrientes absorvidos pelas plantas e animais (Figura 4.3). Sendo assim, os nutrientes podem passar das rochas para o solo, deste para a atmosfera, retornar ao solo e passar deste para as plantas e, destas, novamente, para o solo, e assim por diante (Figura 4.3).

O ciclo do nitrogênio é um exemplo de ciclo com fase gasosa, cujo maior reservatório é a atmosfera, composta de cerca de 80% de nitrogênio. As etapas deste ciclo que ocorrem no solo são totalmente determinadas pela atividade microbiana, com o nitrogênio entrando continuamente na atmosfera pela atividade das bactérias desnitrificantes e retornando ao solo pela ação das bactérias e algas que realizam a fixação biológica do nitrogênio (FBN). Este elemento, encontrado nos resíduos vegetais associado a moléculas orgânicas, é mineralizado, entrando na constituição da solução do solo e, desta forma, tornando-se disponível à produção vegetal. Este processo requer a participação de agentes decompositores presentes no solo. Sendo assim, o conteúdo de matéria orgânica (MO) e a forma com que é manejada terão forte influência na mineralização e disponibilização do nitrogênio. Aproximadamente 98% do nitrogênio do solo encontra-se na forma orgânica.



Figura 4.3 – Esquema do ciclo de nutrientes nos compartimentos atmosfera, rochas e solo, com suas vias de entrada e saída e processos relacionados à matéria orgânica

4.4 Importância de plantas recuperadoras e de cobertura do solo à manutenção da vida e da capacidade produtiva no solo

A cobertura vegetal atua como agente de estabilização das superfícies, beneficiando os processos biológicos e as condições físico-químicas do solo através da deposição de resíduos orgânicos que, ao serem decompostos, contribuem para o aumento da matéria orgânica do solo.

Solos de áreas geologicamente estáveis, com a superfície coberta por um longo tempo pelo mesmo tipo de vegetação, apresentam uma condição de equilíbrio dinâmico em que as perdas anuais de matéria orgânica são balanceadas pelas entradas. Além desses benefícios, técnicas de cultivo do solo que utilizam a cobertura vegetal permanente adquirem grande importância nas regiões tropicais e subtropicais, onde as chuvas apresentam elevado potencial erosivo e a energia radiante chega até a terra com grande intensidade. Nessas condições, a cobertura vegetal protege o solo do impacto das chuvas e diminui as variações de temperatura e umidade no solo. Dessa forma, a formação de uma cobertura vegetal é um fator imprescindível para a sustentabilidade dos sistemas produtivos, para a conservação dos recursos naturais e para a recuperação de áreas degradadas. Por ser fonte de nutrientes que retornam ao solo, o conteúdo de matéria orgânica do solo e a forma com que é manejada terão forte influência na disponibi-

lização dos nutrientes, principalmente N, P e S, atuando como um dos principais componentes da ciclagem de nutrientes no solo.

A atividade humana com introdução de práticas agrícolas modernas tem a capacidade de interferir em todas as etapas dos ciclos de nutrientes. Se os efeitos dessa interferência forem negativos, a degradação do solo advinda gera condições físicas, químicas e biológicas desfavoráveis à produtividade vegetal.

Para estratégias de recuperação, plantas como gramíneas e leguminosas herbáceas, funcionam como cobertura do solo, protegendo contra o impacto das gotas de chuva, evitando a desestruturação superficial, aumentando a taxa de infiltração, reduzindo o escoamento superficial e, portanto, atenuando processos erosivos.

Sistemas de manejo que diferem quanto à mobilização do solo ou quanto à ausência desta prática ocasionarão diferentes condições no ambiente edáfico.

Em agroecossistemas, o desenho das cadeias alimentares é construído de acordo com os objetivos do sistema de produção e de acordo com o tipo de manejo que será implantado.

Assim, em um agroecossistema que priorizar a permanência de cobertura vegetal e a diversificação desta, observa-se um aumento proporcional da diversidade de organismos que compõem os diferentes níveis da cadeia alimentar. Neste caso, o solo tem suas funções de sustentação, liberação, retenção e disponibilização de nutrientes mantidas, além de contribuir para o aumento da diversidade de organismos.

Em ecossistemas naturais não perturbados, as funções do solo estão asseguradas pela sua capacidade de resistência a alterações e pela manutenção de níveis de equilíbrio dinâmico. Neste caso, a atividade biológica do solo com seus organismos detritívoros e decompositores promove a reentrada contínua da matéria orgânica via processamento do resíduo orgânico de origem animal e vegetal, produzido pelo ecossistema. As frações leves contribuirão para a perpetuação dos fluxos de matéria e energia via ciclagem de nutrientes e para a manutenção dos índices de abundância e diversidade de organismos. Já a fração húmica contribuirá para o aumento do complexo de cargas elétricas, melhorando retenção e disponibilização de nutrientes, armazenamento de água, agregação, infiltração entre outros fatores.

4.5 Necessidade do uso de plantas de cobertura em sistemas de rotação de culturas

Como você deve ter observado, as plantas de cobertura representam uma excelente alternativa tanto para recuperação quanto para a melhoria dos sistemas de produção. Contudo, para um efetivo benefício a partir de seu uso, é importante observar-se as práticas de manejo a serem adotadas.

O manejo biodinâmico do solo prioriza a conservação das funções ecológicas naturais do agroecossistema. Nesse sentido, manter uma rica cobertura vegetal sobre o solo é um item indispensável devido a todas as interações que esta exerce com as funções do solo comentadas nesta unidade.

Em sistemas produtivos, as plantas de cobertura não precisam ser usadas apenas para recuperação após algum distúrbio ou esgotamento. Sua inserção como prática comum ao sistema pode evitar que se chegue a tal situação. Dessa forma, plantas de cobertura inseridas em rotação com culturas comerciais devem ser prática comum a todo produtor que vise a manter a qualidade dos recursos naturais utilizados na produção e a manter ou aumentar os níveis de produtividade da lavoura.

O manejo biodinâmico do solo se utiliza de certas práticas e princípios que são comuns ao sistema plantio direto, como a preservação da estrutura do solo a partir do não revolvimento, a manutenção de cobertura vegetal viva ou morta, o incremento em matéria orgânica e a rotação de culturas. A prática da rotação de culturas viabiliza a entrada de plantas de cobertura na mesma área da cultura comercial, em momentos diferentes, ou seja, se a principal cultura comercial for de verão, as plantas de cobertura são implantadas no inverno. Se houver momentos de plantio da cultura comercial na fase do inverno, pode-se rotacionar com uma planta de cobertura no verão.

LEMBRE-SE

Após achar a ordem, é necessário utilizar as chaves disponíveis para cada ordem específica, nas páginas seguintes desta unidade. Nestas chaves específicas das ordens você encontrará a subordem (2º nível categórico). Para o **3º nível categórico (grande grupo)** e para o **4º nível categórico (subgrupo)** é necessário utilizar as tabelas resumos abaixo, portanto, após identificar a subordem você terá que voltar a estas tabelas resumos para verificar o grande grupo e o subgrupo.

ATIVIDADE

Para realizar a atividade sobre a Unidade 4, entre em contato com o professor da disciplina.

UNIDADE 5

USO DE DEJETOS DE ORIGEM ANIMAL: POTENCIAL FERTILIZANTE E DE CONTAMINAÇÃO DO AMBIENTE

Objetivos da Unidade

- Apresentar a composição dos principais tipos de dejetos de animais;
- Destacar a capacidade de utilização dos dejetos de animais na agricultura e como fonte de energia;
- Descrever o potencial poluente dos dejetos quando aplicados de forma inadequada nos ambientes agrícolas.

Introdução

Nesta unidade, você vai aprender aspectos referentes ao potencial de utilização dos dejetos de animais na produção de plantas, à possibilidade de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas pela aplicação exagerada destes resíduos nos sistemas agrícolas, além de práticas e formas de manejo que visam à redução dos custos de produção e à preservação do meio ambiente.

5.1 Composição dos dejetos de origem animal

O aumento da população mundial e a necessidade de elevar a produção de alimentos revolucionaram as técnicas utilizadas na agropecuária. Na região sul do Brasil, a forte expansão da bovinocultura, suinocultura e avicultura ocorrida nas últimas décadas, provocou uma importante alteração no sistema de produção destes animais: a adoção de sistemas intensivos de criação, conhecidos como sistema de confinamento. Este sistema apresenta as vantagens de reduzir significativamente o tempo necessário para a terminação dos animais, além de otimizar o uso do solo. No entanto, uma das implicações do sistema de confinamento é a geração de uma grande quantidade de dejetos por unidade de área. Este material rico em elementos químicos e moléculas orgânicas é constituído por fezes, urina, sobras de ração, água dos bebedouros, água utilizada na higienização de instalações, pêlos e poeira. Desde que recebam um manejo adequado na propriedade, os dejetos representam um grande potencial para ser aproveitado na agricultura como fonte de nutrientes às plantas, através da ciclagem

dos elementos.

Segundo observações de técnicos de cooperativas e associações de criadores de animais, um animal qualquer produz diariamente, em média, aproximadamente 19 gramas de dejetos por quilo de peso vivo. Seguindo esse raciocínio, veremos que um bovino com peso de 500 Kg produz, em média, 10 Kg de esterco fresco por dia (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Produção diária média de dejetos de acordo com as espécies de animais.

Tipo de animal	Média de produção de dejetos (Kg dia⁻¹)
Frangos	0,18
Bovinos	10,0
Suínos	2,25
Ovinos	2,80
Equinos	10,0

Fonte: Sganzerla (1983).

Devido a uma maior facilidade para a aquisição de adubos químicos, foi reduzida a utilização dos estercos animais como fertilizantes em grande escala. No entanto, em virtude das preocupações quanto à degradação ambiental decorrente do acúmulo de metais pesados e outros elementos contaminantes no solo, além do elevado custo dos insumos minerais, atualmente, os estercos estão novamente ganhando espaço na fertilização de culturas.

Os dejetos de animais, devido a sua composição e características, são considerados os adubos orgânicos de maior importância, sendo recomendada a utilização como fertilizante, por elevarem a produtividade das culturas agrícolas. A adição de esterco animal ao solo proporciona incremento e manutenção da diversidade biológica do sistema, em razão do conteúdo de matéria orgânica que possui, essencial para todos os processos edáficos.

A qualidade do dejetos do ponto de vista fertilizante varia dependendo da espécie (bovinos, suínos, aves, equinos, coelhos, ovinos, etc.), da idade do animal e das características alimentares. Contudo, todos os estercos animais apresentam potencial fertilizante, fornecendo nutrientes ao solo de uma forma absorvível pelas plantas.

O manejo sustentável dos dejetos de animais na propriedade rural apresenta as vantagens de proporcionar incremento na produtividade das culturas, melhorar a fertilidade e qualidade do solo, além de favorecer a manutenção da sustentabilidade dos ecossistemas e do meio ambiente.

Pesquisas realizadas pela Embrapa Milho e Sorgo têm demonstrado que a complementação da adubação mineral com fertilizantes

constituídos por dejetos de animais apresenta efeitos positivos nas culturas do café e do milho.

Para que o solo, as plantas e os organismos edáficos sejam favorecidos pela aplicação de dejetos de animais, recomenda-se que esses resíduos sejam adicionados após um período de estabilização. Isso porque os dejetos frescos são suscetíveis ao processo de fermentação, no qual ocorre a elevação da temperatura do resíduo. Em uma pilha de esterco, por exemplo, a atividade microbiana é intensa nos primeiros dias, ocorrendo a elevação da temperatura, que pode atingir aproximadamente 40° C. Esta fase é denominada de mesófila. Com o passar do tempo, as reações continuam a ocorrer no material orgânico, sendo que a temperatura pode se elevar a 65° C, em uma fase conhecida como termófila. A temperatura, então, permanece elevada por alguns dias e logo começa a diminuir. Quando o resíduo atinge novamente uma temperatura em torno de 40° C, passa para o estado de **semi-curado**. Após mais alguns dias, a temperatura do esterco diminui ainda mais, retornando à temperatura ambiente inicial, em torno de 20° C. Neste momento, considera-se que o esterco está **curado** e seu material orgânico humificado, pronto para ser aplicado no solo (Figura 5.1).

O esterco animal passa por dois processos distintos: a bioestabilização e a humificação do resíduo (Figura 5.1). O primeiro processo, compreendido entre o início da maturação do composto e a transformação do esterco fresco em esterco semi-curado, é de suma importância para a eliminação de diversos tipos de patógenos que podem prejudicar a saúde das plantas e do próprio homem. Já o processo denominado de humificação compreende a transformação do esterco semi-curado em curado, sendo importante por favorecer a biodisponibilização de nutrientes do resíduo, melhorando sua absorção pelas plantas.

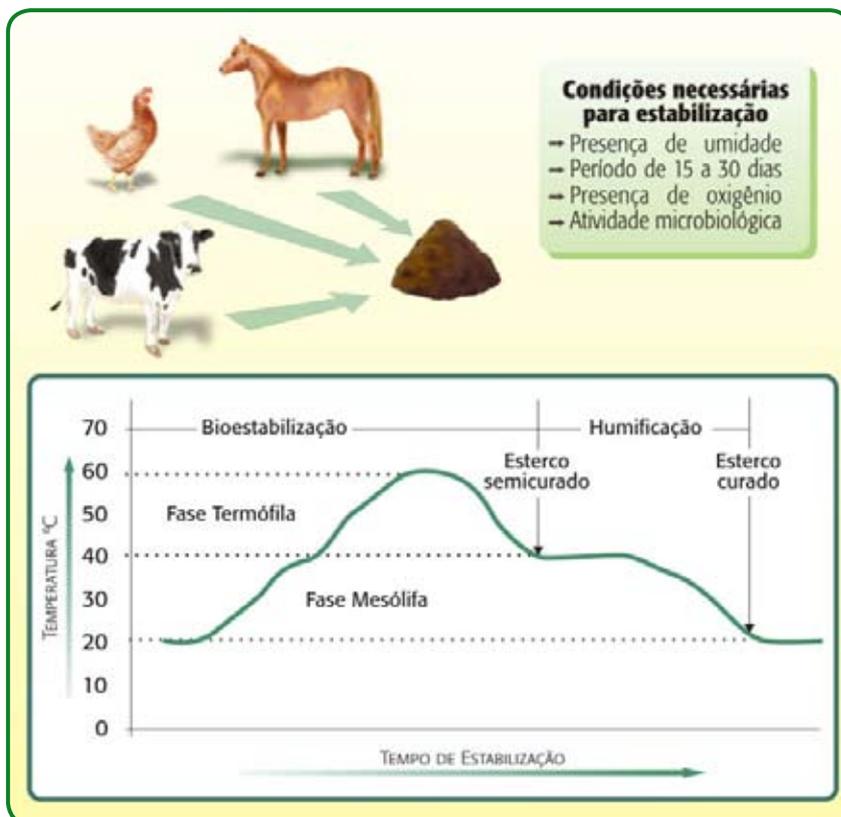


Figura 5.1 - Fases de estabilização de resíduos orgânicos. (Fonte: R. B. Steffen, 2008).

Os dejetos de animais tais como bovinos, suínos, equinos, aves, ovinos e coelhos apresentam composição variável de acordo com a alimentação e o metabolismo de cada espécie animal. No entanto, todos apresentam potencial para serem utilizados na agricultura.

Os dejetos produzidos na atividade avícola são facilmente empregados na agricultura e apresentam boa aceitação por parte dos produtores, devido ao elevado teor de nutrientes e reduzida umidade, o que facilita seu manuseio.

Sabendo que um bovino adulto excreta aproximadamente 23 Kg de fezes por dia, a utilização deste dejetos pode ser justificada não somente pelo seu potencial fertilizante, mas também pela economia em adubos químicos (Tabela 5.2). Analisando diferentes amostras de dejetos de bovinos e suínos, observa-se a ocorrência de grande variabilidade em suas características, o que está relacionado, principalmente, ao tipo de alimentação fornecida aos animais, à quantidade de água utilizada na limpeza das instalações e às diferentes opções de armazenamento e tratamento dos dejetos.

Tabela 5.2 - Concentrações médias de nutrientes e teor de matéria seca de alguns adubos orgânicos.

Material orgânico	C-org.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Matéria Seca
	-- %(m/m) --						
Esterco sólido de bovinos	30	1,5	1,4	1,5	0,8	0,5	20
Esterco sólido de suínos	20	2,1	2,8	2,9	2,8	0,8	25
Esterco líquido de bovinos	13	1,4	0,8	1,4	1,2	1,4	4
Esterco líquido de suínos	9	2,8	2,4	1,5	2,0	0,8	3
Cama de peru (2 lotes)	23	5,0	4,0	4,0	3,7	0,8	75
Cama de frango (3-4 lotes)	30	3,2	3,5	2,5	4,0	0,8	75
Cama de frango (5-6 lotes)	28	3,5	3,8	3,0	4,2	0,9	75
Composto de lixo urbano	12	1,2	0,6	0,4	2,1	0,2	70

Fonte: NRS/SBCS (2004).

Nos dejetos de suínos, os elementos se encontram em quantidades desproporcionais em relação às necessidades nutricionais das plantas. Como as doses de aplicação dos dejetos são calculadas com base no teor dos elementos requeridos em maiores quantidades, ou seja, nitrogênio, fósforo e potássio, os demais elementos geralmente são adicionados em doses excessivas, provocando um acúmulo de nutrientes no sistema solo.

Além de apresentarem macronutrientes essenciais às plantas, os dejetos de suínos contêm micronutrientes como zinco, cobre, manganês e ferro, em virtude da suplementação mineral recebida pelos suínos (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 - Concentrações médias de micronutrientes e de metais pesados em alguns adubos orgânicos.

Material orgânico	Cu	Zn	Cr	Cd	Pb	Ni
	-- %(m/m) --					
Esterco de bovinos	2	4	-	-	-	-
Esterco líquido de suínos	16	43	-	-	-	-
Cama de frango (5-6 lotes)	2	3	-	-	-	-
Composto de lixo urbano	96	490	260	2	59	122

Fonte: NRS/SBCS (2004).

Dentre os nutrientes presentes nos dejetos dos animais, o nitrogênio merece uma atenção especial, por três razões: ser requerido pelas plantas em grande quantidade, ser muito dinâmico no ambiente e por apresentar riscos de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas com nitrato.

5.2 Uso racional de dejetos de origem animal, técnicas, orientações e possíveis problemas de uso a longo prazo

Conforme visto anteriormente, os dejetos de animais apresentam elevada concentração dos elementos requeridos pelas plantas para seu crescimento e desenvolvimento, sendo, por isso, muito utilizados como fertilizantes orgânicos nos sistemas de produção agrícola. No entanto, a aplicação de dejetos nas lavouras deve ser feita com responsabilidade e com cautela, em virtude da presença de uma elevada concentração de nutrientes e de patógenos, os quais oferecem sérios riscos de contaminação ambiental.

Os elevados níveis de nutrientes presentes nos dejetos animais, em função do baixo aproveitamento do alimento fornecido, exigem que o agricultor realize um acompanhamento periódico do teor de nutrientes nos dejetos e no solo. Dessa forma, é possível evitar a aplicação de quantidades excessivas de nutrientes no ambiente agrícola, o que pode prejudicar o desenvolvimento das culturas. Não obstante, a intensa aplicação destes insumos nas áreas agrícolas tem ocasionado a contaminação e poluição do solo, da água e do ar, recursos estes indispensáveis para a sobrevivência humana e animal no Planeta. O desequilíbrio de ambientes terrestres e aquáticos, provocado pelo uso indiscriminado de dejetos, modifica o habitat de diversos organismos da fauna e flora, interferindo no equilíbrio biodinâmico natural dos ecossistemas. A excessiva elevação do teor de nutrientes na água reduz a concentração de oxigênio dissolvido, o que prejudica a fauna e flora aquáticas, assim como os animais e pessoas que ingerirem essa água.

Nas últimas décadas, verificou-se um aumento da preocupação mundial a respeito do impacto que determinadas práticas causam ao meio ambiente, dentre elas a aplicação intensa e periódica de dejetos de animais em sistemas agrícolas.

Aliada à elevada carga nutricional dos dejetos, a presença de patógenos também oferece riscos à saúde das plantas, de animais e do próprio homem. A presença de bactérias coliformes e de substâncias orgânicas geradoras de odores desagradáveis pode tornar as águas de superfície impróprias tanto para o consumo humano quanto para o lazer. Sendo assim, a segurança sanitária deve ser levada em conta na utilização de dejetos para a produção de plantas.

Existem várias técnicas de tratamentos de dejetos capazes de reduzir a carga de patógenos. No entanto, os cuidados devem começar no sistema de criação de animais, através do controle sanitário aplicado aos rebanhos. Recomenda-se a utilização dos dejetos como fertilizante agrícola, após um período de repouso em sistemas anaeróbios ativos, durante trinta dias.

Para que a aplicação desses materiais no ambiente agrícola não provoque danos ao meio ambiente, alguns aspectos devem ser considerados:

- observar as recomendações de segurança sanitária;
- não aplicar dejetos em locais próximos a nascentes, córregos, açudes, rios e lagoas;
- conhecer o teor de nutrientes presente no solo que receberá a adição de dejetos de animais;
- adequar a dose de dejetos a ser aplicado no solo com as necessidades nutricionais das plantas a serem cultivadas;
- adotar técnicas conservacionistas na área com o objetivo de evitar a perda de solo, água e nutrientes;
- utilizar espécies de plantas exigentes em nitrogênio e fósforo, nutrientes encontrados em elevadas concentrações nos dejetos de animais.

Em geral, os dejetos de animais criados em sistema de confinamento contêm altas concentrações de nitrogênio e fósforo, em virtude da alimentação e do manejo do rebanho. Quando aplicados na agricultura como fertilizante, disponibilizam tanto macro quanto micronutrientes para as plantas. Uma grande parte dos elementos e moléculas desses compostos orgânicos se liga às partículas carregadas do solo, elevando sua fertilidade. Porém, após a ocorrência de chuva ou de irrigação, a água infiltra-se no perfil do solo, carregando consigo nutrientes, assim como elementos e substâncias contaminantes. Estas chegam às camadas mais profundas do solo, podendo inclusive atingir lençóis freáticos, através de um processo conhecido como lixiviação, o qual provoca um gradual empobrecimento dos sistemas agrícolas.

No solo, a percolação de nutrientes e de contaminantes presentes nos dejetos até pontos onde existem reservatórios de água se dá via fraturas e poros existentes nas rochas ou no solo, os quais se caracterizam como formas de acesso de elementos e moléculas contaminantes.

O solo e a água são recursos naturais indispensáveis à vida no planeta Terra, sendo a produção de alimentos e a saúde humana dependente destes bens. Nesse sentido, a preservação do meio ambiente é dever e responsabilidade dos cidadãos. Programas de gerenciamento e conscientização dos agricultores são necessários para reduzir a contaminação ambiental provocada pela intensa aplicação de dejetos de animais nos sistemas agrícolas.

A utilização de dejetos de animais em sistemas agrícolas é uma prática eficiente que representa economia nos gastos com insumos. No entanto, a distribuição inadequada e a falta de preocupação com o

meio ambiente pode resultar na contaminação do solo, dos recursos hídricos e do ar, comprometendo a saúde de comunidades rurais e urbanas. Por isso, a aplicação de dejetos nas lavouras deve ser realizada mediante um planejamento técnico de manejo e adubação, levando em consideração a composição química do dejetos, as dimensões da área a ser utilizada, o tipo de solo e seu nível de fertilidade, assim como as exigências nutricionais da cultura que será implantada no local.

Cabe ressaltar que, devido à grande variabilidade de concentração de nutrientes nos dejetos de animais, o estabelecimento das doses a serem aplicadas nos cultivos agrícolas com base em valores médios encontrados na literatura oferece riscos de redução da produtividade das culturas e de poluição ambiental. Na Tabela 5.4, estão representadas variações encontradas nos valores de nitrogênio, fósforo e potássio, além do pH, matéria seca e densidade de dejetos de bovinos e suínos.

Tabela 5.4 – Principais características dos dejetos de bovinos e suínos manejados na forma líquida.

Características	Dejetos de Bovinos		Dejetos de Suínos	
	Variação	Média	Variação	Média
N-total (Kg m ⁻³)	0,15 - 3,67	1,42	0,5 - 8,5	2,92
N-NH ₄ ⁺ (Kg m ⁻³)	0,04 - 1,53	0,41	³ / ₄	1,75
N-NH ₄ ⁺ (% do N-total)	6,49 - 80,39	30,25	20 - 80,1	60
P (Kg m ⁻³)	0,05 - 0,99	0,35	0,03 - 3,83	1,00
K (Kg m ⁻³)	0,14 - 3,11	1,15	³ / ₄	1,28
Densidade (Kg m ⁻³)	1001 - 1044	1020	1001 - 1044	³ / ₄
Matéria Seca (%)	0,14 - 10,61	4,60	0,1 - 8,05	3,00
pH	6,1 - 7,9	7,06	6,8 - 8,2	7,50

Fonte: Giacomini & Aita (2006).

No caso específico do aproveitamento de dejetos de suínos como fertilizante orgânico, os órgãos de proteção ambiental e de fiscalização recomendam sua aplicação no solo somente após um período de permanência de 120 dias em composteiras, para que ocorra a estabilização do material e a redução de seu potencial poluente.

5.3 Interações com aspectos químicos, físicos e biológicos do solo

A adição de resíduos orgânicos ao solo, como dejetos de animais, resíduos culturais e adubos verdes representa a principal fonte de adu-

bos orgânicos ao solo e às culturas agrícolas. Esta prática, além de elevar o nível de fertilidade, essencial para a sustentabilidade de ecossistemas naturais e agrícolas, promove diversas alterações benéficas no solo, decorrentes da melhoria das suas condições químicas, físicas e biológicas, ou seja, de sua qualidade.

A fauna do solo, constituída pelos micro, meso e macrorganismos, realiza diversos serviços sistêmicos, beneficiando a ciclagem de nutrientes, as interações entre solo e planta, a manutenção da umidade e porosidade, a fragmentação de partículas, o desenvolvimento estrutural do solo, entre outros. A sobrevivência da fauna edáfica está condicionada à presença de material orgânico no solo, o qual serve de alimento a uma grande parte de organismos e microrganismos. Sendo assim, o reaproveitamento de dejetos na agricultura é uma prática que beneficia às comunidades de organismos que habitam o solo, proporcionando maior decomposição e estabilização dos resíduos orgânicos e disponibilização de nutrientes às plantas.

Os dejetos de bovinos e suínos podem ser manejados na forma sólida, através da drenagem da fração líquida. No entanto, é consenso o fato de que o manejo na forma líquida aumenta a eficiência de recuperação e manutenção dos nutrientes dos dejetos, além de apresentar maior facilidade de aplicação na lavoura, quando comparado à aplicação de dejetos na forma sólida.

5.4 Ações conjuntas com segmentos sociais e da agroindústria para compatibilizar os interesses dos produtores e da sociedade no descarte de dejetos

O manejo dos dejetos de animais na propriedade rural constitui-se em uma prática indispensável para a manutenção da sustentabilidade do ambiente. Nesse sentido, existem diversas alternativas e formas de tratar esses resíduos de forma a reduzir seu potencial poluente, além de aproveitá-los tanto na agricultura, como fertilizante orgânico para as plantas, quanto na produção de energia, através do uso de biodigestores.

Uma alternativa simples consiste na racionalização da alimentação dos animais, visto que uma alimentação adequada reduz o volume diário de esterco, bem como a concentração de elementos no mesmo, contribuindo para a redução da carga poluidora dos dejetos.

Outra prática eficiente, que vem sendo utilizada há anos na agricultura, consiste no aproveitamento dos dejetos animais como biofertilizantes para as plantas, conforme você já viu anteriormente.

Uma outra forma eficiente de manejo de dejetos animais na propriedade é a implantação de biodigestores. Esta tecnologia exige um

pouco de investimento inicial, mas apresenta a vantagem de produzir biogás através da fermentação dos dejetos, gerando energia que pode ser utilizada na própria unidade de produção agropecuária, representando economia de gastos com energia (Figura 5.2). A utilização de biodigestores vem sendo ampliada nos últimos anos, principalmente em granjas produtoras de suínos e de bovinos.

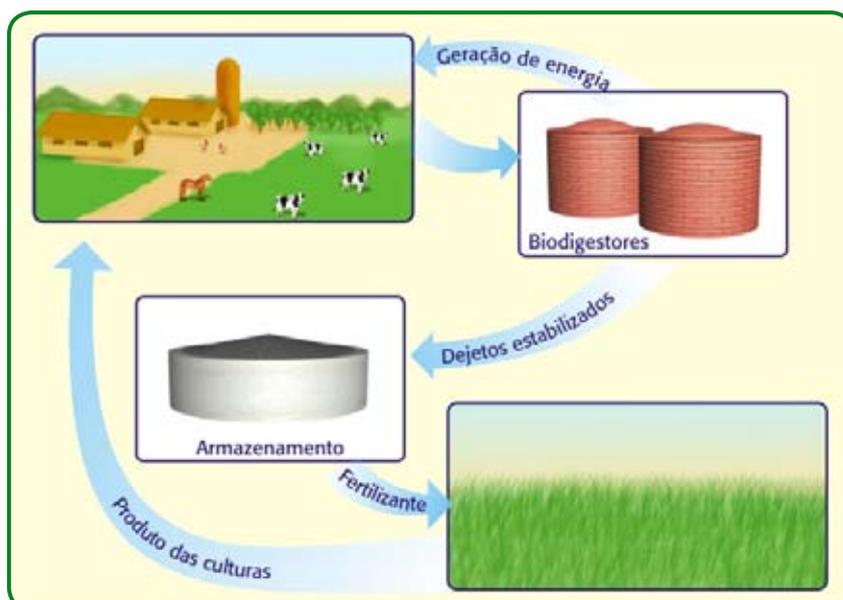


Figura 5.2 – Representação das formas de aproveitamento dos dejetos de animais em uma propriedade rural sustentável.

O biodigestor consiste, basicamente, de uma câmara fechada onde ocorre a fermentação anaeróbica (sem a presença de oxigênio) do esterco armazenado, resultando na produção de dois produtos: biogás e biofertilizante (Tabela 5.5). Esta tecnologia apresenta-se como uma fonte barata e alternativa de produção de energia, que contribui para a redução da carga poluidora dos dejetos, tanto biológica quanto química.

Tabela 5.5 – Componentes do biofertilizante.

Composição	Quantidade (%)
pH	7,5
Matéria orgânica	85
Nitrogênio	1,8
Fósforo	1,6
Potássio	1,0

Fonte: Sganzerla (1983).

O biodigestor, por si só, não produz biogás, mas cria as condições necessárias para que as bactérias metanogênicas, as quais degradam

matéria orgânica produzindo gás metano, atuem sobre os dejetos dos animais e produzam este combustível (Tabela 5.6).

Tabela 5.6 – Expectativa de produção de biogás por biomassa.

Biomassa utilizada	Produção de biogás	Gás metano produzido
	-- m ³ t ⁻¹ massa seca --	-- % --
Frangos	285	variável
Bovinos	270	55
Suínos	560	50
Ovinos	250	50
Equinos	260	variável

Fonte: Sganzerla (1983).

A aplicação de dejetos animais em superfície, embora contribua para a elevação do nível de fertilidade do solo, apresenta o inconveniente de atrair moscas, mosquitos, baratas e animais maiores como ratos, tatus e gambás, os quais são capazes de transmitir doenças aos humanos.

A prática de incorporação de dejetos no solo não apresenta o problema de atração de insetos e demais organismos, no entanto, tem a desvantagem de não provocar a inviabilização das sementes de plantas ingeridas pelos animais e depositadas em suas dejeções. Nesse sentido, as sementes presentes no esterco dos animais poderão germinar e provocar a disseminação de plantas indesejáveis em cultivos agrícolas. Além disso, existe a possibilidade de haver contaminação de águas subterrâneas e superficiais próximas ao local de aplicação de dejetos, em virtude da facilidade de transporte dos elementos relacionados ao perfil do solo juntamente com a água da chuva que se infiltra ou escorre sobre o mesmo.

Conforme verificado nesta unidade, a prática de reaproveitamento dos dejetos de animais na propriedade rural seja como fertilizante orgânico para as plantas seja como fonte de energia, quando realizada de forma adequada, contribui para a reciclagem de nutrientes, para a redução dos custos de produção, assim como para a sustentabilidade dos ecossistemas.

ATIVIDADE

Para realizar a atividade sobre a Unidade 5, entre em contato com o professor da disciplina.

UNIDADE 6

SISTEMAS DE CULTIVO COM BASE NOS PRINCÍPIOS DA BIODINÂMICA DO SOLO

Objetivos da Unidade

- Descrever algumas práticas de manejo do solo que contribuem para a manutenção da sua qualidade e sustentabilidade;
- Demonstrar formas de aproveitamento de resíduos gerados na propriedade rural para a melhoria do ambiente edáfico;
- Demonstrar que é possível cultivar o solo sem provocar sua degradação.

6.1 Técnicas de manejo do solo visando à sustentabilidade e princípios agroecológicos

A dinâmica de ecossistemas naturais e sistemas agrícolas difere quanto a uma série de fatores, dentre eles, o fluxo de entrada e saída de nutrientes do sistema e seu aproveitamento pelas plantas. Nos sistemas naturais, por exemplo, não ocorre adição de fertilizantes minerais, sendo que as plantas se utilizam do processo de ciclagem de nutrientes para obterem elementos necessários ao seu desenvolvimento. Um exemplo disso é o que ocorre com florestas nativas situadas entre as regiões centro e norte do Brasil, as quais se encontram em solos intemperizados e de baixa fertilidade. Todavia, o desenvolvimento e a sobrevivência das espécies vegetais que ali habitam estão fundamentadas no ciclo que se estabelece devido à constante deposição de material vegetal e animal sobre o solo, os quais, após passarem pelo processo de decomposição, garantem a manutenção do sistema florestal existente.

A reciclagem de nutrientes ocorre devido ao processo de mineralização dos resíduos orgânicos depositados no solo. Neste processo, microrganismos edáficos (fungos, bactérias e actinomicetos) transformam os compostos orgânicos em nutrientes minerais, ou seja, formas possíveis de serem absorvidas pelas plantas.

Independentemente do tipo de sistema, natural ou agrícola, a presença e abundância de vegetação depende da disponibilização de nutrientes pelo solo. Em sistemas naturais, em que não há exportação ou retirada de nutrientes do solo, a demanda de nutrientes pelas plantas é menor, visto que a biomassa vegetal produzida é, mais tarde, devolvida ao sistema pelo processo de decomposição e mineralização.

Já em sistemas agrícolas, em que grande parte da biomassa vegetal produzida é retirada do sistema pela comercialização da produção vegetal, para que as plantas continuem produzindo, torna-se necessário o suprimento de nutrientes através de fertilização mineral, via adubos inorgânicos e corretivos agrícolas, ou fertilização orgânica, via aplicação de resíduos vegetais, compostos e vermicompostos orgânicos e rotação de culturas, por exemplo. Em relação à remoção de elementos do sistema solo, tanto nos sistemas naturais quanto nos agrícolas ocorre saída de nutrientes pelos processos de lixiviação, perda de solo e água, e de imobilização. No entanto, os sistemas agrícolas apresentam o agravante de exportar nutrientes via grãos, folhas, frutos ou raízes que são colhidos.

O tipo de uso e manejo que o agricultor confere ao solo e às plantas interfere diretamente na biodinâmica dos nutrientes e na eficiência dos cultivos agrícolas. Portanto, é fundamental conhecer e compreender as práticas de manejo que favorecem a prática da agricultura, sem, no entanto, provocar a degradação do sistema solo e a perda da sustentabilidade ao longo dos anos (Figura 6.1).

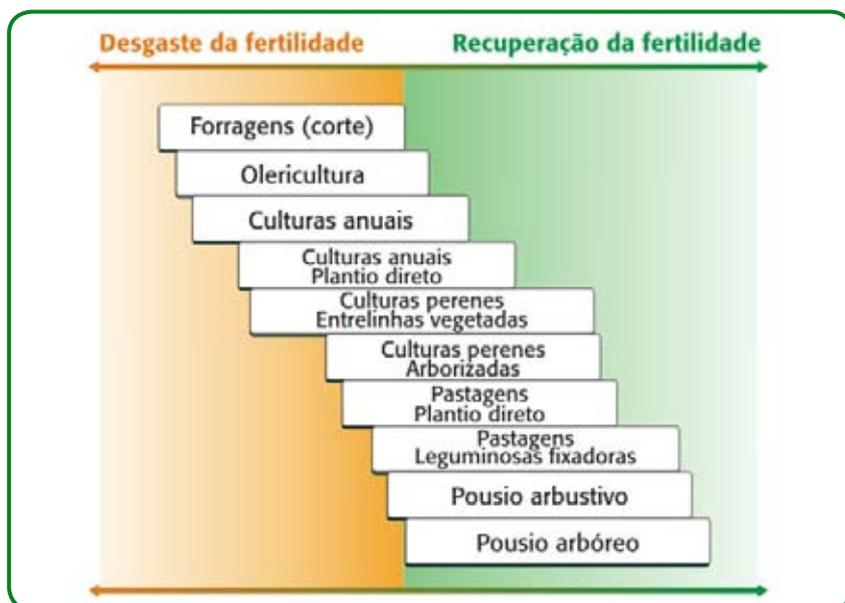


Figura 6.1 – Desgaste e recuperação da fertilidade do solo segundo o tipo de cultura e manejo adotado nos sistemas agrícolas. (Adaptado de Khatounian, 2001).

A importância da manutenção dos fluxos de nutrientes no sistema aumenta proporcionalmente ao grau de intemperização do solo e à diminuição da sua fertilidade. Isso pode ser explicado pelo fato de que, em solos de baixa fertilidade natural, quanto melhor funcionar a dinâmica e a reciclagem de elementos (principalmente via incremento em matéria orgânica), menor será a dependência das plantas em bus-

car nutrientes na fração mineral do solo.

A redução da intensidade de preparo do solo é uma prática simples que traz grandes benefícios ao sistema e às culturas. Dentre eles podemos citar:

- a redução da desagregação das partículas, o que implica em maior proteção da matéria orgânica do solo (MOS);
- a redução da oxidação da MOS;
- o aumento da taxa de infiltração de água;
- a manutenção da continuidade de macroporos;
- o favorecimento da atividade microbológica e dos organismos da fauna;
- a redução da ocorrência de erosão e, conseqüentemente, das perdas de solo, água e nutrientes;
- a redução dos custos de produção inerentes às atividades de mecanização.

A adoção de práticas conservacionistas que visam à redução das perdas de solo e água que ocorrem nas lavouras contribui para a manutenção da fertilidade do solo e da sustentabilidade no campo, principalmente em áreas declivosas mais susceptíveis à ocorrência de erosão. Dentre as práticas conservacionistas importantes, destacam-se os cultivos em nível, o terraceamento, as culturas em faixas, a rotação de culturas e a adubação verde.

Em geral, os solos tropicais apresentam naturalmente baixo teor de matéria orgânica, a qual funciona como um reservatório e fonte de nutrientes, contribuindo para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Em virtude disso, torna-se tão importante a incorporação no solo de resíduos orgânicos externos, como adubos verdes, dejetos de animais e materiais submetidos aos processos de compostagem e vermicompostagem.

6.2 Eficiência na geração e utilização de insumos originados na propriedade

A utilização de resíduos gerados na propriedade como fertilizantes na agricultura, representa desenvolver sistemas alternativos para viabilizar uma melhor produção agrícola. Os resíduos renováveis podem ser de origem vegetal, animal, urbana, industrial ou de outras fontes que estejam disponíveis no ambiente em que vivemos.

A introdução destes materiais favorece a atividade microbiana, a estrutura e capacidade de retenção de cátions e ânions no solo, auxilia na manutenção da umidade e de nutrientes no solo, bem como na incorporação de matéria orgânica.

Os resíduos mais utilizados em propriedades rurais são esterco (bovino, suíno, aves, ovino, bubalino), camas, compostos, vermicomposto, cascas, palhadas, biofertilizantes e outros.

1. ESTERCOS

Os esterco são excrementos de animais (sólidos: esterco bovino; líquido: dejetos de suínos) com material misturado de cama (palhas, casca de arroz, serragem e outros) utilizados na criação dos animais. A utilização de alguns dejetos como, por exemplo, os dejetos suínos na adubação orgânica tem sido uma forma tradicional do aproveitamento deste material, auxiliando a reciclagem dos nutrientes. É importante salientar que este tipo de dejetos quando aplicado em grande escala pode ser prejudicial para o solo. Sabemos que as fezes, se não forem bem manejadas, podem contaminar solo, água, ar e o próprio homem.

As características químicas dos esterco variam de acordo com a espécie animal, material utilizado para cama, alimento, temperatura e tipo de manejo empregado na criação dos animais. Estes resíduos geralmente são ricos em nitrogênio, potássio e fósforo (Tabela 6.1).

Tabela 6.1 - Valores médios de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) e teor de matéria orgânica seca de alguns esterco de origem animal.

Material orgânico	N	P_2O_5	K_2O	Matéria Seca
	-- %(m/m') --			
Cama de aves (1 lotes)	3,0	3,0	2,0	70
Cama de aves (3 lotes)	3,2	3,5	2,5	70
Cama de aves (6 lotes)	3,5	4,0	3,0	70
Esterco sólido de suínos	2,1	2,8	2,9	25
Esterco fresco de bovinos	1,5	1,4	1,5	15
	-- Kg m ⁻³ de Chorume --			
Esterco líquido de suínos	4,5	4,0	1,6	6,0
Esterco líquido de bovinos	1,4	0,8	1,4	4,6
	-- Kg t ⁻¹ --			
Esterco pastoso de bovinos	3,2	2,6	3,4	14,9

Fonte: NRS/SBCS (2004).

Para evitar gastos significativos com transporte, é importante que esses esterco estejam disponíveis na propriedade ou em local próximo. Em muitos casos, é aconselhável introduzir fósforo ao esterco para diminuir as perdas de nitrogênio e elevar os teores deste nutriente.

2. COMPOSTO

Como você já sabe, o composto orgânico é resultado de um processo fermentativo controlado de diferentes resíduos de origem vege-

tal ou animal, os quais sofrem decomposição bioquímica, originando um composto orgânico mais estável ou humificado.

Durante o processo de compostagem, alguns pontos devem ser levados em consideração, como a relação C/N do material orgânico, o teor de umidade, a aeração e a inoculação de microrganismos.

O tempo de compostagem dos resíduos varia de acordo com o material utilizado, estando principalmente relacionado à relação C/N do mesmo. Quanto maior for a quantidade de carbono do resíduo, ou seja, quanto maior for sua relação C/N, maior será o tempo necessário para que ocorra sua estabilização. Resíduos com relação C/N muito baixa devem ser misturados com resíduos com alta relação C/N, visando à obtenção de uma pilha de materiais orgânicos com relação C/N média.

A compostagem de resíduos com relação C/N baixa não é recomendada devido à perda de nitrogênio por volatilização na forma de amônia. A compostagem de resíduos com relação C/N muito alta também não é recomendada devido ao consumo de nitrogênio do solo pelos microrganismos, o que causa deficiência temporária deste nutriente as plantas.

A aplicação de compostos orgânicos ao solo favorece a melhoria de suas propriedades químicas, físicas e biológicas, influenciando positivamente a biodinâmica do ecossistema (Tabela 6.2).

Tabela 6.2 – Características físicas, químicas e biológicas de um solo com utilização de compostos orgânicos.

Propriedades físicas	Propriedades químicas	Propriedades bioquímicas ou biológicas
<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da estabilidade da estrutura do solo - Melhoria da aeração, diminuindo a compactação - Diminuição da densidade aparente do solo - Aumento da permeabilidade do solo - Aumento da resistência à erosão e à lixiviação - Diminuição da condutividade térmica, atenuando as variações de temperatura - Aumento da retenção de água 	<ul style="list-style-type: none"> - Adição de elementos (N-P-K) e micronutrientes - Aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) - Favorece a formação de complexos com íons metálicos, eliminando o efeito tóxico de alguns deles, principalmente Mn e Al - Aumento do poder tampão, atenuando as variações bruscas de pH 	<ul style="list-style-type: none"> - Fornecimento de substrato à vida microbiana - Favorecimento do aumento da população de saprófitas, levando à competição com parasitas - Formação de substâncias aglutinantes formadas durante o metabolismo microbiano e a própria morte destes - Efeito estimulante que alguns restos de cultura exercem sobre uma cultura específica, ou efeito inibitório sobre certas ervas daninhas

Fonte: Kiehl (1985).

O processo de compostagem dos resíduos orgânicos é importante, visto que estes devem estar estabilizados antes de sua aplicação ao solo como fertilizante.

3. VERMICOMPOSTO

A utilização de minhocas na transformação de resíduos orgânicos em húmus é uma prática antiga e de reconhecida importância, a qual é denominada vermicompostagem. As minhocas aceleram o processo de compostagem através da trituração do material orgânico, da ação de enzimas, hormônios e de uma grande quantidade de microrganismos existentes em seu trato digestivo. Este processo que transforma resíduos das culturas agrícolas em húmus com o auxílio de minhocas pode ser realizado com as mais variadas espécies destes anelídeos, no entanto, algumas apresentam vantagens durante o processo da vermicompostagem, como é o caso da *Eisenia andrei* e *Eisenia fetida*. Estas espécies também são conhecidas como vermelha da Califórnia e, no Brasil, correspondem às espécies mais utilizadas, devido à alta prolificidade, precocidade reprodutiva, elevada resistência, além de produção de húmus de qualidade. Na Figura 6.2, você pode observar minhocas da espécie *E. andrei* transformando esterco bovino em húmus.



Figura 6.2 – Processo de vermicompostagem utilizando minhocas da espécie *E. Andrei*. (Foto: G. P. K. Steffen).

A transformação dos resíduos vegetais em húmus ocorre rapidamente, visto que as minhocas ingerem, diariamente, uma quantidade de material orgânico equivalente ao seu peso. No entanto, o tempo de transformação é variável em função da população de minhocas inoculada no material, das condições ambientais, bem como da qualidade

dos resíduos orgânicos. O produto final do processo de vermicompostagem é denominado vermicomposto ou húmus.

A definição de húmus do solo refere-se a todos os detritos vegetais e animais que passaram por um processo de decomposição biológica através da ação de organismos. No entanto, o húmus produzido pelas minhocas é, em média, 70% mais rico em nutrientes que os demais húmus.

O vermicomposto ou húmus é uma mistura de matéria orgânica humificada e excrementos das minhocas. Trata-se de um produto de coloração escura, uniforme, inodoro e leve, cuja granulometria lembra vagamente o pó de café. Enquanto que a textura da matéria orgânica é grosseira e permite identificar os resíduos originais, a textura do húmus é fina e homogênea, não sendo possível identificar a matéria orgânica de origem. Sendo assim, o húmus apresenta propriedades físicas, químicas e biológicas completamente diferentes da matéria-prima original, principalmente devido ao seu maior grau de humificação.

O vermicomposto é rico em coprólitos (excrementos), em matéria orgânica e em sais minerais, é de fácil assimilação pelas plantas, constituindo-se em um ótimo substrato para o crescimento e desenvolvimento de mudas. Além disso, ainda apresenta a vantagem de ser neutro, uma vez que as minhocas possuem glândulas calcíferas (glândulas de Morren), as quais auxiliam e/ou facilitam a correção do pH do substrato e concentram cálcio.

A origem dos resíduos orgânicos utilizados para a produção de vermicomposto é fundamental, pois somente uma matéria-prima de qualidade resultará em um húmus de qualidade. Praticamente todos os resíduos orgânicos encontrados em uma propriedade rural podem ser utilizados no processo de vermicompostagem, tais como: esterco de animais, erva-mate, restos de frutas, verduras e alimentos, conteúdo ruminal, bagaço de cana-de-açúcar, diversos tipos de palha, casca de arroz, restos de coqueira, cama de animais, entre outros. Além desses materiais, também podem ser aproveitados resíduos gerados por agroindústrias, como resíduos de frigoríficos, de usinas de laticínios, de curtumes, de indústrias de conservas, de sucos, sobras de horti-frutigranjeiros (CEASAS) e até mesmo borra de café e lodo de esgoto urbano.

Os minhocultores devem utilizar os materiais que estiverem disponíveis em sua propriedade ou nas localidades próximas ao seu minhocário, sempre levando em conta os objetivos da criação de minhocas. A minhocultura é uma atividade bastante recomendada para chácaras, fazendas e sítios, pois possibilita a reciclagem de resíduos orgânicos e o aproveitamento de materiais.

Dentre os esterco de animais, os mais freqüentemente utilizados são os de bovinos, equinos, coelhos, aves e búfalos (Tabela 6.3).

Tabela 6.3 - Relação de macronutrientes dos principais tipos de esterco.

Esterco	N %		P ₂ O ₅ %		K ₂ O %		CaO %	
	sólido	líquido	sólido	líquido	sólido	líquido	sólido	líquido
Bovino	0,32	0,95	0,21	0,03	0,16	0,95	0,34	0,01
Equino	0,50	1,20	0,30	*	0,25	1,50	0,15	0,45
Ovino	0,65	1,68	0,46	0,03	0,23	2,10	0,46	0,16
Suíno	0,60	0,30	0,46	0,12	0,44	1,00	0,09	0,0
Aves	1,00	**	0,80	**	0,40	**	**	**

* Apresenta apenas vestígios
** Não encontrado

Fonte: Vogtmann & Wagner (1987).

No entanto, aconselha-se que o esterco utilizado seja oriundo de animais confinados e livres de impurezas, pois um vermicomposto produzido com esterco de má procedência poderá apresentar sementes indesejáveis de plantas invasoras, as quais irão contaminar o solo ao qual o vermicomposto for adicionado. A contaminação do solo com ervas daninhas tornou-se um problema tão comum que os compradores de húmus estão exigindo teste de germinação para garantir que o produto que estão adquirindo esteja livre de sementes, além de uma análise química para determinação dos teores de nutrientes.

O esterco de bovinos é o mais usado pelos minhocultores, em função de ser facilmente armazenado e compostado, mas principalmente devido à grande disponibilidade que apresenta em relação aos demais esterco e à relação C/N que favorece o processo de decomposição e transformação do esterco em húmus.

O esterco de coelhos é muito aceito pelas minhocas e apresenta a vantagem de não necessitar processo de compostagem, podendo ser oferecido "in natura" aos organismos. Apresenta textura leve, pH equilibrado e odor característico, no entanto, é pouco utilizado devido à baixa disponibilidade.

O esterco de aves também é pouco utilizado pelos criadores de minhocas em função de apresentar ciclo de compostagem lento, retardando o processo de vermicompostagem para até 6 meses. Além disso, aquece com bastante facilidade e possui um odor característico que não é muito atraente às minhocas.

Tabela 6.4 - Dosagem de adubação com húmus em diferentes plantios.

Cultura	Cobertura	Observações
Vasos pequenos	4 colheres de sopa mês ⁻¹	Misturar com substrato
Vasos grandes	5 colheres de sopa mês ⁻¹	Misturar com substrato
Jardins gramados	300 g m ⁻²	Irigar após aplicação e refazer durante dois meses
Flores e arbustos	200 a 500 g m ⁻²	Cobertura no início da estação
Hortaliças e legumes	500 g m ⁻²	Cobertura durante todo o cultivo
Pastagens	Durante a preparação do solo misturar com a terra 500 g m ⁻²	Durante o redízio das pastagens aproveitar para descompactar

Fonte: Almeida (1996).

4. APARAS DE GRAMA, PALHADAS, CASCAS, SERRAGEM E OUTROS

As aparas de grama são materiais orgânicos com alto potencial para serem utilizados na compostagem, pois podem ser ricos em nutrientes. Quando usamos nas pilhas de compostagem, auxiliam na manutenção da temperatura, da umidade e dificultam a proliferação de moscas.

As palhadas, cascas e serragem, que apresentam alta relação Carbono:Nitrogênio (C/N), são excelentes materiais para serem utilizados juntamente com os esterco nos processos de compostagem e vermicompostagem.

A adição desses materiais na superfície do solo traz grandes benefícios aos cultivos agrícolas, bem como à fauna que habita estes ambientes, pois protege o solo da ação desagregadora da chuva, do vento e do sol. A camada de resíduos orgânicos ou cobertura morta auxilia na manutenção da umidade, protege o solo quanto ao ressecamento pela incidência direta do sol e quanto ao impacto das gotas de chuva, as quais provocam a desagregação das partículas, tornando o solo vulnerável à ocorrência do processo de erosão. Desta forma, as plantas e a fauna edáfica encontram melhores condições para o seu crescimento e desenvolvimento em locais onde há presença de resíduos orgânicos sobre o solo.

6.3 Como é possível produzir e ainda melhorar a qualidade dos recursos naturais?

Ao longo da disciplina, você observou que é possível produzir sem degradar o solo e prejudicar a qualidade e abastecimento de água. Sobre tudo, viu que esta manutenção da capacidade produtiva permite a continuidade da produção em uma mesma gleba por muito tempo, reduzindo a necessidade de se “abrirem” novas fronteiras agrícola para o aumento de produção.

Com isto, ao mesmo tempo em que se mantém ou até se aumenta a produção nacional, é possível preservar áreas naturais como campos nati-

vos, florestas, matas ciliares, banhados, que continuam atuando com suas importantes funções ecológicas. Estas, além de perpetuarem a diversidade de vida de nossos ecossistemas, ainda exercem funções fundamentais no equilíbrio da própria atividade humana.

Se o homem, ao utilizar os recursos naturais para produzir, escolher o manejo adequado e souber respeitar os limites ecossistêmicos de produção de biomassa, além de manter a si e às futuras gerações, mediante a conservação dos recursos produtivos, poderá até mesmo melhorar a qualidade de vida das populações humanas e dos próprios produtos produzidos.

As práticas agroecológicas atestam melhorias na qualidade dos alimentos e do meio pela eliminação de agrotóxicos e adubos minerais. Programas de estabelecimento dessas práticas em âmbito de microbacias ou até mesmo bacias hidrográficas contribuem para reduzir a contaminação de solo, água e seres humanos.

Do mesmo modo, o reuso de dejetos e resíduos na forma de adubos orgânicos, além de reduzir custos (econômicos e ambientais) com adubação mineral, contribui para diminuir riscos de contaminação do solo e água e de eutrofização de mananciais hídricos, mantendo o equilíbrio das cadeias alimentares.

O respeito às áreas de proteção permanente, como matas ciliares e topos de morros, além de banhados, perpetua as funções que estas possuem na regulação do ambiente. Assim, processos erosivos não se instalam ou são contidos, a água da chuva continua a se infiltrar no solo, recarregando aquíferos e lençol freático e diminuindo o problema do escoamento superficial. Mais especificamente em relação à preservação das matas ciliares, estas detêm a erosão, ciclam nutrientes e estabilizam as margens dos rios e riachos. As águas que escorrem de cotas mais altas do relevo, antes de chegarem aos rios, passam pela zona de mata ciliar, a qual atua como “filtro” de modo que o aumento de cargas do solo promovido pela presença da vegetação permanente, atua no sentido de reter íons antes que estes atinjam os corpos d’água.

Uma relação de equilíbrio ente homem e natureza não é mais uma utopia. As informações obtidas por pesquisas e as práticas biodinâmicas desenvolvidas podem auxiliar na implantação de um novo modo de produção, mais sustentável e racional.

ATIVIDADE

Para realizar a atividade sobre a Unidade 6, entre em contato com o professor da disciplina.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALMEIDA, J. & NAVARRO, Z. **Reconstruindo a Agricultura**: Idéias e Ideais na Perspectiva de um Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, UFRGS, 1997. 323 p.

ALMEIDA, P. C. C.; **Minhocultura** - Tudo o Que Você Precisa Saber. Cuiabá/MT, Coleção Agroindústria, v. 07, 1996. 94 p.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: A Dinâmica Produtiva da Agricultura Sustentável. 3.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS, 2001 (Síntese Universitária, 54).

ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N.; CARLOSSO. S. J. T.; WIETHAN. M. M. S. **Iniciação à Minhocultura**, Santa Maria, 1996.

ANTONIOLLI, Z. I.; KIST, G. P.; STEFFEN, R. B. **Produção de Biomassa de Eisenia fetida Savigny (1826) à base de Casca de Arroz e Esterco Bovino**. In: Anais do??? III Congresso Brasileiro de Minhocultura e V Congresso Gaúcho de Minhocultura, 22 a 24 de novembro de 2006. Pelotas, RS.

AQUINO, A. M.; ALMEIDA, D. L.; SILVA, V. F. Utilização de Minhocas na Estabilização de Resíduos Orgânicos e Vermicompostagem. **Boletim Técnico**. EMBRAPA, Rio de Janeiro, p. 02-11, 1991.

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T. & HUNGRIA, M. (Eds.). **Biologia dos Solos dos Cerrados**. Planaltina, EMBRAPA – CPAC, 1997.

AZEVEDO, A. C. de; DALMOLIN, R. S. D. **Solos e Ambiente**: Uma Introdução. Santa Maria. Ed. Pallotti, 2006, 100p.

BARETTA, D.; MAFRA, A.L.; SANTOS, J.C.P.; AMARANTE, C.V.T. & BERTOL, I. Análise Multivariada da Fauna Edáfica em Diferentes Sistemas de Preparo e Cultivo do Solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41:1675-1679, 2006.

[mais de 3 autores... et. al.]

BROWN, G. G. How do Earthworms Affect Microfloral and Faunal Community Diversity? **Plant and Soil**, Crawley, v. 170, 1995. p. 209-231.

BROWN, G. G., EDWARDS, C. A., BRUSSAARD, L. How Earthworms Affect Plant Growth: Burrowing into the Mechanisms. In: EDWARDS, C. A. (Ed.), **Earthworm Ecology**. CRC Press, Boca Raton, 2004, pp. 13-49.

CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do Solo**. Campinas, SBCS. 1992, 360 p.

CEKINSKI, E. et al. **Tecnologia de Produção de Fertilizantes**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1990. 237 p.

COLEMAN, D. & HENDRIX, P. **Invertebrates as Webmasters in Ecosystems**. CABI Publishing: London, 2000.

DORAN, N. J. W. & ZEISS, M. R. **Soil Health and Sustainability: Managing the Biotic Component of Soil Quality Applied Soil Ecology**. v. 15, n.1, p. 3-11, 2000.

EDWARDS, C. A. The Use of Earthworms in the Breakdown and Management of Organic Wastes. In: EDWARDS, C. A. (Org.). **Earthworm Ecology**. Boca Raton: St. Lucie Press, 2004. p. 327-354.

KIEHL, E. J. **Contribuição para o Estudo e o Preparo do Composto**. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Instituto do Açúcar e do Alcool, Serviço Técnico Agrônomo, 1957. 47 p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo, Ceres, 492 p, 1985.

KHATOUNIAN, C. A. **A Reconstrução Ecológica da Agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001. 348 p.

GIACOMINI, S. J. & AITA, C. Uso de Dejetos Animais em Sistemas Agrícolas. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. **Manejo de Sistemas Agrícolas: Impacto no Seqüestro de C e nas Emissões de Gases de Efeito Estufa**. Embrapa, 2006, 215p. [mais de 3 autores... et. al.]

GIASSON, E. Introdução ao Estudo dos Solos. In: Meurer, E. (Ed.) **Fundamentos de Química do Solo**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 11-29.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável**. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS, 2000.

INDA JÚNIOR et al. Composição da Fase Sólida Mineral do Solo. In: Meurer, E. (Ed.) **Fundamentos de Química do Solo**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 30-61.

HENDRIX, P. F. Soil Biota as Component of Sustainable Agroecosystems. In: EDWARDS (Ed). **Sustainable Agricultural System**. Soil and Water Conservation. Local: Editora??? 1990. p. 637-654.

KNAPPER, C. F. U. Vermicompostagem: Uma Nova Proposta de Discussão. **Estudos Leopoldenses**. Local: Editora???? v.126, n.115, p.35-50, 1990.

KNAPPER, C. F. U. **Sugestões Práticas para Futuros Minhocultores**. São Leopoldo/ RS: Editora, 1994, 23 p.

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil Ecology**. Norwell: Kluwer Academy Publishers, 654p., 2001.

LAVORENTI, A.; PRATA, F.; REGITANO, J. B. Comportamento de Pesticidas em Solos – Fundamentos. In: **Tópicos em Ciência do Solo**. v. III, Viçosa: SBCS, 2003. p. 335-400.

MACFADYEN, A. Faune du Sol e Processus de la Decomposition. **Seminaire de Louvain**. Belgique, 1972.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros. Editora UFLA, 2008. 768 p.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara. 1988.

PEIXOTO, R.T. & MAROCHI, A.I. A Influência da Minhoca *Pheretima* sp. nas Propriedades de um Latossolo Vermelho-escuro Álico e no Desenvolvimento de Culturas em Sistema de Plantio Direto em Arapoti-PR. **Revista Plantio Direto**. 35, 23-35. 1996.

PEIXOTO, R. T. dos G. **Compostagem: Opção para o Manejo Orgânico do Solo**. Londrina, IAPAR, 48 p. (IAPAR. Circular, 57). 1988.

PRIMAVESI, A. **O manejo Ecológico do Solo: Agricultura em Regiões Tropicais**. São Paulo. Nobel. 1980. 541p.

RESENDE, A.V.; KONDO, M.K. Leguminosas e Recuperação de Áreas Degradadas. **Informe Agropecuário**. v.22, n.210, p.46-56, 2001.

ROVEDDER, A. P. **Revegetação com Culturas de Cobertura e Espécies Florestais para a Contenção do Processo de Arenização em Solos Areníticos no Sudoeste do Rio Grande do Sul**. 2003. 120 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

ROVEDDER, A. P. M. **Potencial do *Lupinus Albescens* Hook. & Arn. para Recuperação de Solos Arenizados do Bioma Pampa**. 2007. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Santa Maria,

2007. 126 p.

SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos de Matéria Orgânica do Solo**. Porto Alegre: Gênese, 1999, 508 p.

SGANZERLA, E. **Biodigestores**: Uma Solução. Porto Alegre: Agropecuária, 1983.

SIQUEIRA, J. O. & FRANCO, A. A. **Biotecnologia do Solo**: Fundamentos e Perspectivas. São Paulo. Editora Gráfica Nagy Ltda. 1988. 236p.

SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S. da; SESTI, L. A. C. **Suinoicultura Intensiva**: Produção, Manejo e Saúde do Rebanho. Embrapa, 1998, 388 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10º Ed. Porto Alegre: SBCS/Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.

TAGLIARI, P. S.; GRASSMANN, H. Minhoca: A Grande Aliada da Agricultura. **Agropecuária Catarinense**. v. 8, n.1, p.11-14, 1995.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Soils and Soil Fertility**. 6. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005. 489 p.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos Solos dos Cerrados**. Embrapa, 1997, 524 p.

VOGTMANN, H.; WAGNER, R. **Agricultura Ecológica**: Teoria & Prática. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1987. 168 p.

WALDT, P. G. S. Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa, 635 p.