

TECNOLOGIAS LIMPAS EM AGRO-PECUÁRIA

AGRICULTURA E AMBIENTE



FICHA TÉCNICA



Título	TECNOLOGIAS LIMPAS EM AGRO-PECUÁRIA
Autores	Maria José Cunha Rui Amaro Alexandra Oliveira Fernando Casau
Editor	© SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação Consultadoria Empresarial e Fomento da Inovação, S.A. Edifício “Les Palaces”, Rua Júlio Dinis, 242, Piso 2 – 208, 4050-318 PORTO Tel.: 226 076 400, Fax: 226 099 164 spiporto@spi.pt; www.spi.pt Porto • 2005 • 1.ª edição
Produção Editorial	Principia, Publicações Universitárias e Científicas Av. Marques Leal, 21, 2.º 2775-495 S. João do Estoril Tel.: 214 678 710; Fax: 214 678 719 principia@principia.pt www.principia.pt
Revisão	Marília Correia de Barros
Projecto Gráfico e Design	Mónica Dias
Paginação	Xis e Érre, Estúdio Gráfico, Lda.
Impressão	SIG – Sociedade Industrial Gráfica, Lda.
ISBN	972-8589-50-6
Depósito Legal	233535/05

TECNOLOGIAS LIMPAS EM AGRO-PECUÁRIA

Maria José Cunha
Rui Amaro
Alexandra Oliveira
Fernando Casau

AGRICULTURA E AMBIENTE



Sociedade Portuguesa de Inovação



A agricultura é a actividade que mais área ocupa na superfície da terra e a principal actividade para a maior parte da população mundial. Em 1999, mais de 37% da superfície terrestre era ocupada por culturas e pastagens e dois terços do consumo de água era devido à agricultura.

Em 2005, seremos cerca de 8,5 biliões de seres humanos e a agricultura terá de ter capacidade para os alimentar e proporcionar qualidade de vida às populações rurais. A agricultura tem de responder a este desafio, sobretudo através do incremento da produção nas terras já disponíveis, evitando a invasão de terrenos marginais. É, assim, preciso aumentar a produção, mas fazê-lo de uma forma sustentável, ao mesmo tempo que devem ser promovidas a qualidade e a segurança alimentar.

As actividades rurais desenvolvem-se em estreito contacto com a Natureza, acrescentando-lhe valor através da produção de recursos renováveis; no entanto, a sobre-exploração dos recursos e a utilização de práticas culturais incorrectas podem torná-la vulnerável.

A maior parte dos alimentos produzidos a nível mundial é obtida em sistemas de produção intensivos, o que tem contribuído para o aparecimento e desenvolvimento de problemas ambientais: teores elevados de nitratos nas águas, eutrofização, resíduos de pesticidas, redução da biodiversidade, degradação e erosão dos solos e redução da camada de ozono. Não podemos esquecer ainda as alterações climáticas que se têm vindo a observar e que, embora tenham a ver com a produção de CO₂ ao nível de todos os sectores da sociedade, estão também relacionadas com a agricultura, quer ao nível da produção de metano nas explorações pecuárias, quer através do consumo de energias fósseis, poluentes e não renováveis.

A sociedade exige assim que, cada vez mais, no processo de produção agro-pecuária, não haja degradação do meio ambiente, pelo que assume cada vez mais relevância a implementação de sistemas de produção mais sustentáveis. É fundamental desenvolver e utilizar tecnologias seguras e correctas que promovam a produção, mantenham ou melhorem a fertilidade dos solos, assegurem a reciclagem dos nutrientes, conservem a água e a energia e controlem os inimigos das culturas.

Em alguns casos, a agricultura pode ainda ter um papel muito importante na reversão de alguns problemas como sejam, por exemplo, a retenção de carbono nos solos, o incremento da infiltração da água e a preservação da paisagem rural e da biodiversidade. Estes são também objectivos presentes nos programas de promoção da Agricultura Sustentável e do Desenvolvimento Rural, preconizados na Agenda 21.

É neste conceito de necessidade de acentuar a sustentabilidade na agricultura que se enquadram as Tecnologias Limpas.

Tecnologias Limpas são um conjunto de técnicas ou procedimentos que minimizam, ou até eliminam, o impacto ambiental negativo. A produção com recurso a Tecnologias Limpas tem um carácter preventivo, procurando evitar a produção de resíduos através do aproveitamento máximo das matérias-primas utilizadas durante o processo produtivo.

A finalidade é aproveitar melhor as matérias-primas e os factores de produção, estimulando o desenvolvimento e garantindo a qualidade dos produtos, segundo as exigências do mercado actual.

Para o desenvolvimento de uma Produção mais Limpa deve observar-se a maneira como um processo de produção está a ser realizado e detectar que etapas podem ser melhoradas.

A utilização de Tecnologias Limpas é, assim, um método de abordagem que aplica uma estratégia económica, tecnológica e ambiental aos processos e produtos, proporcionando benefícios económicos e ambientais para quem as implementar.

As empresas caminham para o desenvolvimento sustentável, não apenas pelo seu benefício ambiental, mas, principalmente, por razões económicas; produzir de forma mais limpa aumenta a sua eficiência e a competitividade dos produtos. É a “Eco-eficiência” perseguida hoje em todo o mundo, trazendo a melhor compatibilização dos processos produtivos com os recursos naturais do planeta.

Neste contexto, o presente manual pretende mostrar um conjunto de Tecnologias Limpas que podem ser aplicadas na agricultura. A apresentação dos conteúdos é feita em dois capítulos: no primeiro, são indicadas Tecnologias Limpas a serem utilizadas na produção agrícola, com especial realce para a gestão do solo e para a protecção das culturas, agradecendo-se a colaboração de Luís Coelho; no segundo, que coutou com a colaboração de Luisa Vaz e Gil Feio, apresentam-se as pastagens como uma Tecnologia Limpa de excelência na alimentação animal e um conjunto de estratégias alimentares alternativas que visam a redução do impacto ambiental da produção pecuária.

MARIA JOSÉ CUNHA
RUI AMARO
ALEXANDRA OLIVEIRA
FERNANDO CASAU

TECNOLOGIAS LIMPAS NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

**A Agricultura é a arte de
trabalhar a terra e acrescentar
valor à Natureza.**

O B J E C T I V O S

- Dar uma panorâmica sobre algumas medidas que podem ser utilizadas ao nível das explorações, tendo em vista a redução dos impactos ambientais da actividade agrícola.



ENQUADRAMENTO A sustentabilidade da agricultura em Portugal deve ser uma prioridade. As empresas modernas deverão aliar à produção agrícola tecnologias de produção limpas que reduzam a mobilização do solo e melhorem a sua fertilidade, diminuindo os riscos de erosão e promovendo a vida no solo, minimizem os gastos energéticos e reciclem os resíduos, minimizem a poluição do meio ambiente e defendam o consumidor e o agricultor da contaminação com fertilizantes e pesticidas.

Ao nível da gestão do solo, são particularmente importantes as técnicas de mobilização do solo, as rotações e as consociações. A diminuição da intensidade da mobilização mecânica através da mobilização mínima e da sementeira directa promovem a acção dos agentes naturais, físicos e biológicos, sem custos para o agricultor. Estas técnicas conduzem a um aumento do teor de matéria orgânica e da população de organismos no solo, com redução dos riscos de erosão e dos consumos e investimentos em tractores e equipamentos, contribuindo indirectamente para mitigar o efeito estufa por via do armazenamento de carbono no solo.

No que se refere aos consumos energéticos é de extrema importância a escolha de tractores com baixos consumos e de equipamentos adequados bem como implementar o princípio da proximidade no consumo de alimentos.

No âmbito da protecção das culturas deverá ser dada prioridade a todas as medidas preventivas que, indirectamente, promovam o equilíbrio dos ecossistemas, privilegiando-as, em detrimento de medidas directas de combate contra os inimigos das culturas que, normalmente, têm efeitos menos duradouros mas com maior impacto económico e ambiental.

GESTÃO DO SOLO

O solo é um recurso natural não renovável e a sua erosão do solo é um grave problema ambiental. A actividade agrícola tem conduzido em muitas situações a uma aceleração dos processos erosivos, reduzindo os solos de melhor qualidade e piorando a fertilidade em todos eles. A actividade agrícola está, desde a antiguidade, ligada à preparação do solo antes da sementeira. Muitas civilizações desapareceram devido a um mau uso do solo e da água. A preservação do solo é, por isso, um objectivo mundial.

O crescimento da população depende da produção de alimentos e esta, por sua vez, depende da gestão do solo. Os agricultores devem ser «guardas da natureza», usando técnicas que promovam o equilíbrio do ecossistema e que evitem a poluição do solo, da água e da atmosfera.

No século XX desenvolveram-se técnicas de mobilização do solo mais económicas, por reduzirem os consumos de combustível e os tempos de trabalho; no século XXI estão em desenvolvimento novas tecnologias, mais limpas, ligadas à agricultura de precisão, prevendo-se uma gestão da mobilização do solo ajustada ao tipo de solo e à compactação existente.

MOBILIZAÇÃO DO SOLO

Portugal encontra-se numa região semi-árida muito sensível à erosão e a mecanização das operações tem levado à degradação dos solos, nomeadamente no Alentejo onde a produtividade decresceu nos últimos 50 anos.

O solo deve ser considerado como um ecossistema vivo, onde existem elementos nutritivos, minerais e orgânicos, que servem de alimento a animais e plantas. Não pode, assim, ser visto apenas como um meio inerte onde as plantas vão buscar água e nutrientes (fertilidade química), mas também como um meio que facilita a infiltração e permite o arejamento (fertilidade física). Para além disso, o solo deve ser encarado como uma central de reciclagem em que toda uma cadeia alimentar de decompositores trabalha para mineralizar a matéria orgânica.

Em muitos casos, a estrutura do solo pode ser considerada como o factor limitante mais importante na produção agrícola. A estrutura depende da composição granulométrica (textura) mas há que atender também à composição mineralógica, nomeadamente da fracção argilosa.

O estudo da acção do clima sobre o solo pode permitir determinar os melhores períodos para entrar com máquinas ou animais no terreno, evitando-se a compactação e a destruição da estrutura do solo, bem como prever a evolução da estrutura por acção do humedecimento e secagem.

! A matéria orgânica é fundamental para uma boa estrutura do solo.

A manutenção de uma boa agregação está dependente da matéria orgânica. Apesar de os ácidos orgânicos poderem promover a dispersão da argila, esta pode vir a ser estabilizada pela acção de polissacáridos produzidos por bactérias, fungos e pelas próprias raízes das plantas, ou por catiões que actuam como pontes entre os colóides orgânicos e as argilas.

O arranjo espacial dos agregados deve originar uma rede contínua de poros, essencial ao bom crescimento das culturas, devendo permanecer estável à acção da água e do vento.

Nos solos onde a matéria orgânica é o principal agente de ligação, a macroagregação pode ser controlada através de adições regulares de matéria orgânica. As gramíneas, devido ao seu sistema radical fino e abundante, exercem uma acção de compressão e de extracção de água que melhora a estrutura do solo.

A acção prejudicial do clima sobre a estrutura traduz-se pelo efeito de choque das gotas de chuva que produzem a desagregação dos torrões. Em primeiro lugar, há a compressão da atmosfera interna, podendo o agregado explodir e, de seguida, quando estiver totalmente humedecido, desaparece a coesão. Quando sofrem esta acção os microagregados são espalhados e as partículas de

argila podem ficar dispersas. Como consequência desta instabilidade superficial, os macroporos da superfície ficam obstruídos, diminui a infiltração e aparecem formas mais ou menos graves de escoamento superficial. No perfil, por influência desta desagregação superficial, há uma diminuição da porosidade.

! Mobilizar o solo com elevados níveis de humidade, destrói a sua estrutura.

A mobilização do solo está condicionada por duas propriedades: a coesão e a adesão. Consoante o teor de humidade, o solo apresenta estados diferentes de consistência – resistência que o solo oferece à deformação e à ruptura.

À medida que aumenta o teor de água baixa a coesão e aumenta a adesão e atingimos uma zona denominada «friável». A fase em que a coesão e a adesão estão em níveis baixos, porque entre as partículas se intercala uma película de água que tende a separá-las, é a zona mais adequada para se realizarem as mobilizações o período de sação. Neste, o solo continua no domínio sólido mas, quando se lhe aplicam forças externas, fragmenta-se facilmente sem haver destruição da estrutura, apenas separação de torrões, sendo mínimo o custo energético das operações realizadas neste estado.

Muitas vezes, as mobilizações são realizadas com teores de humidade superiores. Nestes casos entra-se no domínio plástico e a mobilização do solo é gravosa, pois pode-se destruir toda a agregação, ficando a porosidade reduzida ao mínimo. Continuando a aumentar a humidade até ao domínio fluido, as argilas, por serem minerais anisotrópicos (semelhantes a folhas de papel), tendem a formar uma estrutura laminar que dificulta a penetração das raízes, a infiltração da água e o arejamento do solo.

As mobilizações do solo influenciam de duas formas: 1) acção de fragmentação com ruptura e deslocação de torrões, segregação e mistura; 2) acção de compressão devida a peças activas das alfaias ou aos pneumáticos que exercem pressão sobre o solo, causando uma diminuição da porosidade. Estas acções dependem do tipo de solo, do seu estado de compactação e da sua humidade. Contribuem também para a mineralização da matéria orgânica por via da introdução de ar no solo, realizando uma decomposição por via aeróbia muito rápida.

FINALIDADES DA MOBILIZAÇÃO DO SOLO

A mobilização do solo visa criar uma estrutura artificial com os seguintes objectivos:

- **Bom arejamento**, com poros relativamente grandes que permitam a entrada de ar. A composição da atmosfera influencia o crescimento das

raízes, a germinação das sementes e a decomposição dos resíduos;

- **Boa estabilidade** dos agregados, resistindo à acção da água;
- **Boa porosidade** contínua, sem camadas compactas no perfil. Permite que a água se infiltre diminuindo as possibilidades de escoamento superficial e, em simultâneo, assegura uma boa reserva de água para ser absorvida pelas raízes;
- **Romper camadas compactas** que possam impedir o aprofundamento das raízes, a infiltração e a ascensão capilar da água;
- **Permitir o crescimento** das raízes e de outros órgãos subterrâneos;
- **Combater infestantes** ao longo do ciclo cultural.



A avaliação das necessidades de mobilização deve ser feita em função da estrutura existente em todo o perfil cultural e não apenas à superfície.

Os horizontes superficiais não podem ser separados do funcionamento geral do perfil. É frequente, na instalação de culturas permanentes, como as vinhas e os pomares, a realização de lavouras muito profundas que atingem um metro de profundidade. Estas operações justificam-se quando o solo apresentar camadas compactas que impeçam o aprofundamento das raízes; caso contrário, não devem ser realizadas pois, além de terem um custo elevado, podem trazer para a superfície elementos tóxicos das camadas inferiores.

SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO DO SOLO

Mobilização Convencional

A tecnologia do solo mais utilizada durante centenas de anos consistia na lavoura com charrua de aivecas, gradagens, escarificações, rolagens e nivelamentos antes da sementeira. A introdução de tractores cada vez mais potentes conduziu a uma aceleração da degradação da fertilidade, tendo-se generalizado a ideia de que o solo precisa de muitas e profundas mobilizações para produzir bem.

A mobilização convencional assenta na operação da lavoura, normalmente feita com charrua de aivecas, com os seguintes objectivos:

- Eliminar infestantes;
- Preparar o solo para a sementeira;
- Soltar o solo de modo a aumentar a porosidade, a taxa de infiltração, o arejamento e a temperatura;
- Incorporar resíduos, estrumes e fertilizantes;
- Facilitar o trabalho dos semeadores.

No entanto, cada vez mais, são apontados inconvenientes associados à realização da lavoura:

- Calcamento do solo abaixo da camada mobilizada;
- Demasiado arejamento que conduz à rápida oxidação da matéria orgânica;
- Diminuição da infiltração e aumento do escoamento superficial;
- Riscos de erosão por ausência de resíduos à superfície.

Estes problemas têm vindo a acentuar-se pois a passagem da tracção animal para a tracção mecânica colocou à disposição do agricultor uma potência de tracção muito superior. A profundidade das lavouras aumentou e aumentou, também, a oxidação da matéria orgânica em camadas mais profundas. Com o aumento da potência também surgiram novos problemas, pois grandes tractores originam mais compactação, correndo-se o risco de entrar num ciclo vicioso de aumento da potência dos tractores porque o solo se encontra cada vez mais compactado.

Problemas ambientais associados à mobilização convencional

Os problemas ambientais decorrentes da prática da mobilização convencional são, sobretudo, consequência dos riscos de erosão presentes quando se opta por fazer a lavoura. A camada superficial do solo rica em matéria orgânica e nutrientes, uma vez invertida, deixa à superfície uma camada susceptível à erosão hídrica.

O escoamento superficial da água arrasta consigo partículas de solo e substâncias solúveis e o reviramento do solo e a sua oxigenação conduzem à mineralização mais rápida da matéria orgânica, originando vários problemas ambientais:

- Perda de solo (recurso não renovável);
- Assoreamento de linhas de água;
- Perda de fertilidade do solo;
- Contaminação de águas subterrâneas e de superfície com nutrientes e pesticidas;
- Diminuição da fauna do solo e de toda a cadeia alimentar;
- Aumento do CO₂ na atmosfera.

O aparecimento de novos semeadores capazes de preparar as condições mínimas para a germinação das sementes, e de tractores mais evoluídos, capazes de uma condução automática segundo linhas de tráfego previamente definidas, estão a criar condições de mudança e a pôr em causa os sistemas de mobilização do solo convencionais baseados na operação de lavoura.

A sustentabilidade dos recursos é uma preocupação presente na agricultura tendo sido desenvolvidos estudos que, de forma consistente, mos-

tram serem os sistemas de mobilização de conservação do solo capazes de melhorar a fertilidade do solo a longo prazo.

Pode dizer-se que, actualmente, existem três sistemas de mobilização que, face à mobilização convencional, se podem classificar de tecnologias limpas: mobilização mínima, sementeira directa e não mobilização.



Quais os sistemas de mobilização do solo que correspondem à utilização de tecnologias limpas?

Mobilização mínima

A mobilização mínima está ligada ao aparecimento dos herbicidas para combater a infestantes que passaram a evitar algumas operações culturais, nomeadamente, a lavoura. Estamos assim a utilizar técnicas de mobilização mínima que, por definição, implicam o uso de alfaías de mobilização vertical, asseguram uma boa produção, são mais económicas e aumentam a fertilidade do solo, em vez de a degradar.

Na mobilização mínima deve deixar-se pelo menos 30% da superfície coberta com resíduos e tal só é possível eliminando a lavoura com charrua de aivecas.

As alternativas de mobilização mínima são as seguintes:

- Arado ou escarificador profundo (Chisel) para mobilização superficial antes da sementeira: este sistema tem a vantagem de deixar mais resíduos à superfície e combater parte das infestantes por meios mecânicos;
- Grade de discos: a mobilização será realizada com grades médias e pesadas, isto é, com peso por disco superior a 80 kg e uma profundidade de trabalho próxima dos 20 cm. As grades mais pesadas enterram mais os resíduos e defendem menos da erosão;
- Arado na linha: nas culturas em linha, mobiliza-se apenas uma faixa de solo onde se irá realizar a sementeira, em vez de mobilizar todo o terreno. A zona de sementeira é limpa de infestantes e resíduos, ficando mais de 50% da área coberta com resíduos. Em culturas com entrelinha superiores a 60 cm é possível fazer amontoa, sendo estes resíduos colocados junto às raízes das plantas como acontece na cultura do milho;
- Mobilização/Sementeira: as operações de mobilização do solo e sementeira são realizadas em simultâneo, podendo variar muito o grau de mobilização do solo, quer em profundidade quer em esmiuçamento. Alguns exemplos são a associação da grade rotativa e do *multitiller* a um semeador de linhas.

Sementeira Directa

Para a operação de sementeira são utilizados semeadores especiais que, apenas na linha de sementeira, fazem uma pequena mobilização, deixando a semente e o adubo (opcional).

A sementeira directa propriamente dita não existe, uma vez que é sempre necessário mobilizar alguma parte do solo, por muito pequena que seja, de modo a criar condições que permitam o enterramento da semente, a sua posterior germinação e o crescimento da planta. Por exemplo, no caso do milho, exige-se que a mobilização se faça com, pelo menos, 10 cm de largura e 10 cm de profundidade de modo a assegurar uma cobertura conveniente da semente.

! A sementeira directa consiste em proceder à sementeira de uma determinada cultura sem, previamente, ter sido feita qualquer mobilização do solo que preparasse a recepção das sementes.

Não-mobilização

Em culturas arbóreo-arbustivas, como a vinha e os pomares de macieiras e pereiras, também têm sido desenvolvidas técnicas alternativas às tradicionais mobilizações para o combate às infestantes. A primeira alternativa que surgiu foi a aplicação de herbicidas, alguns altamente contaminantes do ambiente.

A introdução da Produção Integrada veio dar novo impulso a técnicas alternativas, fazendo baixar muito as aplicações de herbicidas. Actualmente, a tendência é para proceder à sementeira de espécies herbáceas na entrelinha, reduzindo as tradicionais mobilizações do solo e o uso de herbicidas.

COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE MOBILIZAÇÃO

A avaliação dum sistema de mobilização não pode ser realizada apenas pela produção final obtida, porque em geral não favorece os sistemas alternativos à mobilização convencional. As vantagens que advêm da adopção dos sistemas de mobilização mínima são sobretudo de ordem ambiental e, indirectamente, de ordem económica, resultante da redução dos factores de produção, nomeadamente combustíveis.

Na Europa, as técnicas da mobilização de conservação estão em franco desenvolvimento, embora muitas vezes os resultados só sejam visíveis a longo prazo. Em alguns ensaios realizados em condições difíceis para a sementeira directa, como é o caso dos solos limosos, as produções obtidas só atin-

giram as produções da mobilização convencional ao fim de 10 anos; isto é, se o ensaio só tivesse durado 3 anos, como é frequente, as conclusões teriam desaconselhado esta técnica neste tipo de solos.

De um modo geral, tudo o que é novo exige um estudo de adaptação e é para isso que têm contribuído muitos investigadores, que tentam explorar os mecanismos de resposta na instalação, crescimento e desenvolvimento das culturas, focando essencialmente a produção e qualidade.

Embora diferentes técnicas de mobilização possam dar produções muito semelhantes, podem ocorrer importantes alterações no que se refere ao controlo de infestantes, na compactação e na biologia do solo.

Na Escola Superior Agrária de Coimbra realizou-se, entre 1995 e 1999, um ensaio que incluía a mobilização convencional, a mobilização mínima e a sementeira directa. A produtividade do milho (t/ha), começou por ser mais baixa nos sistemas de conservação mas foi aumentando ao longo dos anos, e a partir do 3º ano a produção foi semelhante à mobilização convencional (figura 1.1). Num outro estudo realizado em 2004, também na Escola Superior Agrária de Coimbra, compararam-se três sistemas de mobilização

do solo sob o aspecto da macrofauna, nomeadamente a população de minhocas do solo na camada superficial, pois estes organismos desempenham um papel importante na degradação da matéria orgânica e consequente fertilidade do solo. Os resultados foram de algum modo surpreendentes pois na mobilização convencional não se encontrou qualquer minhoca enquanto no sistema de sementeira directa se encontraram mais de 20/m² e na mobilização mínima perto de 40/m² (Coelho, 2004, comunicação oral) (figura 1.2).

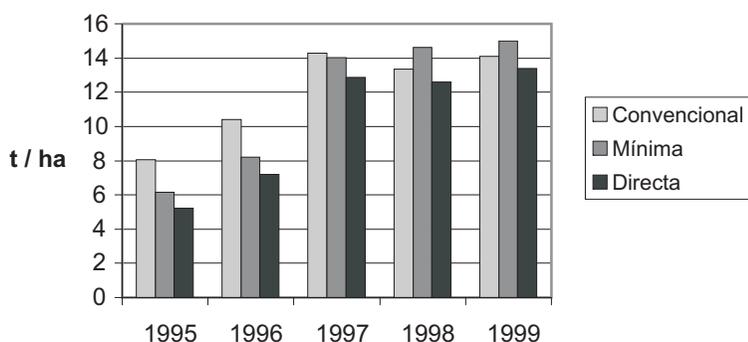


Figura 1.1 • Evolução da produção de milho em três sistemas de mobilização do solo

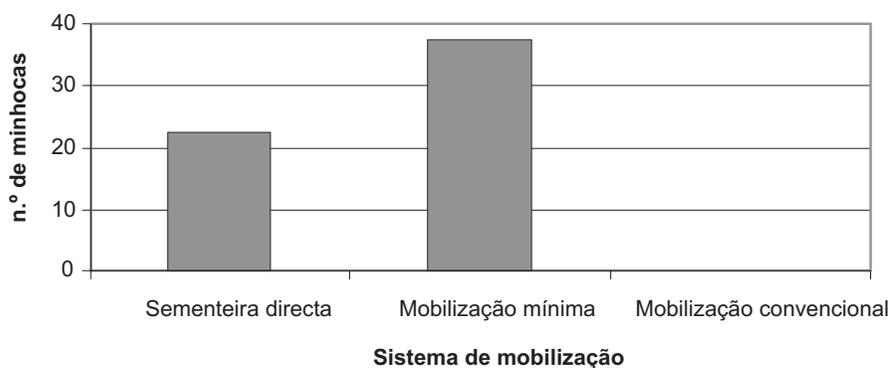


Figura 1.2 • População de minhocas observada em três sistemas de mobilização do solo

A importância das minhocas, como melhoradoras da estrutura do solo, já foi abordada por Charles Darwin, em 1881, no livro *The Formation of Vegetable Mould*.

O sistema de mobilização pode afectar a qualidade dos produtos porque as condições de temperatura, humidade e arejamento do solo são diferentes.

É frequente encontrarem-se valores mais baixos de proteína nos cereais produzidos em sementeira directa.

O menor arejamento do solo nas mobilizações de conservação provoca um aumento no teor de cálcio, magnésio, manganésio e fósforo e uma diminuição nos teores de cobre, zinco e boro, embora possa haver grandes variações.

A manutenção da fertilidade do solo deve ser um objectivo para qualquer agricultor. Um ditado popular diz-nos, por exemplo, que «a cal enriquece os pais e empobrece os filhos», isto porque a fertilidade do solo está muito ligada ao teor de matéria orgânica do solo. A adição de cal, fazendo subir o pH do solo, promove a mineralização da matéria orgânica e as culturas beneficiam no curto prazo mas, se não existirem adições em quantidade suficientes para manter o nível de matéria orgânica, a produção vai diminuir no futuro.



As plantas exercem um efeito benéfico sobre a estrutura do solo.

As plantas actuam no solo do seguinte modo:

- Protegem a superfície do solo da acção da chuva;
- As raízes finas que se ramificam na camada superficial do solo exercem pressões que ajudam à formação e estabilização dos agregados;
- Removem continuamente água exercendo um efeito de secagem e compressão das partículas do solo;
- Fornecem alimentos aos microorganismos da rizosfera, contribuindo directa e indirectamente para a produção de polissacáridos, importantes na agregação;
- São uma fonte contínua de húmus para o solo.

GESTÃO DOS NUTRIENTES NO SOLO

Por fertilização entende-se, basicamente, o fornecimento de nutrientes à cultura, absorvidos, através do solo ou directamente pela planta, em casos particulares. Tal fornecimento pode ser realizado para que seja absorvido directamente pela planta (caso da fertilização mineral) ou indirectamente (através da fertilização orgânica).

Uma das condições essenciais da produção agrícola é a existência de nutrientes minerais e água, no solo. Dos nutrientes que tradicionalmente se reconhecem como sendo essenciais para o desenvolvimento vegetal, uns têm a categoria de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), porque são necessários

em quantidades importantes na maximização da produção, e outros consideram-se micronutrientes (Fe, Mn, B, Mo, Cu e Zn) porque, sendo essenciais, não têm a mesma importância no que diz respeito à quantidade necessária.

A correcção do pH é um factor de fertilidade do solo pois a disponibilidade de nutrientes está dependente do pH, havendo casos em que um pH baixo pode originar toxicidade pelo alumínio. O Ca pode também ter uma acção benéfica sobre a estabilidade dos polissacáridos, nas pontes de Ca entre substâncias húmicas e argilas ou na estimulação da microflora e fauna do solo.

! As explorações tradicionais gerem os nutrientes de forma sustentável.

Em geral as explorações agrícolas tradicionais no Centro e Norte de Portugal baseavam-se em sistemas agro-pecuários sustentáveis e pouco ou nada poluentes. Os animais estavam estabulados e nas camas dos animais eram colocados matos que absorviam os líquidos, não havendo lixiviação de nutrientes. Esta técnica era, também, um excelente contributo indirecto para não existirem incêndios na floresta.

Por razões económicas, as empresas estão cada vez mais especializadas. Nas explorações que optaram pela produção agrícola, verifica-se uma diminuição da fertilidade do solo, principalmente devido à diminuição das aplicações de matéria orgânica, enquanto que, nas explorações pecuárias intensivas, a produção de resíduos ultrapassa largamente as necessidades das culturas produzidas.

REGRAS BÁSICAS PARA UMA FERTILIZAÇÃO LIMPA

As quantidades de fertilizantes necessárias variam muito com os níveis de produção a atingir. As altas produções estão ligadas a grandes adubações e, simultaneamente, a elevados níveis de poluição. O fornecimento de nutrientes às plantas deve ser englobado num conceito de fertilidade química, física e biológica, devendo as técnicas culturais melhorar as condições de fertilidade do solo baseando-se na utilização de subprodutos da exploração tais como estrumes, chorumes, resíduos das culturas, matos ou recorrendo a fertilizantes do exterior da exploração.

Sendo a actividade agrícola uma actividade económica, temos sempre de estudar a rentabilidade das aplicações de nutrientes dentro das normas estabelecidas. A minimização dos impactos ambientais é também incluída nos planos de fertilização, especificamente quando se recomenda o fraccionamento de determinados nutrientes devido à sua mobilidade – óptimo

ambiental. A grande alteração nos planos de fertilização foi o aparecimento do conceito de «limite máximo de perdas de nutrientes» aplicável a qualquer tipo de agricultura.

Na União Europeia (UE) o abaixamento dos preços dos produtos agrícolas vai fazer diminuir as aplicações de fertilizantes, pois considera-se como óptimo económico o ponto da curva de produção em que o custo de uma unidade de factor iguala o valor da produção (figura 1.3). Deste modo, diminuirá indirectamente a poluição do solo e da água.

O sucesso dum plano de fertilização também passa pela capacidade técnica do agricultor, nas decisões do planeamento das culturas, nomeadamente na escolha de cultivares, data e densidade de sementeira, qualidade da semente, etc.

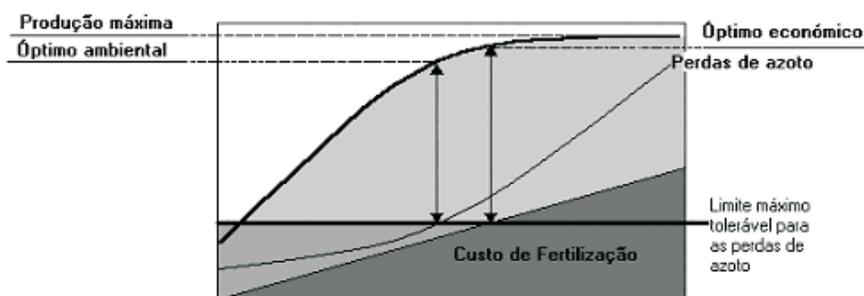


Figura 1.3 • Curvas de produção e de perdas de azoto

Fertilização orgânica

A fertilização orgânica é uma forma de fertilização que se aproxima da fertilização existente nos ecossistemas naturais mas que, devido à intensificação da produção agrícola, não permite corresponder às necessidades das cultivares utilizadas. A escolha dos fertilizantes deve ter por base os fertilizantes orgânicos produzidos na própria exploração ou na região (estrumes, lamas, bagaços, compostos) ou fertilizantes químicos naturais.

A actividade biológica do solo pode envolver dois processos: o primeiro denomina-se de humificação, em que a matéria orgânica se degrada rapidamente dando origem ao húmus, e o segundo de mineralização, de evolução lenta, em que o húmus desaparece e se converte em elementos minerais para serem utilizados pelas plantas.

Numa análise mais ampla, a fertilização orgânica pode:

- Criar húmus necessário para manter um equilíbrio húmico no solo, para que as suas principais propriedades físicas, químicas e biológicas sejam mantidas;

- Proporcionar elementos minerais que contribuam para a nutrição das culturas, reduzindo a aplicação de adubos.

Para uma actuação correcta devem estabelecer-se directrizes, com diferentes formas de actuação, obrigando a conhecer:

- As necessidades da cultura em nutrientes;
- O valor fertilizante dos produtos utilizados na fertilização;
- O ritmo de biodegradação dos diferentes fertilizantes.

Aplicação de fertilizantes com processos limpos

Tradicionalmente, as recomendações de fertilização são baseadas na análise de amostras de solo representativas da parcela a fertilizar. O agricultor distribui, homoganeamente, pela parcela o fertilizante que consta da recomendação baseada, também, na produção esperada.

! Análise do solo, análise foliar e análise da água de rega são fundamentais.

A partir do momento em que as ceifeiras debulhadoras passaram a fornecer mapas de produção com recurso ao GPS (*Global Position System*), foram desenvolvidos equipamentos e *software* que permitem distribuir numa parcela quantidades diferentes de fertilizantes ou pesticidas de 6 em 6 metros de distância de uma forma automática. Os tractores que fazem estas aplicações usam também o GPS para auxílio à condução, reduzindo em cerca de 5% as aplicações, por não haver sobreposição do fertilizante. Esta tecnologia obriga a um número de amostras de solo muito superior, mas resulta num menor consumo de fertilizantes. A agricultura de precisão é uma tecnologia mais limpa do que a convencional, aumentando a eficiência dos fertilizantes e reduzindo as perdas de nutrientes.

A análise da água de rega é fundamental pois existem regiões no país em que o teor de nitratos na água é suficiente para a nutrição azotada da cultura.

A avaliação do estado nutritivo da planta pode ser realizada por uma simples observação dos sintomas, de deficiência ou toxicidade na cultura, ou incluir análises mais elaboradas. Em agricultura de precisão, estas observações poderão ser realizadas por satélite ou registo dos pontos de observação ou colheita, para posterior avaliação.

Pela figura 1.4, podemos verificar que, na presença de uma deficiência de determinado nutriente, se poderá manifestar uma quebra de produção.

Mas a deficiência pode não demonstrar sintomas, o que poderá fazer com que não se tenha tempo de corrigir tais défices, provocando prejuízos irreparáveis na produção.

Com a ajuda de tabelas e quadros pode fazer-se uma análise rápida para recomendar um plano de fertilização muito mais rigoroso.

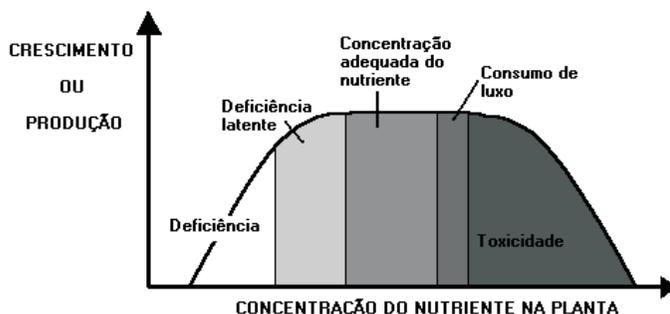


Figura 1.4 • Relação entre o crescimento ou a produção e a concentração de um nutriente numa planta

ROTAÇÕES

À sucessão de culturas num mesmo terreno, durante um certo número de anos, no fim da qual se repetem pela mesma ordem, designamos por rotação. As primeiras rotações eram muito simples: a uma cultura de cereal seguia-se um pousio. No entanto, já os Romanos substituíam o pousio por tremoço, fava ou ervilha.

JUSTIFICAÇÃO E OBJECTIVOS DAS ROTAÇÕES

Como factores que justificam a prática da rotação, salientam-se:

Factores biológicos:

- As raízes das plantas excretam toxinas prejudiciais à cultura;
- Multiplicação de parasitas específicos;
- Desenvolvimento de infestantes.

Factores físico-químicos:

- Esgotamento do solo em determinados nutrientes;
- Empobrecimento do solo em determinadas camadas do perfil;
- Esgotamento da reserva de água do solo.

Factores de estrutura do solo:

- O efeito de secagem realizado pelas raízes favorece a mobilização do solo se tiver um teor mínimo de 15% de argila;
- Todas as culturas que provocam aumentos no teor de matéria orgânica melhoram as propriedades físicas do solo;

Assim, com a prática da rotação, procura-se essencialmente:

- Reduzir os problemas com infestantes, insectos, nemátodes e doenças provocadas por fungos, bactérias e vírus;
- Manter ou aumentar a fertilidade do solo;
- Melhorar a estrutura e reduzir os riscos de erosão;
- Aumentar a produção, com conseqüente aumento da rentabilidade económica do agricultor.

INCONVENIENTES DA MONOCULTURA

A monocultura (prática contínua de uma mesma cultura, num mesmo solo ao longo dos anos) apresenta inúmeros inconvenientes, nomeadamente ao nível do solo. As experiências de longa duração, realizadas no Centro de Investigação Agrícola de Rothamsted, no Reino Unido, desde 1844, mostraram que a monocultura conduz a um abaixamento de produção, com a conseqüente redução do rendimento do agricultor, embora a adubação com fertilizantes químicos possa atenuar estes efeitos.

A especialização numa única cultura tem vantagens ao nível económico, nomeadamente em investimentos mas, geralmente, não são sistemas sustentáveis, nem do ponto de vista ambiental, nem económico:

- Culturas como a batateira, beterraba e linho, só deverão voltar a ser introduzidas no mesmo terreno passados 3, 4 e 6 anos, respectivamente, enquanto culturas como o arroz e o milho se revelam mais tolerantes;
- A monocultura promove determinadas pragas, doenças e infestantes que encaixam nesse nicho ecológico, situação que pode ser alterada com a prática de rotações de 3 ou 4 anos;
- Com a intensificação das mobilizações decorrentes da monocultura, a fauna do solo é reduzida drasticamente por falta de matéria orgânica;
- A introdução de prados plurianuais, com gramíneas e leguminosas, numa rotação reduz a compactação pelo aumento da matéria orgânica e abertura de canais pelas raízes e fauna do solo, aumentando a porosidade contínua, melhorando a infiltração de água e o arejamento. Os resí-

duos deixados no solo são fonte de alimento para os organismos que aí vivem, existindo uma proporcionalidade entre ambos;

- Culturas com elevadas produções de biomassa e culturas de protecção, em conjugação com a sementeira directa, melhoram a matéria orgânica do solo assegurando, a médio/longo prazo, a sua fertilidade. No entanto, nem todas as culturas têm estas elevadas produções de biomassa, pelo que as culturas de protecção estão especialmente indicadas para precederem as que deixam poucos resíduos no solo;
- A intensificação cultural (realização de mais do que uma cultura por ano) pode melhorar a estrutura do solo pelo aumento do teor de matéria orgânica, desde que os tractores e equipamentos não calquem nem mobilizem muito o solo.

NUTRIENTES E PESTICIDAS

A inclusão de plantas com raízes profundantes nas rotações, faz com que estas possam utilizar nutrientes que de outra forma, seriam lixiviados. Culturas que promovam o aumento de biomassa, quer pela produção de raízes quer pelos resíduos que deixam no terreno, favorecem um aumento da actividade biológica, com libertação lenta de nutrientes e degradação dos resíduos dos pesticidas.

Em monocultura existe a tendência para utilizar sempre os mesmos pesticidas. As rotações diminuem o risco de aparecimento de resistências a fungicidas, insecticidas e herbicidas. Mesmo em agricultura convencional, numa rotação de 4 anos, o agricultor só volta a aplicar o mesmo pesticida passados 4 anos, para além de ter também que usar herbicidas não residuais pois pode haver o risco de um determinado produto prejudicar a cultura seguinte na rotação.

ESTRATÉGIAS PARA UMA BOA ROTAÇÃO

O clima, o solo e razões económicas determinam a escolha das culturas. No entanto, para uma correcta prática desta técnica devemos, ainda, considerar que:

- A uma cultura que deixe muito azoto no solo (leguminosas) deve seguir-se uma outra exigente, que o aproveite ao máximo (ex.: gramíneas);
- Dois anos após uma leguminosa deve entrar uma cultura exigente em azoto (ex: cereais praganosos);
- Não deve ser cultivada a mesma cultura em dois anos consecutivos;
- A cultura que se introduz deve ser de uma família diferente da anterior;
- Quando se justificar deve-se introduzir prados plurianuais;

- É importante utilizar espécies com raízes profundantes;
- Para manter níveis elevados de matéria orgânica deve-se incluir culturas intercalares de protecção;
- É importante organizar a rotação de modo a repartir os trabalhos ao longo do ano.

CONSOCIAÇÕES

As consociações feitas pelo homem consistem na associação de duas ou mais espécies de plantas que interagem e têm por objectivo manter produções elevadas e regulares e, por vezes, melhorar a qualidade. O exemplo mais antigo pode ser observado nos prados naturais onde coexistem gramíneas e leguminosas.

Algumas consociações desapareceram, como é o caso de milho x feijão. Tal facto deve-se a uma alteração das variedades e densidades utilizadas na cultura do milho. Os milhos regionais, semeados em densidades de 40 000 plantas por hectare, com plantas baixas, permitiam que a luz chegasse ao solo, onde se verificava o crescimento das plantas de feijão. Com plantas de milho híbrido mais vigorosas e com populações de 100 000 plantas por hectare, toda a vegetação ao nível do solo desaparece, incluindo as infestantes. Por outro lado, a mecanização da colheita com ceifeiras-debulhadoras fica dificultada, particularmente na debulha e na separação das sementes.

Esta técnica, já praticada desde tempos remotos, baseia-se em pressupostos científicos como a maximização da absorção de luz que melhora a eficácia da fotossíntese.

Diferentes números de estratos do coberto vegetal são capazes de reduzir a velocidade do vento e diminuir a evapotranspiração, para além de limitarem a expansão de parasitas.

Em agricultura mecanizada, para a execução das operações culturais, nomeadamente a sementeira, os tratamentos fitossanitários e a colheita, nem sempre é fácil encontrar equipamentos no mercado.

! A escolha do semeador é importante para o sucesso da consociação.

Quando as sementes têm a mesma forma podemos optar por um semeador de linhas convencional. As sementes podem ser misturadas à sementeira. Caso sejam diferentes é necessário um semeador específico com duas tremonhas e dois órgãos de distribuição independentes.

RELAÇÕES ENTRE PLANTAS CONSOCIADAS

Geralmente as associações em culturas arvenses apresentam um ciclo com a mesma duração para existir um bom compromisso na maturação, a fim de facilitar a colheita. Quando o ritmo de desenvolvimento vegetativo é diferente, ainda existe a possibilidade de semear primeiro a planta de ciclo mais longo e, passado algum tempo, a planta de ciclo mais curto. É conveniente que as culturas tenham aproximadamente a mesma altura para não ocorrer um ensombramento excessivo.

As leguminosas, porque estabelecem uma relação de simbiose com o rizóbio, permitem que plantas com elas consociadas, caso das gramíneas, aproveitem o azoto produzido na referida relação simbiótica. Outras plantas excretam substâncias que solubilizam nutrientes. Por vezes, plantas da mesma família produzem mais quando consociadas, do que em cultura pura.

Deste modo, atendendo a este tipo de relações entre plantas podemos indicar diferentes objectivos das consociações:

- Consociações com um tutor – Uma das plantas serve de tutor a outra para não ocorrer a acama: aveia x ervilhaca; fava x ervilha; milho x ervilha; milho x feijão de trepar.
- Consociações com uma planta de abrigo: aveia x trevo encarnado.
- Diminuição dos danos causados pelo clima: trigo x centeio.
- Obtenção de uma mistura de grãos para alimentação directa de animais: cevada x aveia.
- Melhoramento da composição qualitativa de uma forragem: gramínea x leguminosa.
- Afastamento dos inimigos das culturas ou atracção de insectos benéficos: algumas plantas pelo odor afastam ou atraem certo tipo de insectos.

CONSUMOS ENERGÉTICOS E GESTÃO DE RESÍDUOS

As explorações agrícolas são produtoras de energia sob a forma de alimentos; contudo, são consumidoras de energia sob a forma de combustíveis fósseis (gasóleo) e de electricidade.

A escolha de um tractor, de acordo com as necessidades da exploração, é o primeiro factor de economia nos consumos energéticos com combustíveis e lubrificantes. Em Portugal existe, por vezes, uma necessidade social de aquisição de modelos de tractores acima das reais necessidades da empresa agrícola.

O encargo com combustíveis representa uma parte importante do custo horário de um tractor e, dada a tendência para a subida de preços dos combustíveis fósseis, este aspecto ainda se torna mais importante a longo prazo. O agricultor, quando pretende comprar um tractor, deve recolher informações sobre consumos e potências e fazer uma avaliação do encargo anual com combustíveis pois, muitas vezes, um tractor com custo inicial mais baixo pode ser um grande «comilão» de combustível.

A exploração agrícola convencional também é consumidora de energia por via dos adubos azotados sintéticos que podem, em muitos casos, ser substituídos por leguminosas para siderar. A produção daqueles fertilizantes tem um custo energético muito elevado sendo que a natureza tem a capacidade de os produzir gratuitamente. Também os pesticidas têm um custo energético associado à sua produção e transporte.

COMO ESCOLHER UM TRACTOR

Os tractores actuais estão equipados com motores Diesel por apresentarem melhor rendimento. Os motores de ciclo Diesel transformam a energia química em energia mecânica, com um rendimento final próximo dos 30%; grande parte da energia perde-se no escape, no arrefecimento e no atrito interno do motor. É indispensável a comparação das curvas características do motor (binário, potência e consumo específico) dos diferentes motores, a fim de escolher qual o tractor mais indicado.

? Motores sobrealimentados sim ou não?

Os motores sobrealimentados têm um compressor que comprime o ar que entra nos cilindros pelo que, entrando mais ar, pode ser injectado mais combustível, originando pressões mais elevadas; consegue-se assim, com a mesma cilindrada, obter mais binário, mais potência e um consumo específico menor. Uma vez que as pressões são mais elevadas, o motor tem de ter uma construção mais reforçada, bem como o sistema de lubrificação e de arrefecimento.

Os motores sobrealimentados têm interesse em tractores destinados a trabalhar próximos da potência máxima, como ceifeiras-debulhadoras ou tractores utilizados, sobretudo, para mobilizar o solo que exigem elevados esforços de tracção.

Um motor sobrealimentado tem uma vida mais curta. A amortização de um tractor considera-se hoje de cinco anos quando, há vinte anos, se considerava de dez anos ou de 10 000 horas.

A escolha do tractor é normalmente função das necessidades de tracção e dos dias disponíveis. Mas se optarmos por diminuir a mobilização do solo em culturas arvenses, vinhas ou pomares, isso pode significar uma economia de, aproximadamente, 30%. Assim, será possível optar por tractores mais pequenos, que gastam menos combustível e compactam menos o solo.

! Podemos consumir menos combustível nas explorações agrícolas.

MECANIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES

Podemos diminuir consumos nas operações que tradicionalmente são realizadas, utilizando tractores de baixo consumo, adaptando bem a potência do tractor à largura de trabalho da alfaia.

A agricultura de precisão, com recurso a informações de posicionamento por satélite (GPS), pode melhorar a eficiência energética, através de controlo das linhas de tráfego e da precisão na largura de trabalho. Máquinas agrícolas mais precisas, com variação diferencial, podem diminuir os consumos de fertilizantes, pesticidas, etc.

O recurso a operações combinadas, como preparação do solo e sementeira, além de diminuir a compactação do solo e o tempo de trabalho, resulta numa economia de energia da ordem dos 40%.

A utilização de espigueiros, tradicionalmente utilizados para a secagem natural do milho, obriga a uma série de operações com as espigas, mas liberta o agricultor do encargo com a secagem do grão, evitando-se o consumo de energia na secagem.

UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

Em explorações agro-pecuárias, pode ter muito interesse a produção de combustível como o metano, para consumo na exploração ou para venda sob a forma de energia eléctrica. A Europa encontra-se dependente de energias fósseis e de alimentos proteicos para animais. Uma das formas de aumentar a actividade agrícola poderá ser produzindo oleaginosas como a colza e o girassol para a produção de biocombustíveis. Os bagaços destas produções são ricos em proteínas vegetais podendo servir, ainda, para a produção de alimentos concentrados para animais.

! Os biocombustíveis são amigos do ambiente.

Os subprodutos da agricultura, como as palhas dos cereais e os ramos da poda, podem ser utilizados directamente na exploração agrícola, como biocombustíveis.

As preocupações com a poluição atmosférica, bem como o aumento do preço dos combustíveis de origem fóssil, têm levado à procura de combustíveis alternativos. Nos motores Diesel, com câmara de pré-combustão, podem-se utilizar directamente óleos vegetais filtrados, enquanto que, na maioria dos motores Diesel de injeção directa, só poderão ser utilizados ésteres derivados de óleos. A reacção de esterificação para a obtenção do éster (biodiesel) é a seguinte:



Com uma tonelada de óleo de colza podemos obter aproximadamente uma tonelada de éster. O processo de esterificação aplica-se a óleos vegetais e a gorduras animais, constituindo uma promissora fonte de energia.

PRINCÍPIO DA PROXIMIDADE

O percurso médio de um produto agrícola exposto na prateleira de um supermercado é de 2000 km (Kloppenburger, 1996). A circulação de produtos favorece a disseminação de doenças e pragas, a poluição e a contaminação dos alimentos. A Política Agrícola Comum (PAC) facilita esta circulação.

! Os agricultores de uma região devem ser apoiados para vender localmente, ou na região, os seus produtos, mais do que procurar mercados externos.

A produção local está mais ligada a factores culturais, geográficos e climáticos próprios, com produtos diversificados, do que a uma cultura globalizada em que se encontram os mesmos produtos num supermercado de Portugal, França ou Alemanha. Interessa que a produção local de alimentos não acabe, sobretudo, pela forma sustentável e tradicional como é cultivada.

Ao favorecer a circulação de produtos agrícolas, estamos a contribuir para um aumento dos consumos energéticos no transporte.

PROTECÇÃO DAS CULTURAS

A manutenção da saúde das culturas é fundamental para o sucesso da produção, quer em quantidade, quer em qualidade dos produtos. Na agricul-

tura, dita convencional, são utilizados produtos para combater os inimigos das culturas que afectam o ambiente, contaminando a água e os solos, destroem a fauna e a flora selvagens, reduzindo a biodiversidade, e contaminam os alimentos. Esses produtos são os pesticidas de uso agrícola ou produtos fitofarmacêuticos que sendo tóxicos para as pragas, doenças e infestantes das culturas, também o são para os organismos auxiliares e para o próprio Homem. Outros problemas criados pela utilização dos pesticidas são o surgimento de resistências nas populações alvo, pela selecção dos indivíduos resistentes, e o aparecimento de novos inimigos, pela destruição dos auxiliares. Assim, é fundamental desenvolver estratégias preventivas e métodos alternativos aos pesticidas e integrar o seu uso, se inevitável, de forma a minimizar os riscos e evitar os efeitos indesejáveis. Estas estratégias são a base do desenvolvimento das práticas de protecção das culturas nos sistemas de Agricultura Sustentável e são metodologias próprias da Produção Integrada/Protecção Integrada e da Agricultura Biológica.

A Protecção Integrada das culturas tem por objectivo minimizar a aplicação de pesticidas através da utilização de outros métodos de luta alternativos e efectivos. As alternativas passarão, numa primeira fase, pela utilização de medidas indirectas de luta como a utilização de material sã e certificado, utilização de culturas resistentes, variedades resistentes em culturas susceptíveis, rotações de culturas, consociações e práticas culturais que maximizem a prevenção biológica dos inimigos das culturas. A cultura deve ser acompanhada e proceder-se à avaliação regular do equilíbrio entre pragas, doenças e organismos auxiliares, utilizando metodologias de previsão dos inimigos. Numa segunda fase, se for necessário intervir, seguir-se-á a utilização de medidas directas de luta: prioritariamente meios de luta biológica e biotécnica e só depois meios de luta química, com utilização criteriosa de produtos fitofarmacêuticos para combater as pragas, doenças e infestantes, segundo as regras da protecção integrada.

UTILIZAÇÃO DE MEDIDAS INDIRECTAS DE LUTA



Medidas de carácter preventivo para fomentar, a prazo, condições desfavoráveis aos inimigos das culturas.

Com as medidas de carácter preventivo pretende-se evitar ou reduzir a incidência dos inimigos nas culturas, de modo a não haver necessidade da realização de intervenções, posteriores, para o seu combate.

LUTA LEGISLATIVA

! A luta legislativa corresponde à adopção de medidas legislativas, regulamentares e de outra natureza, mas afins, para minimizar o transporte e dispersão de inimigos das culturas através de actividades humanas.

Assim, entre outras medidas, para que as plantas, produtos ou outros materiais possam circular, terão que ser acompanhados por um documento oficial, passaporte fitossanitário, no interior da UE, e certificado fitossanitário, para países terceiros, que ateste o cumprimento das disposições legais relativas a normas e exigências fitossanitárias.

LUTA GENÉTICA

! A luta genética consiste na descoberta e desenvolvimento pelo Homem de variedades de plantas resistentes à acção prejudicial dos inimigos das culturas.

A luta genética tem grande importância em protecção integrada pois as plantas resistentes a inimigos das culturas têm a vantagem de não ser necessária a utilização de luta química, que se traduz em evidentes benefícios económicos e ambientais.

A par das técnicas clássicas, utilizadas no melhoramento de plantas para obtenção de variedades resistentes a inimigos das culturas, a biotecnologia tem oferecido meios prometedores para melhorar a segurança alimentar e reduzir a pressão sobre o ambiente. As culturas geneticamente modificadas poderão apresentar melhores características de produtividade, com melhores rendimentos para os agricultores e menores preços para os consumidores, por serem menos exigentes em factores de produção, nomeadamente, factores nocivos para o ambiente como adubos e pesticidas. As plantas transgénicas são importantes, até para o desenvolvimento da agricultura familiar, na medida em que podem poupar factores de produção.

Foram obtidas variedades de milho, algodão e batateira, com genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) incorporados, que produzem toxinas insecticidas e outras estão a ser desenvolvidas em alface, arroz, couve, luzerna, macieira, nogueira e soja. Estão também em desenvolvimento variedades resistentes a vírus e a fungos em fruteiras, hortícolas, batata e cereais.

No entanto, as plantas transgénicas não apresentam só vantagens, devendo ser adoptado o princípio da precaução. É necessário ter toda a informa-

ção, no que se refere aos seus efeitos sobre o meio e a saúde humana, para que possam ser autorizadas. Será necessário avaliar sempre a capacidade alérgica dessas variedades, em termos alimentares, bem como o seu impacto sobre as populações de vida selvagem e a biodiversidade. Haverá que acautelar a não utilização excessiva de herbicidas em variedades resistentes e estar atento ao risco de aparecimento de resistências nos insectos expostos às plantas *Bt* e ao seu efeito tóxico sobre os auxiliares, que poderão implicar a necessidade de aplicação de mais insecticidas.

! Em Produção Integrada a orientação é para que o uso das plantas transgênicas seja definido, e explicitamente permitido, caso a caso.

LUTA CULTURAL, MECÂNICA E LIMITAÇÃO NATURAL

! Uso óptimo dos recursos naturais e de práticas culturais sem impacto negativo nos ecossistemas e promoção do desenvolvimento dos auxiliares.

O desenvolvimento destas medidas passará, entre outras, e quando possível, por:

- Utilização de material vegetal são e certificado e variedades resistentes aos inimigos das culturas. Sempre que possível, deverá favorecer-se a mistura de clones, castas ou variedades, sobretudo em culturas anuais, para aumentar a biodiversidade e reduzir a possibilidade de ocorrerem grandes ataques de inimigos da cultura;
- Instalação e condução das culturas nas condições mais favoráveis ao seu desenvolvimento;
- Rotações com alternância de culturas com características diferentes, nomeadamente diferentes preferências pelos inimigos das culturas, permitindo um mais fácil combate de pragas, doenças e infestantes;
- Eliminação de fontes de inóculo de doenças, de pragas e de infestantes vivazes, antes da instalação das culturas;
- Mobilizações do solo para trazerem à superfície ou enterrarem ovos e formas hibernantes de insectos e estados jovens de caracóis e lesmas;
- Solarização do solo para a destruição de fungos, bactérias, nemátodes, infestantes e insectos, através da energia solar;

- Cobertura do solo, ou *mulching*, com materiais diversos para prevenir as perdas de água pelo solo, a erosão e combater as infestantes;
- Redes de protecção nas aberturas das estufas ou sobre as plantas para impedir a entrada de insectos na estufa ou a sua postura. Esta prática é particularmente importante na protecção de culturas hortícolas contra insectos vectores de viroses;
- Enrelvamento na entrelinha, permanente ou temporário, natural ou semeado, para reduzir a utilização de herbicidas, prevenir a erosão, melhorar a estrutura do solo, facilitar a entrada nas vinhas e pomares e contribuir para a biodiversidade; ao cortar a vegetação mecanicamente ela ficará sobre o terreno fornecendo matéria orgânica aos solos;
- Manutenção de áreas de compensação ecológica, sebes vivas ou faixas, com árvores ou arbustos tradicionais, eventualmente também de plantas aromáticas e medicinais, à volta e entre as parcelas, para fomentar a biodiversidade e promover o aparecimento de polinizadores e o aumento das populações de auxiliares e, em simultâneo, exercer um efeito repelente sobre artrópodos fitófagos;
- Não eliminação total das infestantes, por ser prejudicial para a fauna útil que se abriga na vegetação espontânea; a presença dos auxiliares poderá, assim, assegurar a redução de populações de inimigos das culturas por limitação natural;
- Não utilização ou redução das doses e das aplicações dos pesticidas mais tóxicos para os auxiliares. A toxicidade dos pesticidas para os auxiliares é um dos critérios para a sua proibição em protecção integrada;
- Aplicações de matéria orgânica ou de resíduos vegetais, ou sua preservação no solo, para fomentar o desenvolvimento de agentes de limitação natural dos agentes patogénicos das plantas;
- Não aplicação de fumigantes ou outros fungicidas ao solo para manter a flora saprofítica responsável pela capacidade supressiva dos solos.

AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE DE INTERVENÇÃO. MONITORIZAÇÃO

Apesar da adopção de medidas indirectas de luta para reduzir ou eliminar a nocividade dos inimigos das culturas, eles poderão surgir. Torna-se, assim,

necessário vigiar as culturas e esclarecer o risco de prejuízos a que estão sujeitas recorrendo à determinação da intensidade de ataque dos inimigos, ou monitorização, e à análise dos factores de nocividade. Estaremos, assim, a proceder à estimativa do risco.



A estimativa do risco corresponde à avaliação da natureza e da importância de inimigos da cultura, potencialmente capazes de causar prejuízos.

Deverão identificar-se correctamente os inimigos a combater, a dimensão das suas populações e o sentido em que se dará a sua evolução, condicionada pelos factores de nocividade dos inimigos.

A determinação da intensidade de ataque é realizada através da utilização de técnicas de amostragem que deverão ser fáceis de executar e de interpretar. As técnicas de amostragem podem ser directas, como a observação visual, em que se observa um determinado número de órgãos representativo, ou indirectas em que se procede à captura de pragas e auxiliares para sua posterior identificação e quantificação.

Ao abrigo dos n.ºs 3 e 4 do artigo 6.º da Portaria 65/97, de 28 de Janeiro, já se encontram publicadas pela Direcção Geral de Protecção das Culturas (DGPC) as normas de Protecção Integrada relativas a diversas culturas onde são apresentadas as diferentes técnicas de amostragem a utilizar para a realização da estimativa do risco nessas culturas ao longo do ciclo cultural.

As técnicas de amostragem mais utilizadas para as pragas são a observação visual e as armadilhas de atracção sexual e cromotrópicas e para os auxiliares a observação visual e a técnica das pancadas (figuras 1.5 a 1.8).

Para a avaliação da intensidade das doenças, a técnica mais utilizada é a da observação visual, identificando-se os agentes patogénicos através dos sintomas ou do sinal das doenças. Nas doenças é particularmente importante estar atento nos períodos de risco ou de estados fenológicos de maior sensibilidade. Nos manuais publicados pela DGPC a informação sobre a estimativa do risco para as doenças é escassa, sendo apenas disponibilizada para algumas hortícolas, pomóideas (oídio e pedrado) e oliveira (gafa e olho de pavão).

Para a avaliação da estimativa do risco de infestantes, a informação oficial é ainda mais escassa, estando só disponibilizada para o arroz. No entanto, nos manuais da DGPC são apresentados guias de protecção integrada para as culturas, que contemplam alguma informação adicional, sobre doenças e infestantes, que será importante consultar.

Determinada a intensidade de ataque, importa analisar os factores de nocividade para avaliar os prejuízos que os inimigos poderão causar.



Figura 1.5 • Armadilhas sexuais tipo delta para a estimativa do risco de lepidópteros em diversas culturas – Escola Superior Agrária de Coimbra (Cunha, 2004)



Figura 1.6 • Armadilhas cromotrópicas azul, amarela e branca para a estimativa do risco de insectos em diversas culturas – Escola Superior Agrária de Coimbra (Cunha, 2004)



Figura 1.7 • Garrafas mosqueiras para a estimativa do risco de mosca da fruta em pessegueiros e citrinos – Escola Superior Agrária de Coimbra (Cunha, 2004)



Figura 1.8 • Armadilha sexual para estimativa do risco de broca dos ramos *Zeuzera pyrina* em pomáceas – Escola Superior Agrária de Coimbra (Cunha, 2004)

! **Factores de nocividade são factores de natureza diversa que podem influenciar favorável ou negativamente, o desenvolvimento, a multiplicação e a acção prejudicial dos inimigos das culturas ou a acção benéfica dos auxiliares.**

Entre os factores de nocividade, pela sua importância, deverão ser especialmente considerados: a nocividade do inimigo e o seu estado de desenvolvimento; a presença ou ausência de auxiliares; a história da cultura em termos fitossanitários, sobretudo no ano anterior, é fundamental para as culturas perenes; os dados climáticos relativos a temperatura, humidade relativa, precipitação, humectação e velocidade do vento; e factores económicos que possam condicionar o valor da colheita.

Realizada a estimativa do risco, será necessário avaliar da necessidade, ou não, de intervenção com meios directos de luta. Essa avaliação é feita comparando os resultados obtidos com os Níveis Económicos de Ataque (NEA) ou os modelos de desenvolvimento de doenças ou pragas.

! **Nível Económico de Ataque é a intensidade de ataque de um inimigo da cultura a que se devem aplicar medidas limitativas ou de combate para impedir que a cultura corra o risco de prejuízos superiores ao custo dos meios de luta a adoptar, acrescidos dos efeitos indesejáveis que essas medidas possam provocar.**

O NEA é, portanto, um conceito que relaciona os dois aspectos que são a base da protecção integrada: a tolerância do maior número possível de inimigos sobre as culturas e a compensação do agricultor com produtos de alta qualidade e com a melhoria do solo e do ambiente, sem perda de rendimento.

A complexidade dos factores que influenciam o crescimento das populações dos inimigos das culturas, e a importância económica dos prejuízos causados, dificulta a disponibilidade de NEA rigorosos e científicos. Assim, os NEA actualmente estabelecidos resultam, sobretudo, da experiência acumulada durante muitos anos, em observações visuais em vários países.

Nos manuais publicados pela DGPC considerou-se que, a nível nacional, e apesar da falta de estudos mais profundos para determinação de NEA, numa primeira fase deveriam ser referenciados os existentes e aconselhados pela Organização Internacional de Luta Biológica e Protecção Integrada (OILB), ou outros, adaptados por países ou regiões com condições climáticas mais próximas das nacionais. Numa segunda fase, com base no exercício da protecção integrada com esses NEA, será possível avaliar e modificar, ou não, os níveis referenciados.

No caso da cultura da vinha, e para o caso particular da traça da uva, os NEA actualmente estabelecidos já são o resultado da experimentação nacional.

A experiência entretanto adquirida com a prática da protecção integrada já permitiu que, no caso da cultura da oliveira, se introduzissem algumas actualizações nas metodologias de estimativa do risco e NEA, que pretendem ser mais adequadas e expeditas.

Nas pomóideas, após oito anos de experiência, considerou-se que os NEA referenciados se apresentam, de um modo geral, adaptados à realidade nacional.

À semelhança do que foi referido sobre a informação relativa à estimativa do risco, também os NEA são referenciados quase que exclusivamente para as pragas, sendo escassa a informação para as doenças e infestantes, adoptando-se, geralmente, medidas de carácter preventivo e curativo.

Para alguns inimigos, como o bichado e o pedrado nas pomóideas, a traça e o míldio na vinha e na batateira e tomateiro, têm sido estudados modelos do seu desenvolvimento, encontrando-se alguns já validados nalguns países, mas em Portugal, estão, ainda, em fase experimental.

! A análise global da informação fornecida pela estimativa do risco e pelos níveis económicos de ataque e/ou modelos de desenvolvimento poderá, então, evidenciar, ou não, a necessidade de intervenção.

UTILIZAÇÃO DE MEDIDAS DIRECTAS DE LUTA

! Sendo necessário intervir, deverão analisar-se os meios de protecção disponíveis e a viabilidade da sua utilização imediata, seleccionando-se, então, o meio de protecção mais adequado tendo, sempre, como princípio a perturbação mínima do ecossistema. Será a tomada de decisão.

As medidas de luta a aplicar deverão, na medida do possível, actuar exclusivamente sobre os organismos a combater e não ter qualquer impacto na saúde humana, na biodiversidade e no ambiente. Deverão usar-se, de preferência, meios de luta física, biológica e biotécnica devendo a utilização da luta química, com criteriosa selecção dos pesticidas, ser só realizada quando não houver outra alternativa.

LUTA FÍSICA



A luta física consiste na utilização de energia para prejudicar ou destruir os inimigos das culturas ou para os retirar do meio.

Consoante a forma de energia utilizada, os métodos de luta física podem ser classificados em meios de luta mecânica e meios de luta térmica. Na luta mecânica, são incluídas algumas medidas, muitas vezes consideradas práticas culturais, e na luta térmica recorre-se a temperaturas elevadas, letais para os organismos a combater, e a temperaturas baixas, para impedir o seu desenvolvimento após a colheita.

Algumas das medidas que poderão ser utilizadas são, entre outras:

- A mobilização do solo para combater as infestantes, sobretudo em culturas anuais. Nas culturas perenes a mobilização pode ser geral ou apenas na entrelinha, com aplicação de herbicida na linha;
- A monda manual de infestantes deixando as plantas a secar sobre o terreno para proteger o solo da erosão, das perdas de água e fornecer matéria orgânica ao solo;
- A destruição térmica das infestantes com equipamento específico que produz vapor de água ou através do calor de queimadores a gás propano. Esta última é uma técnica muito divulgada em agricultura biológica;
- A eliminação das plantas atacadas em culturas perenes, com podridões radiculares, ou em hortícolas, atacadas por viroses, bacterioses ou focos isolados com ataque intenso de afídeos;
- A poda sanitária durante o repouso vegetativo e as intervenções em verde para eliminar partes de plantas como folhas, ramos e frutos, que sejam focos de doenças ou pragas;
- O alagamento total do terreno em culturas perenes, durante um período curto, para destruir ou afugentar os ratos e outras pragas do solo;
- A lavagem, através da pulverização em alto volume de água e um detergente biodegradável, permite combater a psila da pereira se a aplicação for realizada pela manhã em dias quentes. Este método também tem algum interesse para a redução da incidência de fumagina na cultura dos citrinos;
- A conservação, na fase de pós-colheita, de produtos agrícolas em sistemas frigoríficos adequados.

LUTA BIOLÓGICA

! A luta biológica consiste na utilização de inimigos naturais para reduzir as populações dos inimigos das culturas, tornando-os menos prejudiciais.

É grande a diversidade de auxiliares existentes, mas verifica-se, também, grande diversidade na sua eficácia. Todos os inimigos das culturas têm os seus próprios inimigos e, teoricamente, seria possível serem todos controlados pela luta biológica. Na prática não é bem assim, mas muita investigação está a ser desenvolvida nesta área e as soluções vão aparecendo.

Os auxiliares mais importantes são os entomófagos que causam a morte de insectos, estando incluídos neste grupo predadores e parasitóides. Os insectos, os ácaros e os nemátodes predadores alimentam-se de elevado número de presas ao longo do seu ciclo de vida e os insectos parasitóides vivem em permanente contacto com o hospedeiro, alimentando-se dele e causando-lhe a morte no final do seu desenvolvimento larvar, tendo vida livre no estado adulto.

Outro grupo importante de auxiliares é o dos entomopatogénios (vírus, bactérias, fungos ou nemátodes), que causam doenças nos insectos provocando a sua morte.

Relativamente a outros grupos de inimigos das culturas, para além dos insectos, a eficácia dos auxiliares é, de um modo geral, muito mais reduzida.

A utilização dos inimigos naturais como medida de luta biológica pode ser desenvolvida de diferentes maneiras, considerando-se, normalmente, três modalidades:

- Limitação natural – desenvolvida através da utilização de práticas de promoção dos auxiliares (já referida nas medidas indirectas);
- Luta biológica clássica – desenvolvida para combater espécies introduzidas, com importação de auxiliares não existentes no ecossistema da cultura, mas que existem na região de origem da espécie introduzida. O objectivo é tentar reproduzir as condições existentes no ecossistema original do inimigo introduzido e, a longo prazo, poder chegar-se a uma situação de equilíbrio do ecossistema através da limitação natural;
- Tratamento biológico com largadas de auxiliares produzidos em massa com o objectivo de aumentar as populações de auxiliares indígenas, existentes mas não em número suficiente, para manterem as populações de inimigos em densidades que não causem prejuízos.

O tratamento biológico é a modalidade de luta biológica que poderá ser aplicada como medida de luta directa e poderá ser desenvolvido segundo

dois diferentes tipos de largadas: as largadas inoculativas em que a distribuição é efectuada uma só vez no ciclo cultural, obtendo-se resultados imediatos e até ao fim do ciclo cultural a partir do desenvolvimento das populações largadas; e as largadas inundativas em que se procede à distribuição periódica de elevadas populações de auxiliares para obter o domínio imediato do inimigo da cultura. Como, normalmente, não se verificam efeitos nas gerações seguintes, deverão ser efectuadas novas largadas para as combater caso se tornem necessárias.

Em Portugal são escassas as empresas que comercializam agentes de luta biológica estando, deste modo, limitadas as possibilidades de intervenção com tratamentos biológicos. Assim, os agentes de luta biológica a que é possível recorrer actualmente através de largadas inundativas são:

- Insectos e ácaros entomófagos: entre as pragas que podem ser combatidas destacam-se a mosquinha branca das estufas, as larvas-mineiras, os ácaros, os afídeos e os tripses, em hortícolas; a cochonilha algodão, em citrinos e ornamentais;
- Bioinsecticidas com origem em bactérias: *Bacillus thuringiensis*, para pragas de lepidópteros, e a abamectina, para *psila* da pereira, larvas-mineiras no

tomateiro e ácaros no morangueiro. Estes biopesticidas são utilizados em largadas inundativas realizando tratamentos iguais aos da aplicação de produtos fitofarmacêuticos;

- Com a agricultura biológica tem-se verificado o recurso às plantas insecticidas, azadiractina, nicotina, piretrinas, riânia e rotenona, e aos óleos, de cevadilha e de quassia, com o fundamento de serem pesticidas não químicos. No entanto, a elevada toxicidade da nicotina para o homem e da azadiractina, nicotina, piretrinas e rotenona para os auxiliares não justificam a sua utilização em protecção integrada. As piretrinas e a rotenona são, ainda, muito tóxicas para peixes. Em Portugal só são comercializadas as piretrinas.

LUTABIOTÉCNICA

! A luta biotécnica ou luta fisiológica consiste na manipulação de meios normalmente presentes no organismo ou no habitat da praga que permite alterar negativamente certas funções vitais que deles dependem verificando-se, em geral, a morte dos indivíduos afectados.

As medidas biotécnicas englobam diferentes modalidades de luta que passam pela utilização de semioquímicos, de reguladores de crescimento de insectos e pela luta autocida.

! Os semioquímicos são substâncias emitidas por uma espécie que vão interferir no comportamento de organismos receptores da mesma espécie ou de outras. Nestas substâncias estão incluídos os aleloquímicos e as feromonas:

- Os aleloquímicos promovem a comunicação entre indivíduos de espécies diferentes. É o caso da produção pelas plantas de substâncias repelentes (alomonas) para espécies que lhe possam causar prejuízos, funcionando como fago-inibidores;
- As feromonas são substâncias produzidas em glândulas exócrinas dos insectos, em quantidades muito reduzidas que, libertadas para o exterior, vão ser detectadas por outro indivíduo da mesma espécie no qual provocam uma reacção específica.

De grande importância em protecção integrada são as feromonas sexuais, que exercem atracção entre machos e fêmeas da mesma espécie, e as de agregação que, sendo atractivas para ambos os sexos, provocam a reunião de numerosos indivíduos da mesma espécie com objectivos de alimentação, hibernação ou reprodução.



A utilização prática das feromonas tem sido feita em estudos de biologia, distribuição, monitorização e estimativa do risco, recorrendo-se, como já foi referido, a armadilhas sexuais, e em medidas de luta biotécnica como a captura em massa, como atracticida, no tratamento localizado, e no método da confusão sexual.

! Os reguladores de crescimento de insectos são substâncias que imitam a acção de hormonas no crescimento e desenvolvimento dos insectos ou que inibem ou interrompem certas fases do seu desenvolvimento. Consoante o seu modo de acção podem ser classificados em reguladores de crescimento de insectos (RCI), quando imitam a acção de hormonas, e em inibidores de crescimento de insectos (ICI) quando inibem a síntese de quitina e a deposição da cutícula.

Os reguladores de crescimento funcionam, assim, como insecticidas selectivos e com reduzida toxicidade para o Homem e o ambiente. A sua toxicidade para os auxiliares é, geralmente, nula ou mediana, embora sejam, por vezes, perigosos ou muito perigosos para organismos aquáticos, pelo que deve ser bem ponderada a sua aplicação perto de cursos ou reservas de água. A grande dificuldade na utilização de reguladores de crescimento deve-se à exigência de uma rigorosa oportunidade de tratamento em curtos períodos do ciclo de vida das pragas, para garantir a sua eficácia.



A luta autocida é uma técnica em que se procede à largada de insectos estéreis em quantidade suficiente para competirem sexualmente com a população natural da mesma espécie conduzindo, a prazo, à erradicação da praga ou à redução da densidade da sua população para valores inferiores ao NEA.

Esta técnica exige a produção em massa da praga, a esterilização em grandes quantidades de insectos machos e a sua largada para acasalarem com as fêmeas presentes no ecossistema. O sucesso da luta autocida depende de vários factores, nomeadamente da sua utilização em área abrangente e em zonas com algum isolamento como, por exemplo ilhas ou zonas ecologicamente bem diferenciadas.

Esta técnica tem sido desenvolvida, mundialmente, para erradicar e controlar a mosca da fruta, *Ceratitis capitata*, mas já foi utilizada com sucesso contra outras moscas da fruta e também contra o bichado das pomóideas. Em Portugal, tem vindo a ser aplicada na Madeira, contra a *C. capitata*, que causa nesta ilha enormes prejuízos a numerosas fruteiras. Foi construída uma biofábrica que iniciou a produção, em massa, de machos estéreis, em 1996, com início de largadas por avião em 1998. As largadas são feitas semanalmente e o objectivo é manter as populações a densidades suficientemente baixas.

No Algarve, pela importância económica da mosca da fruta nos citrinos e noutras culturas, também já foi iniciado um programa para o desenvolvimento da luta autocida para o seu combate, tendo-se chegado à conclusão de que poderá ser economicamente viável para as zonas de Silves e do Litoral.

No Oeste, há um projecto em desenvolvimento para construção de uma biofábrica para produção em massa de machos e fêmeas estéreis do bichado das pomóideas. O objectivo é a aplicação da luta autocida em área abrangente, uma vez que a área de pomóideas é significativa na região e apresenta algum isolamento geográfico.

Esta técnica tem grandes vantagens em termos ambientais, pois não apresenta riscos para o Homem nem para qualquer componente do ecossistema e reduz as necessidades de se aplicarem pesticidas. Contudo, as suas exigências tornam a sua viabilidade bastante reduzida.



Assim, as medidas de luta biotécnica a que é possível recorrer, actualmente, são:

- Captura em massa: utilizando arma-

dilhas similares às utilizadas para a estimativa do risco, com uma maior quantidade por hectare, e recorrendo, geral-



mente, a feromonas de agregação, podendo ser também sexuais. Na captura em massa pode adicionar-se também um atractivo alimentar para aumentar a eficácia. Em Portugal este método já está a ser utilizado para combater a mosca da fruta em citrinos, pomóideas e prunóideas (figura 1.9);

- Utilização de feromonas como atractivas: a feromona é adicionada a um insecticida sendo os insectos atraídos para serem destruídos. Este processo é semelhante ao da adição de atractivos alimentares a caldas insecticidas, método já utilizado para combater a mosca da fruta nos citrinos e a mosca da azeitona na oliveira, permitindo a realização de tratamentos localizados com redução da quantidade de insecticida aplicado e menores impactos ambientais;
- A confusão sexual: método em que se tenta impedir os machos de encontrarem as fêmeas, inviabilizando a fecundação e as novas gerações da praga. Consiste na instalação de numerosos difusores de feromona sexual que provocam uma grande distribuição de feromona e confusão nos machos. O sucesso do método tem sido consolidado através da sua utilização em área

abrangente, sendo um método a aplicar não numa pequena parcela mas sim em grandes áreas ou regiões através das associações de agricultores. Para garantir a eficácia do método deverá ser reforçada a dose de difusores nas bordaduras, em cerca de 10 m, e os ventos não deverão ser superiores a 3 m/s, caso contrário, a dose deve ser reforçada ou instaladas sebes. Em Portugal já são comercializados difusores para diversas pragas, nomeadamente para o bichado da nogueira, das pomóideas e das prunóideas, para a anársia, para a broca dos ramos das pomóideas e para as traças da uva (figura 1.10);

- Reguladores de crescimento: são comercializados como produtos fitofarmacêuticos e são aplicados da mesma maneira que os outros pesticidas. A sua comercialização começou em Portugal na década de oitenta e actualmente existe no mercado mais de uma dezena de substâncias que podem ser utilizadas para combater insectos e ácaros em arroz, hortícolas, oliveira, ornamentais, pomares de citrinos, pomóideas e prunóideas, nogueiras e vinha, principalmente contra homópteros e lepidópteros.



Figura 1.9 • Armadilha Tephri para captura em massa da mosca da fruta em citrinos, pomóideas e prunóideas – Escola Superior Agrária de Coimbra (Cunha, 2004)



Figura 1.10 • Difusores de feromonas utilizados no método da confusão sexual para combater o bichado das pomóideas e a traça da uva - Escola Superior Agrária de Coimbra (Cunha, 2004)

LUTA QUÍMICA



A luta química consiste na utilização de substâncias químicas, naturais ou de síntese, designadas produtos fitofarmacêuticos ou pesticidas, para eliminar ou reduzir as populações dos inimigos das culturas. Em protecção integrada só deverá ser utilizada depois de atingido o nível económico de ataque.

Pela importância que os pesticidas têm nos sistemas produtivos, o desenvolvimento e o fomento de estratégias que contribuam para a redução dos seus efeitos nefastos sobre a saúde pública e sobre o ambiente têm sido preocupação de governos e organizações não governamentais. Em Janeiro de 2001 a UE incluiu, no 6.º Programa de Acção Ambiental, a decisão de proceder ao desenvolvimento de uma Estratégia Temática do Uso Sustentável dos Pesticidas com o objectivo da redução dos riscos e do seu uso, mas assegurando a necessária protecção das plantas. O uso sustentável dos pesticidas é definido pela Comissão Europeia como:

«o uso dos pesticidas sem efeitos irreversíveis nos sistemas naturais e que não provoque efeitos agudos ou crónicos no homem, animais e ambiente. O uso sustentável dos pesticidas corresponde à máxima redução da sua utilização, à restrição do uso ou à substituição dos mais perigosos e à adopção do princípio da precaução nas decisões de homologação dos pesticidas».

Alguns dos objectivos a atingir com a Estratégia Temática do Uso Sustentável dos Pesticidas são: minimizar os riscos para a saúde pública e o ambiente; melhorar a fiscalização do uso e da distribuição dos pesticidas; reduzir o número de substâncias activas perigosas; e encorajar os sistemas de culturas sem ou com reduzido uso de pesticidas.

Segundo o conceito de luta química, os reguladores de crescimento dos insectos, como substâncias químicas de síntese que são, são considerados

produtos fitofarmacêuticos e incluídos no *Guia dos Produtos Fitofarmacêuticos – Lista dos produtos com venda autorizada*, publicado todos os anos pela DGPC, embora pelo seu modo de acção sejam, incluídos na luta biotécnica. Do mesmo modo, também, os biopesticidas constituídos por substâncias químicas naturais (de plantas insecticidas ou outras) ou de natureza biológica, são considerados pesticidas e incluídos no mesmo guia. No entanto, ao fazer a sua aplicação, considera-se que se está a fazer um tratamento biológico e não um tratamento químico.

! Em protecção integrada a utilização da luta química deverá ser o último recurso e os produtos a utilizar terão de ser rigorosamente seleccionados.

SELECÇÃO DOS PRODUTOS FITOFARMACÊUTICOS

Segundo as regras da produção integrada da OILB, antes da aplicação de um produto é necessário escolhê-lo tendo em atenção, não apenas a eficácia, mas também os efeitos secundários. Para além dos efeitos sobre o Homem, mamíferos, aves e peixes, é particularmente importante o efeito sobre insectos e ácaros auxiliares, para além dos antagonistas do solo. Ao destruir esses

auxiliares, o agricultor está a favorecer as pragas e o surgimento de outras. Haverá também que considerar o seu efeito no ambiente, nos compartimentos solo, água e ar, bem como a sua persistência. A aplicação de produtos menos agressivos faz diminuir o número de tratamentos e, assim, reduzem-se, também, os custos de produção e os efeitos negativos sobre o ambiente.

! Os critérios para a selecção dos pesticidas a utilizar na protecção integrada das culturas deverão ser cada vez mais exigentes, sendo desejável que se caminhe no sentido do seu uso sustentável.

Nos manuais publicados pela DGPC para a prática da protecção integrada são apresentadas as listas de produtos aconselhados, para a protecção de cada cultura. Os critérios para a selecção dos insecticidas, acaricidas, fungicidas e herbicidas são, de um modo geral, os seguintes:

- i) classificação toxicológica: não podem ser aconselhados produtos muito tóxicos ou tóxicos (só no caso das pomóideas) para o Homem;
- ii) toxicidade para os auxiliares: não podem ser aconselhados produtos muito tóxicos ou tóxicos para o grupo de auxiliares mais importante em

cada cultura, a não ser que apenas entrem na calda em concentração mais reduzida;

- iii) toxicidade para outros auxiliares da cultura: não podem ser aconselhados produtos muito tóxicos para mais de dois grupos de artrópodos;
- iv) organofosforados e piretróides: não são aconselhados aqueles relativamente aos quais não haja informação sobre os auxiliares, ou essa informação seja muito reduzida;
- v) produtos pertencentes a grupos químicos que, em regra, são neutros ou pouco tóxicos para os auxiliares: são autorizados mesmo que a informação sobre o seu efeito para os auxiliares da cultura seja escassa;
- vi) herbicidas: não são aconselhados aqueles cuja persistência e mobilidade possam originar contaminações da toalha freática;
- vii) são autorizados produtos que seriam excluídos pelos critérios anteriores, mas para cujas finalidades não existem, de momento, alternativas ao seu uso.

A aplicação destes critérios conduz à elaboração de duas listas de produtos autorizados em protecção integrada: uma de produtos recomendados (também designada de lista verde) e outra de produtos complementares (também designada de lista amarela), considerando-se produtos complementares os que seriam excluídos estando, apenas, autorizados por não haver alternativa. Para mais informações deverão consultar-se as listas publicadas pela DGPC.

Utilização dos Produtos Fitofarmacêuticos



Ao promover o uso equilibrado dos produtos fitofarmacêuticos previne-se a degradação da qualidade do solo e da água e da quantidade disponível. A leitura do rótulo é indispensável e fundamental. Leia sempre o rótulo!

A utilização dos produtos fitofarmacêuticos deve ser feita de acordo com os requisitos legais nomeadamente autorização de utilização na cultura, doses, concentrações, intervalos de aplicação, de reentrada e de segurança.

Apesar da nossa integração na UE, apenas deverão ser utilizados produtos com homologação e autorização de venda em Portugal, atribuídas pela DGPC, e com o rótulo em português. Para mais informações consultar o *Guia dos Produtos Fitofarmacêuticos – Lista dos produtos com venda autorizada*, publicado pela DGPC.

Outros cuidados a ter com a utilização dos produtos fitofarmacêuticos são também:

- Reduzir o arrastamento: as aplicações deverão ser realizadas de manhã cedo, em dias sem vento e evitando temperaturas elevadas;
- Utilizar de preferência aplicações localizadas como forma de reduzir os volumes de calda a aplicar;
- Deixar uma faixa de protecção aos rios e ribeiras (margem de segurança), na qual não serão aplicados produtos fitofarmacêuticos. Há produtos para os quais está definida a dimensão mínima desta faixa, estando a informação contida no rótulo. Estas faixas de protecção deverão ter uma largura adequada à dimensão do rio ou ribeira e poderão ser cultivadas, desde que não sejam mobilizadas nem se apliquem adubos ou produtos fitofarmacêuticos;
- Respeitar o período de não circulação das águas quando forem feitas aplicações directamente em valas ou canteiros de arroz;
- Respeitar as restrições de utilização em zonas vulneráveis à contaminação de águas subterrâneas e em perímetros de protecção de captações de águas destinadas ao abastecimento público.

PREPARAÇÃO DAS CALDAS

Os solos dos locais de preparação das caldas apresentam, de um modo geral, um teor muito elevado de resíduos de pesticidas, devido à acumulação que vai ocorrendo ao longo dos anos. Assim, é fundamental escolher locais apropriados que não permitam a contaminação do solo ou da água:

- Os locais de preparação das caldas deverão ficar localizados a mais de 10

metros de cursos de água, valas, condutas de drenagem, poços, furos ou nascentes;

- Não deverão contaminar-se as águas durante a preparação das caldas;
- Devem ser seguidas todas as recomendações relativas ao equipamento de protecção individual a utilizar durante o manuseamento dos produtos.

Aplicação dos Produtos Fitofarmacêuticos



A aplicação dos produtos fitofarmacêuticos deverá ser feita por pessoal com formação e treinado, com cumprimento das normas de segurança de utilização do equipamento de aplicação e do equipamento de protecção individual.

O equipamento deverá ser o mais adequado possível às necessidades e dimensão da exploração e das culturas, de modo a garantir as condições de aplicação constantes dos rótulos das embalagens e assegurar a eficácia dos produtos. Nas aplicações realizadas com aparelhos montados ou rebocados por tractores, deverá dar-se preferência, quando possível, a tractores da nova geração com menores consumos de combustível e menores emissões sonoras ou poluentes. A utilização de tractores com cabine fechada garantirá melhor segurança na protecção dos trabalhadores. Tendo em vista a preservação do meio ambiente e a segurança do operador, o material de aplicação deve ser utilizado correctamente. Para tal deverá proceder-se à sua regulação e manutenção permanente, de acordo com as recomendações do fabricante, expressas no manual de instruções, de modo a garantir a eficiência dos tratamentos e evitar a necessidade de novos tratamentos por má aplicação das caldas.

- Os equipamentos deverão ser regularmente calibrados, através da realização de ensaios em branco, de modo a poderem preparar-se os volumes de calda necessários e evitar os excedentes;
- ?** Quais as características desejáveis no material de aplicação?
- O manómetro deverá estar em perfeitas condições de funcionamento;
 - A existência de deflectores nos equipamentos para aplicações em culturas altas, arbóreas ou arbustivas, permitirá uma melhor orientação do fluxo de ar e aproveitamento das caldas;
 - Os equipamentos deverão fazer uma distribuição o mais homogénea possível, com gotas de dimensões suficientemente pequenas que evitem o escorrimento para o solo e suficientemente grandes para reduzir o arrastamento da calda para fora do alvo;
 - O débito dos bicos deve ser controlado regularmente e proceder-se à sua substituição logo que os valores não sejam os adequados e haja um aumento superior a 10%;
 - A utilização de bicos anti-arrastamento, permitirá reduzir o efeito de arrastamento das caldas para fora do alvo pretendido e melhorar a eficiência dos tratamentos;
 - A existência de dispositivos anti-gotejamento permitirá evitar derrames quando o equipamento for desligado e deixar de estar sobre pressão;
 - A existência de painéis recuperadores de calda permitirá a recuperação da calda não depositada sobre as culturas, com o seu retorno ao depósito e posterior reutilização, com redução da quantidade de produto depositada nos solos;

- Os circuitos de distribuição e respectivas ligações devem ser perfeitamente estanques.

Restos de caldas e Embalagens vazias

! Para a redução do impacto ambiental da actividade agrícola deverá ser dado aos resíduos e às embalagens de produtos fitofarmacêuticos o destino apropriado.

- O material de aplicação deve estar calibrado de modo a poderem ser preparados volumes de calda adequados às parcelas a tratar, evitando ou reduzindo os excedentes;
- Eventuais excedentes de calda nunca deverão ser aplicados sobre a cultura tratada. Depois de diluídos, devem ser aplicados até ao esgotamento em terrenos com cobertura vegetal espontânea para haver retenção sobre as plantas;
- O depósito, circuitos e filtros deverão ser lavados diariamente e sempre que se mude o produto fitofarmacêutico;
- A lavagem deverá ser feita a mais de 10 metros de cursos de água, valas, condutas de drenagem, poços, furos ou nascentes e as águas de lavagem deverão ser distribuídas sobre terreno com cobertura vegetal.
- A recolha das embalagens vazias dos produtos fitofarmacêuticos é fundamental. As embalagens deverão ser, sempre que possível, entregues a entidades especializadas na sua recolha e tratamento;
- A queima não deverá ser realizada devido à produção de gases tóxicos que podem danificar as culturas, no caso dos herbicidas, ou outros capazes de afectar a saúde humana ou animal;
- O enterramento também não deverá realizar-se, uma vez que contribuiria para a contaminação dos solos e dos cursos de água;
- As embalagens vazias nunca deverão ser utilizadas para outro fim que não seja o de manter embalados os produtos de origem, pois poderão ocorrer intoxicações humanas ou animais por uso indevido;
- Na preparação da calda, o conteúdo das embalagens deve ser completamente esvaziado para o recipiente onde se prepara a calda;

? O que fazer com os restos de calda?

? O que fazer com as embalagens vazias?

- Depois de vazias deverá realizar-se a tripla lavagem das embalagens e a água de lavagem adicionada à calda;
- A tripla lavagem das embalagens é obrigatória com excepção das embalagens de capacidade igual ou superior a 25 litros ou daquelas cujos produtos não se aplicam na forma de calda;
- Depois de sujeitas à tripla lavagem as embalagens deverão, se possível, ser perfuradas e o seu volume reduzido;
- Nas zonas onde houver locais de recolha as embalagens deverão ser colocadas em sacos apropriados e entregues nesses locais. Se os locais de recolha não existirem, os sacos deverão ser colocados nos locais de recolha normal de lixos urbanos.

Armazenamento dos Produtos Fitofarmacêuticos

! Para armazenar os produtos fitofarmacêuticos na exploração, de acordo com as Boas Práticas Agrícolas, deverão ser garantidas condições que evitem a possibilidade de, em caso de acidente, o solo e água poderem ser contaminados.

- O local deverá ser exclusivamente destinado aos produtos fitofarmacêuticos, resguardado, com acesso restrito e afastado de alimentos e bebidas, incluindo os dos animais;
- Deverá ficar localizado a mais de 10 metros de cursos de água, valas, condutas de drenagem, poços, furos ou nascentes;
- Os materiais de construção deverão ser, sempre que possível, incombustíveis;
- O ambiente deverá ser seco e arejado, não sujeito a temperaturas elevadas e o piso impermeabilizado;
- Os produtos devem ser sempre guardados nas suas embalagens originais e com o rótulo bem visível para evitar acidentes;
- As embalagens dos produtos não deverão ser colocadas directamente no chão;
- Ao manusear as embalagens dos produtos deve utilizar-se o equipamento de protecção individual adequado;
- Deverá manter-se um registo cuidado e actualizado das entradas e saídas de produtos fitofarmacêuticos e, na medida do possível, consumir de preferência os que entraram primeiro.

TECNOLOGIAS LIMPAS NA PRODUÇÃO ANIMAL

Mais do que um desejo, pode ser uma realidade a obtenção de produtos de origem animal com reduzidos impactos sobre o meio ambiente.

O B J E C T I V O S

- Dar uma panorâmica sobre um conjunto de instrumentos que podem ser adotados ao nível da alimentação dos animais, com vista à redução, a montante, dos impactos ambientais da produção pecuária.



ENQUADRAMENTO Cada vez se torna mais evidente que a poluição, entendida em sentido lato, é um problema actual e crucial para a Humanidade. As implicações ambientais da indústria e as consequências da concentração populacional nas grandes cidades começaram por ser as questões mais emergentes; no entanto, à medida que esses problemas vão sendo solucionados, as atenções voltam-se, cada vez mais, para a produção agro-pecuária.

Se bem que a vertente agrícola possa ser uma importante fonte de poluição, é ao nível da pecuária que o problema assume maior relevância, até pela maior visibilidade que tem na opinião pública. Questões relacionadas com a poluição da água e do solo, a erosão, o efeito de estufa, a desflorestação e a redução da biodiversidade são frequentemente associadas à expansão da produção animal.



A QUEBRA DO CICLO DE NUTRIENTES

Se em tempos mais remotos a produção de animais estava intimamente ligada à produção agrícola e, em muitos casos, florestal, a exigência de maior produtividade tem levado à especialização das explorações e, de forma paralela, à separação progressiva das actividades. Esta realidade, inicialmente encarada como natural e positiva, revela-se bastante gravosa, uma vez que tende a quebrar o ciclo natural dos nutrientes nas explorações onde coexistem as vertentes agrícola e pecuária.

Como se pode observar na figura 2.1, a quebra do ciclo de nutrientes nas explorações mais especializadas é acompanhada pela introdução de fertilizantes e de alimentos para os animais. A principal consequência é a produção de estrumes que, saindo das explorações, carecem de tratamento adequado. No universo das explorações que, no nosso país, se dedicam à produção animal, podemos diferenciar dois grandes grupos, correspondentes a níveis distintos de complementaridade entre as componentes agrícola e pecuária.

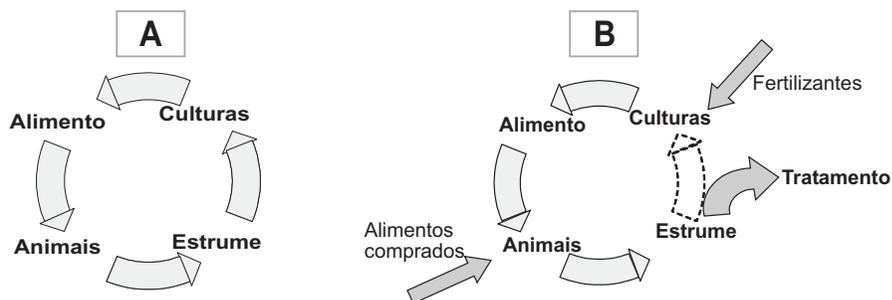


Figura 2.1 • Esquemas que mostram o ciclo natural dos nutrientes numa exploração agro-pecuária: A – Exploração tradicional; B – Exploração especializada

- **Explorações de vacas leiteiras, vacas aleitantes, equinos, ovinos e caprinos**

Estas explorações tendem a manter as duas vertentes da produção agro-pecuária e, por isso, uma desejável complementaridade entre si. Quer seja através dos excrementos deixados pelos animais durante o pastoreio, quer através das aplicações de estrumes nas culturas destinadas à alimentação animal, no espaço físico da exploração verifica-se uma incorporação de nutrientes no solo e, com isso, a sua reciclagem para nova produção de alimentos. Os excrementos constituem assim, um elemento fertilizador no sistema, ou seja, um valioso recurso intrínseco.

Naturalmente, como é exigível em qualquer sistema sustentável, as devoluções ao solo deverão estar em equilíbrio com as necessidades das culturas praticadas, de forma a evitar acumulações no próprio solo ou na água.

- **Explorações de monogástricos (suínos, coelhos e aves) e explorações dedicadas à engorda e acabamento de bovinos**

Dado que nestas explorações o elemento «terra» é muito limitado, verifica-se uma inadequada, ou mesmo inexistente, devolução ao solo dos nutrientes excretados pelos animais na sua alimentação. Acresce que em muitos casos, a necessidade de lavagens frequentes gera maiores problemas e obriga a sistemas de tratamento dos efluentes líquidos produzidos. Os estrumes deixam, assim, de assumir o papel de «recurso valorizado» pelo sistema, passando a ser encarados como um «resíduo a eliminar» desse mesmo sistema.

Nestas explorações assumem particular importância as questões relacionadas com os processos de tratamento dos estrumes bem como com a oportunidade e as tecnologias utilizadas para a sua incorporação no solo.



A APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS LIMPAS NA PRODUÇÃO PECUÁRIA

A alimentação dos animais, por estar intimamente ligada à complementaridade das actividades agrícola e animal e à utilização, mais ou menos massiva, de alimentos concentrados, é o elemento relevante e decisivo nas implicações ambientais das explorações pecuárias. Assim sendo, aproveitando o dito popular de que «mais vale prevenir do que remediar», entendemos que deverá ser exactamente ao

nível da alimentação animal que se deve abordar a utilização de Tecnologias Limpas na produção pecuária.

Pretende-se, assim, indicar as soluções que, por um lado, permitam a existência de um melhor ciclo de nutrientes nas explorações e, por outro lado, reduzam, ao mínimo, a concentração de nutrientes nas fezes e nas urinas dos animais, como forma de reduzir o seu impacto ambiental.



A abordagem desta problemática será feita em dois pontos distintos:

- **Pastagens:** a base de uma produção pecuária amiga do ambiente;
- **Estratégias alimentares alternativas ou complementares** para a redução dos impactos ambientais negativos da produção pecuária.

PASTAGENS: A BASE DE UMA PRODUÇÃO ANIMAL AMIGA DO AMBIENTE

De entre as espécies animais utilizadas na produção animal, bovinos, ovinos, caprinos e equinos têm como base da sua alimentação as pastagens e as forragens. Em menor grau, mas com uma tendência crescente, também, suínos, aves e coelhos surgem como potenciais utilizadores deste tipo de alimentos.

! *Pastagens* – conjunto de espécies vegetais, regra geral, herbáceas, com um porte prostrado (rasteiro) ou subprostrado, adaptado ao pisoteio dos animais que as consomem no local onde se desenvolvem.

As duas famílias de plantas mais comuns na maioria das pastagens são as Gramíneas (ex.: azevéns, panasco ou pé-de-galo, alpista, poas, festucas, etc.) e as Leguminosas (ex.: trevos subterrâneo, encarnado, branco, morango, violeta; serradelas, luzernas, etc.).

! *Forragens* – culturas praticadas com o objectivo principal de serem cortadas (daí o porte erecto das espécies utilizadas), seja para dar em verde aos animais, seja para conservar como feno, silagem ou feno-silagem.

Desejavelmente, também as forragens deverão associar plantas de diferentes famílias (ex.: aveia x ervilhaca x serradela; azevém x trevo violeta) mas, em muitas situações, são culturas estremes (apenas com uma espécie) de que são exemplo o azevém anual, o milho, a luzerna, etc.

Em termos relativos, seja a nível mundial, europeu ou nacional, as pastagens permanentes ocupam a maior parte da área directamente afectada à produção animal; em segundo plano, temos as pastagens temporárias conjuntamente com as culturas forrageiras.

! De um modo geral, as pastagens ocupam o terreno durante vários anos, podendo assumir a designação de *Temporárias* quando estão incluídas numa rotação cultural e têm uma duração de 2 a 7 anos, e de *Permanentes*, quando não têm uma duração predefinida, pelo que tendem a ser a única forma de aproveitamento do solo. Em relação às forragens, se bem que também possam ser culturas que ocupam o solo por mais de um ano, normalmente são anuais, de Outono-Inverno ou de Primavera-Verão.

A utilização das pastagens e das forragens é, de facto, a forma mais natural de alimentar os animais herbívoros, com especial destaque para os poligástricos (ruminantes). Dispondo de um sistema digestivo mais complexo, centrado na existência de uma flora microbiana presente no retículo-rúmen, os ruminantes conseguem utilizar, com relativa eficiência, os hidratos de carbono estruturais (vulgarmente designados por fibra) existentes nas paredes celulares das células vegetais, convertendo-os em energia, que é depois transformada em carne ou leite.

No entanto, apesar desta vantagem relativa, o objectivo de aumentar a produtividade leva, também nos ruminantes, à administração de elevadas quantidades de alimentos concentrados que, exactamente devido à especificidade da constituição e funcionamento do seu sistema digestivo, podem ter, quando comparados com os monogástricos, uma menor eficiência de conversão no leite ou na carne produzidos.

Com excepção das explorações intensivas de bovinos leiteiros e algumas explorações mais especializadas de ovinos, a generalidade da produção animal de ruminantes e de equinos é feita com recurso maioritário a pastagens de sequeiro, sejam elas naturais, melhoradas ou semeadas.

! *Pastagens Naturais* – aquelas em que a sua constituição, vigor e produção não dependem da intervenção directa do Homem; são cada vez mais raras estas situações que se limitam às áreas de baldios, alguns lameiros e a zonas mais declivosas e/ou pedregosas de difícil acesso.

Pastagens Melhoradas – nestas pastagens, também designadas por semi-naturais, o agricultor desempenha um papel activo conferindo melhores condições de crescimento às plantas espontâneas. A sua acção pode ser feita através de adubações, calagens, cortes de limpeza ou de aproveitamento, prática de fogo controlado, abertura de valas de drenagem, etc.

Pastagens Semeadas – também designadas por pastagens artificiais, são, regra geral, constituídas por plantas que não existiam no local antes da implantação da cultura; na maior parte dos casos, incluem variedades de espécies seleccionadas noutros países, embora introduzidas com critérios técnicos relacionados com as características do solo e do clima da região e com o objectivo do seu aproveitamento. Em princípio, são as mais produtivas e tenderão, por isso, a ver aumentada a sua importância relativa.

As explorações utilizam também as forragens conservadas (fenos, silagens ou palhas), produzidas a partir de culturas de sequeiro, essenciais para fazer face aos períodos de menor disponibilidade de alimento com origem nas pastagens.

Em explorações mais evoluídas e com melhor planeamento, poderão ainda existir pequenas áreas de pastagens ou de forragens de regadio, sobretudo com objectivo de complementar a produção das culturas do sequeiro.

! Seja em sistemas mais intensivos, seja nos mais extensivos, a adopção das pastagens é o meio mais racional para alimentar animais herbívoros, permitindo reduzir os custos de produção, fazê-lo de forma sustentável e até contribuir para a recuperação de áreas ambientalmente degradadas.

A necessidade de sermos competitivos com outros mercados, aliada à crescente preocupação com os aspectos ambientais e do bem-estar animal, levará em muitas situações à adopção das pastagens, sejam de sequeiro ou de regadio, como base da alimentação dos animais. Em particular, a recria de bovinos para carne e, porque não, alguma da produção de leite de vaca, poderão ter nas pastagens temporárias de regadio um forte aliado num futuro próximo.

Também no que se refere à própria produção de monogástricos, são cada vez mais frequentes as explorações que incluem as pastagens como elemento adicional da alimentação dos animais. Questões relacionadas com a diminuição dos encargos, a segurança alimentar e o conferir uma imagem «biológica» e ambientalmente correcta às produções de suínos, aves e até coelhos poderão estar na base desta opção.

! Tudo o que seja minimizar os impactos ambientais decorrentes da produção pecuária e contribuir para uma agricultura mais sustentável é fazer uso de uma Tecnologia Limpa.

Na analogia de que *mais vale prevenir do que remediar*, a utilização das pastagens constitui uma Tecnologia Limpa de excelência nos sistemas de produção animal. A comprová-lo, destacaremos a sua contribuição para:

- I. A diminuição da contaminação dos recursos hídricos por nitratos;
- II. A defesa dos solos contra a erosão;
- III. O sequestro do carbono;
- IV. A valorização da paisagem e a fixação de populações rurais.

AS PASTAGENS E A DIMINUIÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR NITRATOS

Uma das principais fontes de contaminação dos recursos hídricos são os nitratos provenientes da actividade agrícola. Tratando-se de um elemento facilmente lixiviável, muito do azoto aplicado através de adubos químicos de síntese é arrastado para águas superficiais e aquíferos subterrâneos.

Deste modo, tudo o que possa contribuir para aumentar a eficiência da utilização do azoto veiculado às culturas é relevante em termos ambientais, mas o ideal seria podermos dispensar as adubações azotadas: por um lado, pouparíamos na aquisição do adubo e, por outro lado, minimizaríamos a contaminação dos recursos hídricos.

Um elemento fundamental na constituição de pastagens, sejam elas temporárias ou permanentes, de sequeiro ou de regadio, naturais ou semeadas, é a presença de plantas da família das Leguminosas. Regra geral, pretende-se que estejam consociadas com plantas de outras famílias, com especial destaque para as Gramíneas. Ambas coexistem com espécies espontâneas que, mercê do histórico cultural do solo, das condições edáfo-climáticas e do manejo da própria pastagem, existirão em maior ou menor grau.

A importância das leguminosas nas pastagens e, também, nas forragens, relaciona-se com a sua capacidade para estabelecerem relações de simbiose com bactérias fixadoras de azoto do género rizóbio (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium* e *Cinorhizobium*), visíveis nos nódulos das suas raízes (figura 2.2).

? Relação simbiótica entre as leguminosas e o rizóbio.

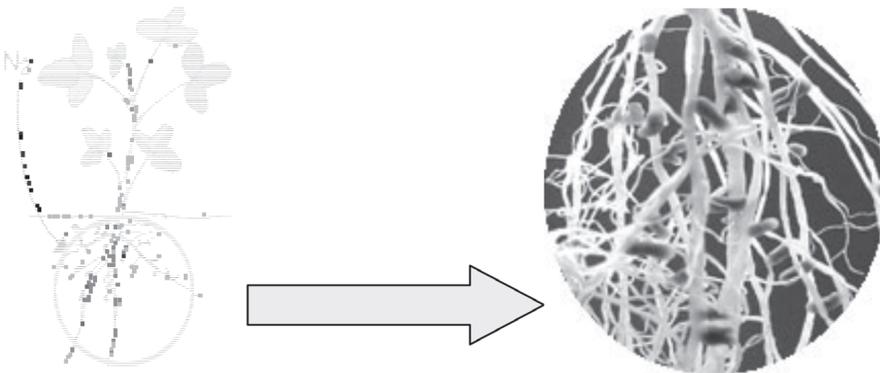


Figura 2.2 • Nodulações presentes nas raízes das Leguminosas, em resultado da relação de simbiose com o rizóbio (adaptado de www.luomusa.fi por Feio, 2004)

Para além de as plantas apresentarem teores elevados de proteína, facto relevante quando se trata de alimentar animais, o rizóbio contribui com azoto para o ecossistema planta-solo.



A agricultura do século XIX dependia muito das leguminosas para a alimentação animal e humana. No entanto, a necessidade de aumentar a produção agrícola no último século foi conseguida, em grande parte, pelo abandono da produção de muitas dessas leguminosas e pela aplicação de adubos azotados, produzidos industrialmen-

te à custa de energia fóssil, não renovável. Actualmente, e sobretudo devido ao impacto ambiental da aplicação de grandes quantidades de fertilizantes azotados, há um renovado interesse na utilização de leguminosas capazes de utilizarem o azoto atmosférico, através da associação de bactérias fixadoras.

Na relação de simbiose, a planta assegura o fornecimento de energia às bactérias, enquanto que estas «retribuem» com a disponibilização de azoto em forma utilizável (NH_3), fixado a partir do azoto atmosférico (N_2).

As quantidades de azoto fixadas pelo rizóbio variam com o tipo (estirpe) da bactéria, com a espécie da leguminosa presente e com as condições ambientais em que ambas se desenvolvem.

Para além do fornecimento de azoto às leguminosas noduladas, a relação de simbiose também beneficia as plantas adja-



Contribuição do rizóbio em Azoto.

centes – caso das gramíneas – e a cultura seguinte. A decomposição das bactérias e dos próprios nódulos vai libertando azoto mineral (NH_4^+ e NO_3^-) que pode ser utilizado por plantas não leguminosas presentes na consociação e, caso não ocorram fenómenos que facilitem o arrastamento, por culturas subsequentes.

A transferência do azoto das leguminosas para as gramíneas pode ocorrer de duas formas:

- *Transferência directa:*
 - pela «vizinhança» entre as plantas: a excreção de produtos azotados pelas raízes das leguminosas permite que, naturalmente, haja absorção pelas raízes das gramíneas;
- *Transferência indirecta:*
 - através das fezes e urinas dos animais: parte do azoto presente nas plantas consumidas é devolvida ao solo através dos excrementos, permitindo a sua utilização posterior pelas gramíneas;
 - através dos resíduos provenientes das leguminosas: as suas raízes, nódulos e alguns resíduos da parte aérea, após o processo de mineralização, podem ser utilizados pelas gramíneas.

ESTUDO DE CASO

SIMBIOSE RIZÓBIO/
/LEGUMINOSAS

NA PRÁTICA...

Numa avaliação das quantidades de azoto produzidas na relação de simbiose entre o rizóbio e as leguminosas, bem como a forma desse azoto se transferir para o solo e para as gramíneas, verificou-se que a espécie de leguminosa presente na consociação tem uma influência decisiva (tabela 2.1).

	PARÂMETROS AVALIADOS	LEGUMINOSA PRESENTE NA CONSOCIAÇÃO		
		TREVO SUBTERRÂNEO	TREVO BRANCO	LUZERNA
A	Quantidade de azoto na leguminosa (kg/ha)	146	284	387
B	Aumento do azoto no solo (kg/ha) (entre 0 e 10 cm)	53	161	107
C	Quantidade de azoto transferido directamente para a gramínea (kg/ha)	48	29	16
D	Total de azoto (A+B+C) (kg/ha)	247	474	510
	% de azoto transferido retido pela leguminosa (A/D) x 100	59	60	76
	% de azoto transferido para o solo (B/D) x 100	21	34	21
	% de azoto transferido para a gramínea (C/D) x 100	20	6	3

Tabela 2.1 • Balanço do azoto fixado e transferido anualmente (kg/ha) para o solo e para a gramínea, em três consociações de panasco com três leguminosas distintas: trevo subterrâneo, trevo branco e luzerna (valores médios de 3 anos) (adaptado de Simpson, 1987)

O trevo subterrâneo, apesar de ser a leguminosa que menos contribuiu com azoto para o sistema, foi a que transferiu maior quantidade para a gramínea. Pelo contrário, a luzerna sendo a leguminosa mais eficiente na fixação de azoto, pelo facto de fazer uma grande acumulação ao nível do seu sistema radicular, foi a que menos azoto cedeu à gramínea consociada.

Este facto indicia que o trevo subterrâneo pode ser bastante eficaz no favorecimento do crescimento das gramíneas presentes nas consociações, enquanto que a luzerna está particularmente vocacionada para transferências indirectas, com particular relevo para o favorecimento de culturas subsequentes.

PROCEDIMENTOS A ADOPTAR PARA MAXIMIZAR A UTILIZAÇÃO DO AZOTO PRODUZIDO PELA RELAÇÃO SIMBIÓTICA

Os resultados da tabela 2.1 permitem ainda ilustrar dois outros aspectos relevantes que decorrem da relação de simbiose entre as leguminosas e o rizóbio:

1. A Presença de Gramíneas na Pastagem é Fundamental

Com efeito, dada a elevada capacidade de fixação de azoto evidenciada pelo rizóbio e os «destinos» que esse azoto pode ter no sistema, as gramíneas são essenciais para a sua efectiva utilização.

As gramíneas, para além de permitirem o aumento da capacidade produtiva da própria pastagem, consomem parte do azoto produzido pelo rizóbio. Este facto tem efeitos positivos na eficiência da simbiose e no meio ambiente:

- Assegura a continuidade da fixação simbiótica, uma vez que, a partir de determinados níveis de azoto no solo, essa fixação fica bloqueada;
- Evita a lixiviação do excesso de azoto que poderia ocorrer no solo.

2. Dispensa de Adubações Azotadas

Numa pastagem com uma relação equilibrada entre gramíneas e leguminosas, a relação simbiótica com o rizóbio incorpora no sistema solo-consociação cerca de 200 a 500 kg/ha/ano de azoto!

Estas quantidades de azoto incorporadas anualmente no ecossistema solo-planta correspondem às necessidades das espécies presentes nas consociações, pelo que não haverá necessidade de proceder a adubações azotadas.

Este é, por ventura, o maior benefício económico e ambiental decorrente da utilização das pastagens como meio privilegiado para alimentar os animais.

ECONOMIA DA CONTRIBUIÇÃO DO RIZÓBIO EM AZOTO

Poderemos ter uma noção mais clara do que pode significar para o agricultor, em termos económicos, a real contribuição das leguminosas através da relação simbiótica com o rizóbio. Para tal façamos o seguinte raciocínio:

- Cada quilograma de adubo mineral azotado, com 20,5% de azoto, custa cerca de 0,20 euros (o preço actual de 50 kg deste adubo é cerca de 10 euros);

- Significa isto, que cada quilograma de azoto tem um custo aproximado de 1 euro;
- Considerando uma contribuição anual média total do rizóbio para o sistema «leguminosas-solo-gramíneas consociadas» entre 200 e 500 kg de azoto/ha, poderemos estar na presença de uma «poupança» para o agricultor de 200 a 500 euros anuais por cada hectare!

ESTUDO DE CASO



PROJECTO EMAS@SCHOOL



NA PRÁTICA...

No âmbito do projecto LIFE – Ambiente EMAS@SCHOOL (LIFE03 ENV/P/000501), está a ser desenvolvido, na Escola Superior Agrária de Coimbra, um ensaio de introdução de leguminosas em pastagens temporárias de regadio constituídas por gramíneas que, entre outros, tem como objectivo evitar as adubações azotadas (figura 2.3). Os resultados preliminares confirmam que, prescindindo das tradicionais aplicações de azoto, se mantém a produção de matéria seca de pastagem por hectare e melhora a qualidade do alimento ingerido pelos animais.

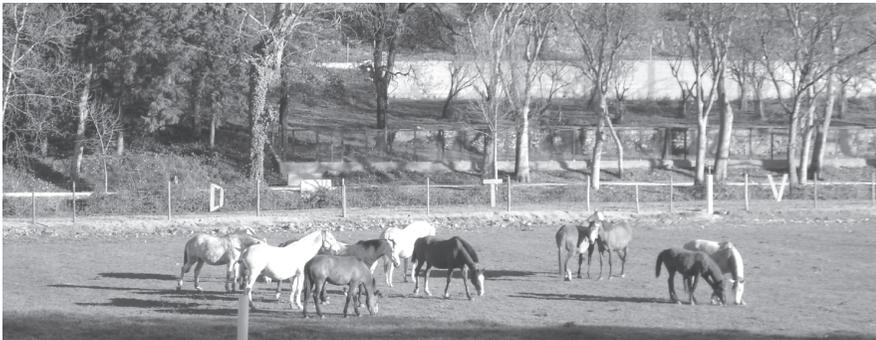


Figura 2.3 • Pastagem temporária de regadio melhorada com a introdução de leguminosas, destinada à alimentação de uma eguada da raça Lusitana – Escola Superior Agrária de Coimbra (Vaz, 2004)

Atendendo à relevância económica e ambiental do estabelecimento de simbioses efectivas entre o rizóbio e as raízes das leguminosas, na tabela 2.2 destacam-se os principais factores ambientais que podem afectar negativamente a existência e a actividade das nodulações. Ao mesmo tempo, fazem-se algumas recomendações técnicas que poderão minimizar ou evitar esses aspectos negativos.

FACTORES AMBIENTAIS	RECOMENDAÇÕES
Ausência, no solo, da estirpe adequada de rizóbio	Utilizar sementes inoculadas com rizóbio e verificar a efectiva validade do inoculante utilizado, principalmente quando se introduzem espécies de leguminosas em áreas onde não existiam anteriormente
Temperaturas do solo abaixo dos 10° C	Semear as pastagens de sequeiro o mais cedo possível, sendo necessário planear atempadamente todas as operações para que a sementeira ocorra às primeiras chuvas do Outono
pH do solo inferior a 5,2	Fazer a correcção do pH do solo (calagem), com a incorporação de calcário, sendo preferível doses repartidas anualmente a doses muito elevadas aquando da sementeira



Baixos níveis de fósforo no solo	Proceder à aplicação de fósforo na adubação de fundo. Dar particular importância às fertilizações fosfatadas de cobertura, a realizar no final do Verão, de modo a repor as quantidades de fósforo anualmente removidas do solo pelas plantas
Elevados níveis de azoto no solo	Mesmo que seja na implantação da pastagem, não aplicar mais de 40 kg/ha de azoto
Baixos níveis de magnésio no solo	Proceder na adubação de fundo à aplicação de adubos com magnésio Se for necessário corrigir o pH aplicar calcário magnesiano ou dolomítico Acompanhar a evolução do teor de magnésio ao longo da evolução da pastagem para eventuais correcções
Baixos níveis de micro-elementos no solo	Em função de eventuais limitações, nomeadamente de molibdénio, boro e zinco, proceder à sua incorporação

Tabela 2.2 • Factores ambientais que afectam negativamente a nodulação das leguminosas e recomendações técnicas para os minimizar ou evitar

AS PASTAGENS E A DEFESA DOS SOLOS CONTRA A EROÇÃO

A erosão de um solo consiste na sua deterioração por desgaste, transporte ou redistribuição das partículas que o constituem. Os principais agentes da erosão são a água (erosão hídrica) e o vento (erosão eólica), sendo a primeira a causa mais importante de degradação dos solos no nosso país.

Ambas as formas de erosão provocam arrastamentos selectivos de elementos do solo, entre os quais a matéria orgânica, originando, não só perdas quantitativas, mas também diminuição da sua qualidade.

1. Perda da capacidade produtiva dos solos

A perda da camada superficial dos solos, precisamente a mais fértil porque contém os nutrientes utilizados pelas plantas para o seu crescimento, leva a diminuições substanciais da sua capacidade produtiva; em situações extremas do processo erosivo, pode conduzir mesmo à inutilização desses solos para fins agrícolas.

? Quais as consequências negativas da erosão?

2. Diminuição das taxas de infiltração

Perdendo-se a camada superficial, em casos de solos mais delgados a rocha originária acaba por ficar à superfície. Ainda que tal não suceda, o arrastamento pela água de partículas de pequenas dimensões leva ao fecho

dos poros superficiais do solo que, ficando como que selados, impedem a infiltração da água. Em ambas as situações, aumenta a quantidade de água que corre pela superfície, podendo levar à formação de sulcos e ao consequente arrastamento de maior quantidade de solo.

3. Assoreamento dos cursos de água

As partículas erodidas são transportadas nas águas de escoamento para fora da área na qual se deu a erosão e vão acumular-se nas zonas de vale e no leito dos cursos de água, fazendo-os subir. Quando os caudais aumentam em consequência de fortes chuvadas, mais facilmente as águas transbordam dos leitos causando, muitas vezes, elevados danos.

4. Contaminação dos recursos hídricos

O aumento do escoamento da água superficial transporta grande quantidade de partículas sedimentares e de substâncias químicas, nomeadamente resíduos de fertilizantes e pesticidas, que possam existir no solo das áreas cultivadas. Em particular, a acumulação de azoto e de fósforo nas linhas de água e nos locais do seu armazenamento, para além de afectar a qualidade da água, contribui, para o desenvolvimento indesejável de algas (eutrofização) e outros seres vivos que podem produzir substâncias tóxicas para plantas e animais.

ALGUNS NÚMEROS

- Nos últimos 40 anos, cerca de um terço dos solos agrícolas da Terra deixou de ser produtivo do ponto de vista agrícola, perdendo-se actualmente mais de 10 milhões de hectares por ano!
- Na Europa, aproximadamente 157 milhões de hectares (16% da sua superfície total) são afectados pela erosão hídrica e pela erosão eólica. O valor médio referente à perda anual de solo é de 17 t/ha, enquanto que a correspondente taxa de formação é de apenas 1 t/ha!
- Na área mediterrânica podem ocorrer perdas de solo de 20 a 40 t/ha depois de uma chuvada; em situações extremas, essa perda pode ultrapassar as 100 t/ha!

Acções incorrectas do Homem sobre os solos podem potenciar a acção dos agentes erosivos; pelo contrário, o Homem também pode adoptar práticas que minimizem a actuação dos agentes da erosão e, desse modo, contribuir para a não degradação de um recurso vital.

! A instalação de pastagens temporárias e, sobretudo, de pastagens permanentes, é uma forma muito eficaz de reduzir a erosão.

As pastagens, tratando-se de culturas temporárias ou permanentes que ficam vários anos no terreno, permitem uma drástica **redução do número de mobilizações do solo**, minimizando os processos erosivos.

? Como é que as pastagens podem contribuir para a diminuição da erosão dos solos?

Com efeito, num solo ocupado por uma pastagem:

- Assegura-se a cobertura do solo, em particular no período de ocorrência das precipitações mais elevadas (Inverno). Deste modo, os agregados e as partículas que constituem o solo estão mais protegidos do vento e do impacto das gotas de água;
- Se ocorrer arrastamento localizado de partículas, a presença das plantas impede o aumento da velocidade do escoamento superficial e a eventual formação de sulcos;
- O teor de matéria orgânica dos solos aumenta, conferindo maior estabilidade aos agregados e elevando a capacidade de retenção e as taxas de infiltração da água.

A figura 2.4 tenta ilustrar a forma como um maior grau de cobertura do solo contribui para a diminuição do escoamento superficial da água e para a correspondente menor perda de solo.

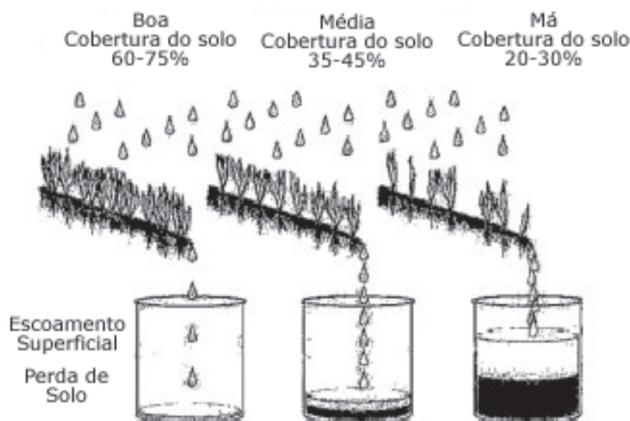


Figura 2.4 • Influência do grau de cobertura do solo no escoamento superficial e na quantidade de solo perdido (adaptado de Carey e Silburn, 2001)

ESTUDO DE CASO



GRAU DE COBERTURA DO SOLO



NA PRÁTICA...

Na tabela 2.3 apresentam-se alguns dados, obtidos nos EUA, que quantificam a importância do grau de cobertura de um solo quando sujeito a uma forte precipitação.

PARÂMETROS OBSERVADOS	GRAU DE COBERTURA DO SOLO		
	87 %	69 %	6 %
Escorrimento superficial (mm)	1,5	14	38
Taxa de escoamento superficial (%) (escoamento / precipitação) x 100	3	26	70
Perda de solo (t/ha)	0,03	0,3	22
Profundidade de solo perdido (mm)	0,002	0,02	1,7
Concentração de sedimentos (g/L)	1,5	1,9	63
Azoto removido (kg/ha)	0,1	1,9	15,3
Fósforo removido (kg/ha)	0,02	0,26	4,3

Tabela 2.3 • Dados relativos às consequências de uma precipitação de 54 L/m² sobre um solo com diferentes níveis de cobertura (Adaptado de Carey e Silbum, 2001)

Destacam-se as grandes quantidades de solo perdido (22 t/ha) e de nutrientes removidos, quando não existe praticamente qualquer cobertura do solo.

Se admitirmos que, em pastagens bem implantadas e sujeitas a um manejo correcto, com alguma facilidade podemos ter graus de cobertura superiores a 85%, concluímos que a ocupação do solo com pastagens pode proporcionar perdas de solo e de nutrientes praticamente nulas.

Vários estudos confirmam que as pastagens conseguem, de facto, manter as perdas por erosão em valores considerados aceitáveis, quando comparadas com outros sistemas culturais. Também as rotações de culturas que incluem pastagens têm efeitos positivos na diminuição das perdas de solo por erosão.

ESTUDO DE CASO

DURAÇÃO DAS
PASTAGENS VS EROÇÃO

NA PRÁTICA...

Foi claramente demonstrado que, à medida que a duração das pastagens aumenta nas rotações culturais, as reduções de perdas de solo por erosão aumentam consideravelmente (tabela 2.4).



CULTURAS / ROTAÇÕES	REDUÇÃO DA PERDA DE SOLO (%)
Cereal de Outono-Inverno	40
Milho x Pastagem (2 anos)	60
Milho (3 anos) x Pastagem (3 anos)	60
Milho (2 anos) x Pastagem (4 anos)	70
Pastagem (6 anos)	87
Pastagem permanente	93

Tabela 2.4 • Redução da perda de solo (%) verificada com diferentes culturas ou rotações, comparativamente à ocorrida com a monocultura de Milho (Adaptado de Stone e Moore, 1996)

No nosso país, estudos similares realizados na região Centro em condições de sequeiro revelaram que, em relação à monocultura de cereais, a utilização de pastagens permitiu reduzir as perdas de solo em 90% e os caudais de escoamento superficial em 80%.

PROCEDIMENTOS A ADOPTAR NA IMPLANTAÇÃO E NO MANEIO DAS PASTAGENS PARA DIMINUIR A EROSÃO

Apesar das vantagens assinaladas, a incorrecta instalação de pastagens e um maneio inadequado também podem contribuir para o aumento do processo erosivo. Em concreto, elevados encabeçamentos praticados em várias regiões do mundo fazem com que a produção animal seja, frequentemente, apontada como uma grave causa do aumento da erosão dos solos. Assim sendo, na perspectiva de minorar eventuais efeitos negativos da produção animal com base em pastagens para a erosão dos solos, apresentam-se algumas recomendações de carácter prático que se devem ter em consideração na instalação e no maneio das pastagens:

1. Semear as pastagens de sequeiro nas primeiras chuvas de Outono, de modo a que as plantas se instalem antes do período de ocorrência de maiores precipitações;
2. Adoptar a sementeira directa ou a mobilização mínima como meio privilegiado para a introdução de sementes e fertilização de fundo;
3. Se houver absoluta necessidade de mo-

bilizar o solo para a instalação:

- Trabalhar sempre segundo as curvas de nível;
 - Não mobilizar solos com elevados níveis de humidade;
 - Escolher a máquina e a alfaia adequadas para minimizar a compactação;
4. Em relação ao número de animais que utilizam as pastagens:
 - Calcular um encabeçamento global adequado;
 - Ter capacidade, mediante a divisão da pastagem em parques, para flexibilizar o número de animais em pastoreio nas áreas mais problemáticas;
 - Acompanhar a evolução da pastagem e adequar a rotação de animais pelos parques;
 5. Instalar os bebedouros e os pontos de suplementação alimentar dos animais em zonas de menor risco de erosão;
 6. Ter atenção às zonas que os animais elegem para descansar, uma vez que poderá haver necessidade de condicionar o acesso e proceder a ressemeiteiras.

AS PASTAGENS E O SEQUESTRO DO CARBONO

Sendo a água o maior constituinte dos seres vivos, a restante fracção (matéria seca) é maioritariamente constituída por moléculas que têm carbono na sua constituição. Muitos desses compostos orgânicos são utilizados no armazenamento e na transferência de energia durante a vida desses seres vivos. Mesmo após a sua morte, como sucede com a exploração dos combustíveis fósseis, o Homem continua a utilizar compostos com carbono para produção de energia.

O CICLO DO CARBONO

Este elemento fundamental para a vida circula entre quatro grandes depósitos (figura 2.5):

- **Oceanos:** a enorme quantidade de seres vivos que povoam os oceanos, bem como os sedimentos marinhos aí depositados, constituem o principal depósito de carbono do planeta. Devido às condições naturais dos oceanos, as trocas de carbono com outros depósitos são relativamente reduzidas, quando comparadas com a enorme quantidade que armazenam.

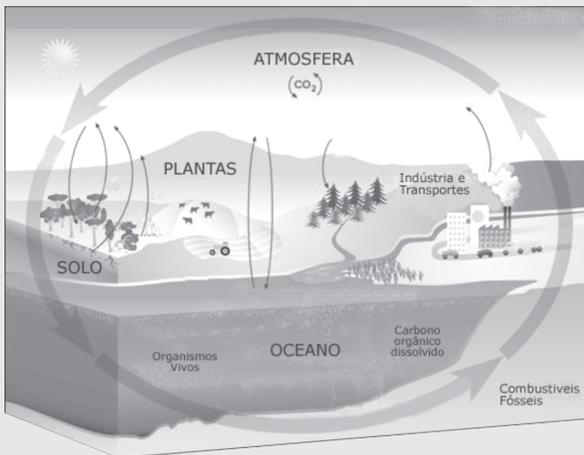


Figura 2.5 • Ciclo do carbono [adaptado de Kaufman, (s.d.)]

- **Atmosfera:** através de reacções metabólicas, a energia armazenada nos compostos com carbono é utilizada pelo

Homem, pelos animais e pelas plantas, ocorrendo a correspondente libertação de dióxido de carbono (CO₂) e de metano (CH₄) para a atmosfera. Através da respiração, são libertadas apreciáveis quantidades de CO₂, mas a sua maior origem decorre dos crescentes consumos de combustíveis fósseis verificados na indústria e nos transportes.

- **Plantas:** enquanto seres autotróficos, as plantas conseguem utilizar o CO₂ atmosférico através da fotossíntese, produzindo compostos de carbono mais complexos que integram na sua constituição. Assim, as plantas além de utilizadoras do CO₂ atmosférico, retem grandes quantidades de carbono nos seus tecidos, quer na parte aérea, quer no sistema radicular.

• **Solo:** constituindo o meio de sustentação das plantas, o solo é um depósito continuado de resíduos animais e vegetais que, sob a forma de matéria orgânica, retém grandes quantidades de carbono. Ainda que esse carbono possa assumir formas muito estáveis e duradouras, como é o caso do petróleo e do carvão vegetal, a exposição da matéria orgânica à oxidação biológica, por exemplo, através das mobilizações do solo, emite elevadas quantidades de CO₂ para a atmosfera.



IMPORTÂNCIA DO CO₂ PARA O AMBIENTE

O carbono libertado e não consumido pelas plantas acumula-se na atmosfera. Em particular, o CO₂ faz parte do conjunto dos gases responsáveis pelo aquecimento climático do nosso planeta. Esses gases absorvem o calor reflectido pela superfície da terra impe-

dindo que esse calor escape para o espaço provocando o denominado «efeito estufa». Nestas condições, ocorrem em maior número fenómenos climáticos extremos e perturbam-se os equilíbrios de adaptação dos seres vivos às condições ambientais.

Dadas as consequências negativas que se referiram, o aumento da concentração de CO₂ atmosférico e a subida da temperatura média da superfície da Terra são preocupações recentes, mas crescentes, da Humanidade.

? O que é o sequestro do carbono?

Em 1997, foi estabelecido, por 160 países, o Protocolo de Quioto que, entre outros objectivos, visa o controlo das emissões atmosféricas de CO₂. Em particular, pretende-se que os países industrializados, ou seja, os mais responsáveis pela emissão de CO₂ para a atmosfera, reduzam as suas emissões e/ou encontrem soluções que assegurem uma retenção sustentada do carbono.

A título de exemplo, diga-se que até ao ano 2012, foi acordada para a Europa (UE-15) uma redução anual de 346 000 t na emissão de CO₂ para a atmosfera.

! O sequestro do carbono consiste em capturar e armazenar, de forma segura e estável, o carbono que foi emitido de diversas formas e se encontra na atmosfera a contribuir para o efeito estufa.

! Num dado ecossistema, a retenção do carbono será uma realidade quando a quantidade de CO₂ absorvida pelas plantas for maior que a quantidade emitida aquando da decomposição do material vegetal.

O papel das florestas na retenção do carbono

As florestas são consideradas verdadeiros sumidouros de carbono. Em termos gerais, pode afirmar-se que cerca de metade do peso de uma árvore adulta corresponde a carbono elementar e que, enquanto essa árvore estiver viva e produtiva, a quantidade de carbono que retém é superior ao que devolve à atmosfera. Para além disso, nos solos florestais acumulam-se sucessivamente detritos orgânicos (folhas, ramos e troncos de árvores caducas) que constituem enormes depósitos duradouros de carbono.

! Se a desflorestação constitui uma importante causa do aumento da acumulação dos gases com «efeito estufa», a floresta constitui a principal forma de promover o sequestro do carbono no planeta.

Tendo o Protocolo de Quioto aceite que a plantação de florestas pode ser um instrumento para compensar eventuais incumprimentos na diminuição da produção de CO₂, está criado um verdadeiro mercado internacional para as emissões deste gás. Os países mais desenvolvidos propõem-se comprar aos países em desenvolvimento as suas quotas de redução de emissões de CO₂ conseguidas através da florestação massiva de áreas relativamente degradadas. Neste âmbito, estão já em curso vários projectos de empresas multinacionais que promovem a instalação de áreas florestais em países em desenvolvimento. Esta é uma forma de essas empresas assegurarem, no futuro, a continuidade das suas emissões de CO₂ para a atmosfera nos países mais desenvolvidos em que estão instaladas.

O papel da agricultura na retenção do carbono

A agricultura é acusada de contribuir em cerca de 20% para o total da emissão de substâncias que provocam o efeito de estufa, das quais os gases mais relevantes são o metano e o CO₂.

Na agricultura, a produção de CO₂ para a atmosfera tem as seguintes origens principais:

- Respiração das plantas e dos animais;
- Queimadas para regeneração de pastos naturais;
- Queima de combustíveis fósseis utilizados na mecanização;
- Oxidação da matéria orgânica dos solos devido, sobretudo, à erosão e à prática de mobilizações profundas.

Se bem que se possam reduzir as emissões de CO₂ por via de maior eficiência energética na mecanização das culturas, é fundamentalmente, pela diminuição da taxa de mineralização da matéria orgânica que a agricultura pode contribuir para a retenção do carbono no solo.

Adoptando práticas que conservem a matéria orgânica dos solos, melhoraram-se as suas características físicas e químicas no sentido de uma maior fertilidade. Ao mesmo tempo, inverte-se uma tendência que se tem acentuado nas últimas décadas: o teor de matéria orgânica dos solos tem baixado em resultado de mobilizações sucessivas.

! Num hectare, a diminuição em 1% da matéria orgânica nos primeiros 30 cm de solo, implica a libertação de cerca de 166 t de CO₂ para a atmosfera!

As formas como a agricultura pode contribuir para reduzir o CO₂ atmosférico, ou seja, fazer o sequestro do carbono, resumem-se na tabela 2.5 onde também se indicam os objectivos subjacentes a cada uma dessas formas e as respectivas condições de optimização.

FORMAS DE ASSEGURAR O SEQUESTRO DO CARBONO	OBJECTIVOS	CONDIÇÕES DE OPTIMIZAÇÃO
Utilizar o CO ₂ atmosférico para produção de substâncias orgânicas com carbono	Retenção do carbono nos constituintes da biomassa vegetal	Quanto mais vegetação permanente existir, maior quantidade de carbono será retida
Reduzir as condições de oxidação biológica	Diminuição do ritmo de mineralização da matéria orgânica e do carbono do solo	Fazer uma gestão adequada dos solos, adoptando culturas e/ou rotações que preconizam a redução das mobilizações
Reduzir a erosão dos solos	Manutenção da estabilidade física dos agregados do solo, evitando a sua exposição e consequente mineralização	Reduzir o número de mobilizações e assegurar a cobertura permanente do solo

Tabela 2.5 • Formas de assegurar o sequestro do carbono através da agricultura e respectivas condições de optimização

Como se observa, a redução das mobilizações nas áreas agrícolas, num conceito de mobilização de conservação, é essencial para inverter o declínio continuado da matéria orgânica do solo. Desse modo, estaremos a contribuir para o acordado no Protocolo de Quioto, com a redução das emissões de CO₂ e dos seus níveis na atmosfera.



Na Europa (UE-15), estima-se que a adopção de técnicas de mobilização de conservação (sementeira directa e mobilização mínima) em cerca de 70% da superfície arável, poderia contribuir para a retenção anual de 130 000 t de CO₂!

Nos EUA cálculos semelhantes apontam para resultados muito próximos, ou seja, a mobilização de conservação poderá contribuir com a retenção anual de cerca de 180 000 t de CO₂!

Para além do contributo positivo para a diminuição do «efeito estufa», a retenção do carbono na agricultura permitirá ainda, através do aumento dos teores de matéria orgânica dos solos que lhe está associado, melhorar a fer-

tilidade dos solos e contribuir para a sustentabilidade da produção de alimentos e da própria actividade agrícola.

! A florestação de terras, a constituição de pastagens permanentes e outras formas de conservar o solo sem mobilização, constituem as formas mais adequadas para promover o sequestro de carbono.

As pastagens podem aproximar-se bastante do ecossistema florestal no que toca a sequestro de carbono e, embora tenham menos capacidade de retenção deste elemento, ocupam cerca do dobro da área a nível mundial.

? Como podem as pastagens aumentar a retenção do carbono?

Os especialistas defendem que, em muitas regiões da Europa e da América, em consequência da conversão de áreas de culturas anuais para pastagens, se poderiam diminuir de forma significativa os níveis de CO₂ atmosférico.

! As pastagens, por via da estabilidade que conferem ao sistema onde estão inseridas, constituem um meio efectivo de promover a retenção do CO₂, minimizando a sua emissão e acumulação na atmosfera.

Esta abordagem foi inicialmente apresentada no ano 2000, na *Sexta Conferência das Partes sobre as Alterações Climáticas* realizada em Haia, na Holanda, em que os EUA defenderam que esta também deveria ser uma forma de contabilizar a diminuição das emissões de CO₂ para a atmosfera.

ESTUDO DE CASO

CO₂ ATMOSFÉRICO VS RETENÇÃO DE CARBONO

NA PRÁTICA...

Em estudos que decorreram entre 1992 e 1997, em duas vastas áreas de pastagens do estado da Califórnia, uma com níveis normais de CO₂ atmosférico e outra com cerca do dobro, verificou-se uma tendência para a existência de maiores quantidades de carbono retidas no solo nas áreas com níveis mais elevados de CO₂ atmosférico.

Crê-se assim que a capacidade de retenção de carbono nos solos com pastagens em áreas onde as concentrações de CO₂ atmosférico são ele-

vadas, origina maiores crescimentos do material vegetal e um balanço positivo entre o carbono retido (planta/solo) e o carbono libertado para a atmosfera.

Assim sendo, nos países europeus mais afectados pela acumulação de CO₂ atmosférico, a instalação de pastagens em terras aráveis que ficarão libertas em consequência do desligamento das ajudas à produção previsto na Política Agrícola Comum, pode contribuir muito positivamente para ajudar a cumprir as metas previstas no Protocolo de Quioto.

Com efeito, vejamos o conjunto de factos que decorrem da correcta instalação e manejo de uma pastagem:

1. **Produção de apreciáveis quantidades de biomassa vegetal** – muita dela é removida periodicamente pelos animais em pastoreio, ao mesmo tempo que, anualmente, outra parte importante passa a integrar a matéria orgânica do solo;
2. **Manutenção**, ao longo de todo o ano, **de uma cobertura do solo** que minimiza a erosão hídrica e a erosão eólica;
3. **Minimização ou**, no caso de pastagens permanentes, mesmo **ausência, da mobilização dos solos**.

Fazendo um paralelismo entre os pontos agora enumerados e as formas enunciadas para promover o sequestro do carbono na actividade agrícola (ver tabela 2.5), concluímos existir entre ambos uma quase total coincidência.

Refira-se ainda que a própria instalação de pastagens ou, se for caso disso, o seu melhoramento com introdução de espécies, pode ser feito recorrendo a técnicas de mobilização de conservação como, por exemplo, a sementeira directa (figura 2.6).

	
<p>POTENCIAL DAS PASTAGENS PARA PROMOVEREM A RETENÇÃO DO CARBONO</p> <p>Para termos uma noção da importância relativa do potencial de sequestro de carbono nos solos ocupados com pastagens, apresenta-se na tabela 2.6 um conjunto de valores referentes a diferentes opções técnicas, culturas a praticar ou re-</p>	<p>conversões que se podem operar. Como se pode observar, o potencial de retenção de carbono nos solos de pastagens que sejam instaladas em áreas actualmente ocupadas com culturas arvenses é o mais elevado de todos.</p>



Figura 2.6 • Pastagem temporária de regadio instalada por sementeira directa, destinada à alimentação de uma vacada da raça Marinhola – Escola Superior Agrária de Coimbra (Vaz, 2004)

PRÁTICA	POTENCIAL RETENÇÃO DE CARBONO NO SOLO (t carbono/ha/ano)
Fertilização	0
Irrigação	0
Melhoria das rotações	> 0
Aplicação de chorume	0,26
Mobilização mínima	< 0,38
<i>Set-a-side</i>	< 0,38
Aplicação de estrume	0,38
Aplicação de composto	0,38
Sementeira directa	0,38
Agricultura biológica	0 - 0,54
Extensificação	0,54
Culturas bioenergéticas	0,62
Culturas permanentes	0,62
Conversão de culturas arvenses em floresta	0,62
Palha de cereais a cobrir o solo	0,69
Conversão de culturas arvenses em pastagem	1,20 - 1,69

Tabela 2.6 • Quantidade potencial de carbono sequestrado no solo (atendendo apenas a limitações dos recursos biológicos e à sustentabilidade dos sistemas) (Adaptado de Freibauer *et al.*, 2004 e Smith, 2004)



UM CASO DE SUCESSO...

Para ilustrar que é possível aplicar os conceitos aqui apresentados, transcreve-se um excerto de um artigo publicado na revista *Gazeta das Aldeias*, em 2003. Trata-se de uma entrevista feita ao Eng.^o Agrónomo David Crespo sobre a sua experiência pessoal de reconversão, iniciada em 1973, na sua herdade situada em Monforte, no Alentejo:

«Uma das funções das pastagens permanentes actualmente mais importantes sob o ponto de vista da recuperação ambiental, relaciona-se com a sua grande capacidade de sequestrar e “sumir” carbono atmosférico que, como se sabe, é um dos grandes responsáveis pelo aquecimento global do nosso planeta, também chamado “feito estufa”.

De facto, se tomarmos em conta que a subida da matéria orgânica de 1 para 3%

representou, na Herdade dos Esquerdos, a fixação de 48,6 t de carbono/ha, equivalente ao carbono libertado pela combustão de 52 700 l de gasóleo, e se multiplicarmos isto pela superfície agrícola útil (346 ha), chegaremos à conclusão que, com a mudança efectuada a partir do sistema tradicional para prados permanentes bem manejados, fizemos já desaparecer da atmosfera 16 815 t de carbono (equivalentes aos libertados pela combustão de 18 238 000 l de gasóleo), o que certamente me permitirá a mim, e aos meus filhos, netos e futuros bisnetos, continuar a andar de automóvel com a consciência ecologicamente tranquila e até que se esgotem as reservas de petróleo no Planeta, já que ainda cá deixamos muito mais carbono sequestrado no solo que aquele que ali estava quando iniciámos esta transformação!»

AS PASTAGENS E A VALORIZAÇÃO DA PAISAGEM E A FIXAÇÃO DE POPULAÇÕES NO MEIO RURAL

As transformações socioeconómicas que ocorreram nos últimos 50 anos nos espaços rurais conduziram à necessidade de actualização das reflexões conceptuais em torno do «rural» e da sua problemática.

Na actualidade, para caracterizar o polimorfismo do meio rural podem ser-lhe associados três tipos de imagens (tabela 2.7):

IMAGENS ASSOCIADAS AO MEIO RURAL	ELEMENTOS INCLUÍDOS
«recurso»	Refere-se às utilizações produtivas do espaço rural que é visto como suporte de actividades que utilizam o solo, os recursos naturais, e outros recursos específicos próprios dos espaços rurais
«quadro de vida» ou «paisagem»	Enquadram-se aqui os aspectos do rural visto como espaço residencial e recreativo
«natureza»	Inclui os recursos existentes (água, solo, vegetação, etc.) e o conjunto de funções que lhes podem ser associadas (ciclos, regulações do clima ou dos ecossistemas, aspectos de conservação...)

Tabela 2.7 • Imagens associadas ao meio rural e respectivos elementos
(Adaptado de Perrier-Cornet, 2004)

Num quadro ideal, para que o meio rural possa ser sustentável e forme um todo coerente, a sobreposição destas imagens deve funcionar de um modo harmonioso, proporcionando às populações locais oportunidades para o exercício do quotidiano de acordo com as suas expectativas.

Neste contexto, a produção animal com base em pastagens deve ser entendida como uma actividade de carácter multifuncional, uma vez que contribui para os três tipos de imagens associadas ao meio rural.

! Enquanto «recurso», e como suporte das actividades pecuárias, as pastagens estão associadas a um determinado dinamismo na economia local, indispensável para a manutenção das pessoas nessas zonas.

A existência de pastagens com a produção animal que lhe está associada é um indicador de «povoamento», em que o abandono das populações rurais não se faz sentir com a intensidade verificada em outras zonas onde domina outro tipo de paisagem, agrícola e/ou florestal. Trata-se, na realidade, de uma relação difícil de classificar e que se enquadra numa lógica de causa-efeito, mas que é importante reter quando se preconizam acções, quer seja para evitar a saída das pessoas dos meios rurais, quer seja com o objectivo de promover a sua fixação em áreas já despovoadas.

! No que se refere à imagem relativa ao «quadro de vida» ou «paisagem», se é verdade que no mundo ocidental são já raras as zonas completamente naturais e não intervencionadas pelo Homem, é um facto que, desde há muito, gerações de agricultores e pastores souberam moldar a paisagem em função das suas necessidades (alimentação, habitat, etc.), transformando-a e construindo equilíbrios.

A paisagem tornou-se assim humanizada, mas em equilíbrio, e em muitos casos dotada de carácter. Em algumas zonas onde a natureza foi domesticada, as pastagens constituem, pela sua cor e disposição, um elemento estético que inspira a contemplação e fornece qualidade à paisagem. Esta qualidade pode ser explorada por actividades complementares à agricultura, nomeadamente, por actividades relacionadas com o turismo que podem constituir uma mais-valia importante para o meio rural.



A imagem «natureza» é assumida, sobretudo, pelas vastas áreas de pastagens naturais, sendo que esse carácter mais natural pode contribuir para a função de conservação dos recursos e para a regulação dos ciclos.

Desta forma, as pastagens são também elemento essencial para a definição de um contexto mais alargado de sustentabilidade.

ESTRATÉGIAS ALIMENTARES ALTERNATIVAS OU COMPLEMEN- TARES PARA A REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS DA PRODUÇÃO ANIMAL

Tal como foi anteriormente referido, neste ponto será abordado um conjunto de Tecnologias Limpas distintas da adopção das pastagens como base da alimentação dos animais. As soluções aqui preconizadas terão uma aplicação preferencial em sistemas de produção mais intensivos onde, seja pela fisiologia das espécies, seja pelos condicionalismos das próprias explorações, o uso de alimentos concentrados e/ou de forragens conservadas é imprescindível.

Os pontos desenvolvidos tentam responder aos maiores problemas ambientais decorrentes de uma produção animal mais intensiva: azoto, fósforo, amoníaco, metano e odores. Para cada uma das situações, será feito um enquadramento do problema e apresentadas várias soluções para a sua minimização.

EXCREÇÃO DE AZOTO

De todos os elementos utilizados na agricultura, o azoto é um componente chave dada a importância que assume nos sistemas de produção, quer agrícolas, quer pecuários. Para além disso, a sua enorme mobilidade e consequente acumulação nos aquíferos levanta sérias preocupações ambientais.

A produção animal contribui para a acumulação de azoto no solo e na água, uma vez que muito do azoto consumido, sob a forma de proteína dos alimentos, é excretado pelos animais. Ainda que parte desse azoto possa ser utilizado na fertilização dos solos, o destino a dar aos excrementos nos sistemas de produção animal sem terra ou a distribuição exagerada de estrumes com elevados níveis de azoto, constitui um sério problema ambiental. Torna-se, assim, um constante desafio a gestão da alimentação dos animais, para que o azoto presente nos alimentos seja utilizado de uma forma eficaz, minimizando-se as perdas para o exterior.

UTILIZAÇÃO DE ALIMENTOS DE ELEVADA DIGESTIBILIDADE (MONOGÁSTRICOS E RUMINANTES)

Durante os processos de digestão, nem toda a quantidade de nutrientes ingeridos é absorvida pelos animais, sendo a restante excretada nas fezes. A relação entre a quantidade absorvida de determinado nutriente (quantidade ingerida menos a quantidade excretada) e a quantidade desse nutriente presente no alimento fornecido é a sua **digestibilidade** e exprime-se em percentagem. Assim, refere-se que um alimento é tanto mais digestível (tem maior digestibilidade), quanto menor for a proporção desse alimento que é excretada nas fezes.

No que se refere concretamente à quantidade de azoto presente nas fezes, é importante referir que, para além do azoto de origem alimentar que não foi absorvido pelo animal, as fezes incluem azoto de origem endógena, resultante de descamações de células do próprio aparelho digestivo, de enzimas e, também, de microrganismos presentes no intestino grosso.

Todas as estratégias que conduzam ao aumento da digestibilidade dos alimentos, mais concretamente da digestibilidade do azoto, deverão ser equacionadas como forma de minimizar a sua excreção nas fezes dos animais. Indicam-se seguidamente alguns dos procedimentos que poderão ser adoptados:

I – Utilizar espécies melhoradas

O melhoramento genético das plantas destinadas à alimentação animal tem permitido aumentar a sua digestibilidade, contribuindo desse modo para a diminuição da quantidade de azoto excretado.

Existem no mercado diversas variedades da mesma planta que, em função dos objectivos relacionados com a sua utilização para a alimentação dos animais, deverão ser escolhidas pelos agricultores. A escolha dessas variedades não deverá assim atender apenas à sua produtividade, mas também ao seu teor de proteína e à respectiva digestibilidade.

Esta deve ser uma preocupação de produtores e técnicos que, elevando o seu nível de exigência em relação aos produtos que adquirem ou aconselham, farão com que empresas e cooperativas de comercialização de produtos disponibilizem informação mais precisa e adequada às suas necessidades.

II – Utilizar alimentos processados

A moagem e a granulação dos alimentos contribuem para o aumento da sua digestibilidade. A moagem fracciona as partículas alimentares, facilitando o ataque das enzimas digestivas: desse modo, aumenta a proporção de nutrientes aproveitada pelo animal. A granulação a quente permite quebrar determinadas ligações químicas, inibir alguns factores anti-nutricionais sensíveis ao calor e colmatar algumas das desvantagens da moagem.

A conjugação destes dois tratamentos tecnológicos é positiva. De facto, não só os animais preferem alimentos granulados, comparativamente aos moídos, como a eficiência com que são utilizados melhora em cerca de 8,5 %, em grande parte devido a uma redução dos desperdícios.



Estima-se que a granulação associada à moenda permita aumentar a digestibilidade da proteína em cerca de 3,7%.

O aumento da eficiência da utilização dos alimentos e a melhoria da digestibilidade da proteína conseguidas pelo adequado processamento tecnológico dos alimentos, podem conduzir a apreciáveis reduções na excreção de azoto pelos animais.

III – Cortar as forragens no momento adequado

Nas forragens, a fibra presente nas paredes celulares das células vegetais é um factor determinante para a sua digestibilidade. É sabido que, à medida que o estado fisiológico das plantas evolui, aumenta o seu teor em fibra e diminui a sua digestibilidade (figura 2.7), o que determina também um esforço fisiológico acrescido para obtenção dos nutrientes a partir desses alimentos forrageiros. Esse esforço traduz-

-se na maior produção de enzimas digestivas e em maiores perdas de células do aparelho digestivo (perdas endógenas), sendo que ambas as situações aumentam os níveis de azoto excretado.

Torna-se assim importante utilizar forragens com maiores níveis de digestibilidade, de forma a reduzir as perdas de azoto nas fezes, seja de origem alimentar, seja de origem endógena.

Com este objectivo, assume particular importância a decisão sobre o momento ideal para proceder ao corte das forragens, seja para administrar em verde, seja para conservar sob a forma de feno ou silagem. Em termos gerais, indica-se que o melhor compromisso entre a quantidade de forragem obtida e a sua qualidade ocorre no espigamento das gramíneas e no início da floração das leguminosas.

Por vezes, devido a condições climatéricas, mas outras vezes devido à procura de obter maior quantidade de alimento forrageiro, tende a fazer-se o corte das forragens demasiado tarde, o que implica menor qualidade (figura 2.7) e, conseqüentemente, maior excreção de azoto.

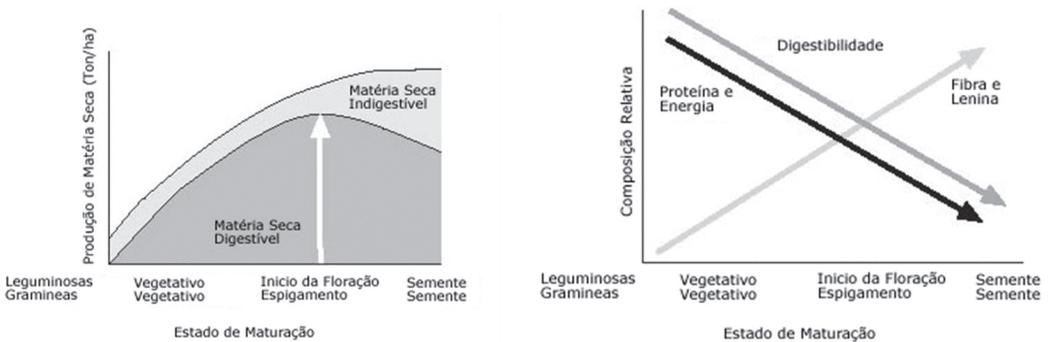


Figura 2.7 • Evolução dos teores de matéria seca, digestibilidade, proteína, energia e fibra ao longo do ciclo vegetativo de Leguminosas e Gramíneas (adaptado de Barnes *et al.*, 1995)

Para além dos benefícios de ordem ambiental, a utilização de forragens cortadas no momento adequado, com teores proteicos mais elevados e menores teores de fibra, tem também benefícios económicos, uma vez que, ao nível da exploração, permite a aquisição de menores quantidades de alimentos concentrados.

IV – Melhorar a qualidade das silagens (ruminantes)

Qualquer forma de conservação das forragens diminui a quantidade de nutrientes no produto final, em relação ao material inicial. Em face desta realidade, todos os procedimentos que possam contribuir para minimizar as perdas e/ou potenciar a utilização dos nutrientes existentes nas forragens deverão ser adoptados.

As silagens têm um papel de destaque na alimentação de ruminantes, em particular nas explorações de bovinos de leite. Neste processo de conservação, o papel de bactérias que ocorrem naturalmente nas forragens é determinante. Com efeito, a forragem conserva-se devido ao abaixamento do pH provocado, sobretudo, pelo ácido láctico produzido pelas bactérias lácticas a partir da fermentação dos açúcares solúveis. Sucede que outras bactérias – os clostrídios – têm um efeito negativo no processo de conservação ao utilizarem os açúcares solúveis para a produção de ácido butírico; para além disso, são responsáveis pela degradação das proteínas em azoto amoniacal (acção proteolítica), facto que leva a maiores perdas de azoto. Um parâmetro que nos dá a ideia da extensão da acção negativa dos clostrídios no processo da ensilagem é, exactamente, a proporção de azoto amoniacal face à quantidade total de azoto.

Com o objectivo principal de contrariar a actuação dos clostrídios e, desse modo, maximizar a utilização por parte dos animais da proteína presente nas silagens, contribuindo desse modo para a menor excreção de azoto, destacam-se dois procedimentos: a utilização de aditivos e o aumento do teor de matéria seca do material ensilado.

A – Utilização de aditivos

A utilização de inóculos bacterianos, constituídos essencialmente por bactérias lácticas, permite obter silagens com maior proporção de proteína verdadeira. Tal deve-se ao facto de as bactérias lácticas promoverem uma mais rápida descida do pH na fase inicial do processo de ensilagem, o que reduz a actividade proteolítica dos clostrídios (tabela 2.8).

PARÂMETROS	SEM ADITIVOS	INOCULADA COM BACTÉRIAS LÁCTICAS
Matéria seca (MS) (g/kg)	168	181
pH	4,6	4,1
Azoto Total (g/kg MS)	33	32
Azoto Proteico (g/kg N total)	386	407
Azoto Amoniacal (g/kg N total)	130	88
Digestibilidade MS (% MS)	74	77
Ganho médio diário (g/dia)	71	129

Tabela 2.8 • Efeito da inoculação com bactérias lácticas nos parâmetros fermentativos de uma silagem de azevém utilizada na alimentação de borregos (adaptado de McDonald *et al.*, 1995)

Também a utilização de aditivos ácidos que restringem as fermentações durante a ensilagem, sobretudo as fermentações butíricas e proteolíticas, reduzem a proporção de azoto amoniacal em relação ao azoto total do material ensilado (tabela 2.9).

PARÂMETROS	SEM ADITIVOS	COM ADIÇÃO DE ÁCIDO FÓRMICO	COM ADIÇÃO DE ÁCIDO SULFÚRICO + FORMALDAÍDO
Matéria seca (MS) (g/kg)	181	184	176
pH	3,8	3,7	4,0
Azoto Total (g/kg MS)	27	23	25
Azoto Proteico (g/kg N total)	400	490	509
Azoto Amoniacal (g/kg N total)	65	49	44
Digestibilidade MS (% MS)	74	74	72
Ganho médio diário (g/dia)	200	231	236

Tabela 2.9 • Efeito da aplicação de dois aditivos ácidos nos parâmetros fermentativos de uma silagem de azevém utilizada na alimentação de borregos (adaptado de McDonald *et al.*, 1995)

A silagem com níveis inferiores de azoto amoniacal permite uma melhor utilização do azoto pela flora microbiana do rúmen dos animais, evidenciada pelos maiores ganhos médios diários conseguidos (tabelas 2.8 e 2.9).

B – Aumento do teor de matéria seca do material ensilado

Quando se corta e ensila uma determinada planta, as suas células tendem a reter água no seu interior; quanto menor for a humidade no meio exterior a essas células, maior é a pressão intra-celular determinada por aquela retenção, ou seja, maior é a pressão osmótica.

Este conhecimento é particularmente importante porque se sabe que os clostrídios são sensíveis à existência de pressões osmóticas elevadas, determinadas pelo aumento do teor de matéria seca do material ensilado.

As silagens com teores de matéria seca superiores a 30 – 35% são menos susceptíveis à actuação dos clostrídios, o que resulta em níveis mais baixos de ácido butírico e numa menor decomposição da proteína em azoto amoniacal. Paralelamente, o pH de estabilização do material ensilado é superior, significando que houve menor utilização dos açúcares solúveis das plantas.

Uma vez que não faz sentido, em termos do valor nutritivo das forragens, aguardar pela evolução do ciclo fisiológico das plantas para obter maiores teores de matéria seca (consequências referidas no ponto III), poderemos

proceder a uma pré-secagem do material a ensilar ou, em alternativa, adicionar-lhe substâncias absorventes.

- A **pré-secagem** consiste em expor a forragem ao sol e ao vento antes de proceder ao enchimento do silo. Neste período, que pode ser de 24 a 48 horas em função do nível de humidade inicial e do objectivo final, o teor da matéria seca da forragem aumenta, sobretudo, à custa da perda de água que circula nas plantas e da água existente nos espaços entre as células.

Para além da menor, ou mesmo inexistente produção de efluentes, aspecto com consequências ambientais positivas, a pré-secagem permite aumentar a ingestão de silagem pelos animais e diminuir o teor de azoto amoniacal (tabela 2.10); deste modo, aumenta a digestibilidade do azoto ingerido.

PARÂMETRO	SILAGEM DIRECTA	SILAGEM COM PRÉ-SECAGEM
Matéria seca (g/kg)	209	349
pH	4,3	4,5
Fibra bruta (g/kg de matéria seca)	313	293
Ácido láctico (g/kg ácidos totais)	520	680
Azoto amoniacal (g/kg azoto total)	128	102

Tabela 2.10 • Efeito da pré-secagem nos parâmetros fermentativos de uma silagem de azevém (adaptado de Martínez e Saldaña, 1998)

- A **adição de substâncias absorventes** como, por exemplo, cereais moídos, polpas desidratadas ou até feno, sendo uma prática menos comum, tem o mesmo objectivo e efeito ao nível da utilização do azoto das silagens pelos animais e da produção de efluentes.

ALIMENTAÇÃO POR GRUPOS (MONOGÁSTRICOS E RUMINANTES)

As necessidades dos animais em nutrientes variam com a idade, o sexo e o nível de produção, pelo que se o objectivo é evitar o desperdício de nutrientes, as dietas fornecidas deverão coincidir com as necessidades dos animais. A alimentação por grupos, diferenciando o sexo e a fase do ciclo produtivo em que o animal se encontra, é uma estratégia adequada para atingir aquele objectivo.

- Na **alimentação segundo o sexo dos animais**, são tidas em consideração as diferenças de necessidades nutritivas entre machos e fêmeas.

meas. Estas diferenças relacionam-se com a menor capacidade de ingestão e de ganho médio diário (GMD) verificado nas fêmeas, ao mesmo tempo que têm maiores necessidades em proteína bruta (PB) e aminoácidos.

! A alimentação por sexo é uma prática habitual em frangos de carne e suínos, permitindo reduções na excreção de azoto entre 5 a 10%.

Embora menos utilizada noutras espécies, a alimentação em função do sexo deverá expandir-se, com evidentes benefícios na redução da excreção de azoto.

- Na **alimentação por fases**, estabelecem-se programas alimentares diferenciados que vão evoluindo de acordo com as necessidades dos animais, em função da idade, do peso (tabela 2.11) ou do nível de produção. Esta técnica, para além de reduzir os custos com a alimentação, diminui o azoto nos excrementos.

NUTRIENTE	PESO 3-5 kg	PESO 5-10 kg	PESO 10-20 kg	PESO 20-50 kg	PESO 50-80 kg	PESO 80-120 kg
Proteína Bruta (%)	26,0	23,7	20,9	18,0	15,5	13,2

Tabela 2.11 • Necessidades em Proteína Bruta (%) em suínos, em função do peso vivo (adaptado de NRC, 1998)

! Mantendo os níveis produtivos, o objectivo é manter a excreção de nutrientes nos dejectos a mais baixa possível.

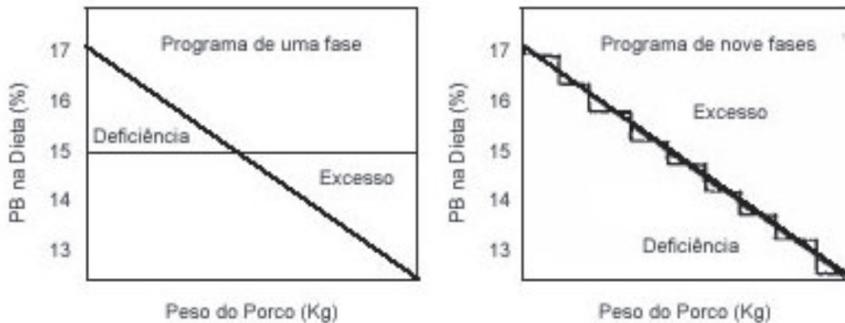


Figura 2.8 • Deficiências e excessos dos teores de Proteína Bruta (PB) nas dietas de suínos, quando sujeitos a programas alimentares de uma ou de nove fases (adaptado de Willis, 2004)

Na figura 2.8, visualiza-se que os desajustamentos entre as necessidades e o fornecimento de proteína são superiores no caso de se administrar a mesma dieta ao longo de todo o período de crescimento. Pelo contrário, com um número superior de fases o aproveitamento é melhor, o que se traduzirá numa diminuição do azoto excretado.

ESTUDO DE CASO



ALIMENTAÇÃO EM FASES



NA PRÁTICA...

Em suínos entre os 25 kg e os 125 kg, a mudança de uma só fase para a alimentação em duas fases permitiu diminuir a excreção de azoto em 13%; quando se passou para um programa em três fases a excreção de azoto foi reduzida em 17,5%.

Se bem que possa ser pouco exequível a alteração frequente da alimentação dos animais, é um facto que esta prática pode trazer poupanças significativas (tabela 2.12).

NÚMERO DE FASES	CUSTO DA DIETA (EUROS/SUÍNO)	MAIS VALIA ECONÓMICA COMPARATIVAMENTE AO PROGRAMA COM 2 FASES (EUROS/SUÍNO)
2	31,79	
3	31,02	0,77
4	30,72	1,07
5	30,46	1,33
6	30,28	1,51
9	30,04	1,75
12	29,89	1,90

Tabela 2.12 • Economias no custo da alimentação de suínos em função de programas alimentares com diferente número de fases (adaptado de Kempe e Heugten, 2002)

A questão económica e a eventual proximidade ou ligação a uma unidade de produção de alimentos compostos podem facilitar, no futuro, a implementação de um maior número de fases na produção intensiva de animais.

Estes aspectos poderão ser válidos para a generalidade das espécies e não só naquelas em que a alimentação por fases já está implementada, como sejam as aves e os suínos. Também nos bovinos, quer de leite, quer de carne,

é importante que o efectivo esteja agrupado por nível de produção e que sejam formuladas diferentes dietas para minimizar a excreção de azoto.

UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS (MONOGÁSTRICOS)

Os monogástricos, uma vez que não possuem enzimas necessárias para decompor determinadas fracções da fibra dos alimentos, perdem parte da energia contida nas dietas. Para além disso, uma vez que a própria fibra «aprisiona» outros nutrientes, como proteínas e minerais, a sua não decomposição resulta no aumento das excreções azotada e mineral. Com a adição de enzimas específicas nas dietas, os monogástricos podem adquirir a capacidade de quebrar determinadas ligações químicas da fibra.

À escala mundial, os suplementos enzimáticos são usados extensamente em dietas com base no trigo e na cevada, quer em aves, quer em suínos. São exemplos destas enzimas: as xilanases, as arabinoxilanases e as β -glucanases.

Ainda que menos divulgadas, outras enzimas alimentares que podem ser utilizadas são as amilases e as proteases que decompõem, respectivamente, o amido e as proteínas.

ESTUDO DE CASO



UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS



NA PRÁTICA...

Em frangos, foi demonstrado que a adição de uma mistura de xilanases, proteases e amilases a dietas à base de milho e bagaço de soja melhorou a digestibilidade da proteína bruta em quase 3%, bem como a digestibilidade do amido, da gordura e da energia dessas dietas.

FORMULAÇÃO DE DIETAS COM BASE NAS NECESSIDADES EM AMINOÁCIDOS (MONOGÁSTRICOS)

A formulação das dietas animais é feita, entre outros aspectos, tendo por base as necessidades em proteína bruta.

As proteínas são formadas por mais de 20 aminoácidos diferentes – os «tijolos» das proteínas. Cerca de metade são designados por aminoácidos essenciais (têm de ser fornecidos nas dietas), sendo os restantes não essenciais, uma vez que os animais os conseguem produzir em quantidade suficiente.

As necessidades em aminoácidos variam com a espécie e com a fase de produção, sendo alguns dos aminoácidos essenciais limitativos para a produção:

enquanto que para as aves o aminoácido mais limitativo é a metionina, no caso dos suínos é a lisina. Geralmente, para se fornecer a quantidade necessária do aminoácido limitativo, excede-se muito a quantidade de proteína bruta na dieta dos animais, tornando supérfluo o fornecimento de outros aminoácidos.

A abordagem mais correcta seria fornecer uma «proteína ideal», ou seja, a proteína que fosse capaz de satisfazer as necessidades dos animais para cada aminoácido, sem excessos nem deficiências.

! Quanto mais a composição em aminoácidos da dieta se aproximar das correspondentes necessidades dos animais, menor quantidade de azoto será excretado.

Tanto no caso das aves, como dos suínos, uma razão para se utilizarem maiores níveis de proteína bruta é o facto de as dietas serem, maioritariamente, formuladas apenas com duas fontes de aminoácidos (milho e bagaço de soja). Uma vez que na formulação se pretende fazer coincidir o teor de determinados aminoácidos com as efectivas necessidades dos animais, a utilização de apenas dois ingredientes não permite grande flexibilidade levando, inevitavelmente, a grandes excessos de alguns deles. Utilizando mais ingredientes, as opções aumentariam e o teor de proteína da dieta poderia ser reduzido, sem sacrificar a *performance* dos animais.

! A formulação de dietas baseadas nas necessidades em aminoácidos e não em proteína bruta, pode minimizar a excreção de azoto por, simplesmente, reduzir a ingestão total de azoto alimentar.

Com a utilização de aminoácidos sintéticos, podem-se formular dietas com menores teores de proteína bruta, ainda que respeitando as efectivas necessidades dos animais.

ESTUDO DE CASO



UTILIZAÇÃO DE AMINOÁCIDOS

NA PRÁTICA...

- Em aves, foi demonstrado que o azoto dos excrementos pode ser reduzido em mais de 16%, quando se substituem dois pontos percentuais da proteína por aminoácidos sintéticos.
- Em galinhas poedeiras, um estudo realizado na Universidade da Geórgia mostrou que a adição dos aminoácidos metionina e lisina à dieta



permitiu reduzir o nível de proteína bruta de 18 para 16%. Para além disso, sem comprometer a produção dos animais, ocorreu uma diminuição no custo da dieta em 3 euros/tonelada.

- Em galinhas poedeiras, a substituição de cerca de 4 pontos percentuais da proteína bruta por uma mistura de metionina, lisina, triptofano e isoleucina reduziu, de forma significativa, a ingestão de proteína, mantendo a produção de ovos e o peso do ovo.
- Em suínos, a substituição de parte do bagaço de soja por aminoácidos sintéticos permitiu baixar em três pontos percentuais (de 16% para 13%) o teor de proteína bruta da dieta, sem afectar as performances dos animais:
 - Aquela redução teve grande impacto na excreção de azoto nos excrementos uma vez que, por cada ponto percentual de PB, a excreção de azoto foi reduzida em 10%;
 - Extrapolando as reduções verificadas, e considerando uma exploração com mil suínos em acabamento, fez-se a sua repercussão na área de terreno que seria necessária para a adequada deposição dos efluentes produzidos (tabela 2.13).

DIETA	EXCREÇÃO DE N (t de N/ano)	ÁREA NECESSÁRIA PARA O MANEIO DO N (hectares)
M + BS	11,9	52,6
M + BS + lis	10,4	45,7
M + BS + lis + trip + tre + met	7,5	33,2

Tabela 2.13 • Efeito da adição de aminoácidos a uma dieta à base de milho-bagaço de soja na área necessária para a aplicação no solo dos estrumes de uma exploração com 1000 suínos. N - Azoto; M - Milho; BS - Bagaço de soja; lis - lisina; trip - triptofano; tre - treonina; met - metionina (adaptado de Kempe e Heugten, 2002)

FORNECIMENTO DO TIPO ADEQUADO DE PROTEÍNA (RUMINANTES)

O cálculo da proteína bruta dos alimentos é feito a partir da determinação do seu teor em azoto admitindo que, em média, toda as proteínas têm cerca de 16% desse elemento. Mesmo quando se adiciona ureia (ingrediente não proteico) na dieta de ruminantes, o seu elevado teor de azoto é convertido em proteína bruta. Nos últimos 15 a 20 anos, a investigação mostrou, de forma clara, que as diferentes fontes de proteína não são nutricionalmente iguais, ou seja, dois alimentos com o mesmo teor de proteína bruta podem fornecer ao animal diferentes quantidades de proteína efectivamente disponível para o seu metabolismo.

No caso dos ruminantes, a presença de uma flora microbiana no rúmen determinou o aprofundamento da aplicação daqueles conceitos, pelo que foi desenvolvido o sistema de proteína metabolizável. Neste sistema têm-se em conta, por um lado, as necessidades azotadas dos microrganismos ruminais, também conhecidas por proteína degradável no rúmen, e por outro lado, a pro-

teína de origem alimentar que é directamente disponibilizada para o animal hospedeiro – proteína não degradável no rúmen, ou seja, proteína *by-pass*.

! A proteína metabolizável pode assim ser definida como sendo a soma dos dois tipos de proteína que chegam ao intestino delgado do animal: a proteína microbiana resultante da fermentação ruminal e a proteína *by-pass*.

A suplementação com o tipo inadequado de proteína pode, assim, resultar numa performance diminuída e numa sobre-alimentação proteica desnecessária, que implica o aumento da excreção de azoto destes animais. Com uma gestão adequada dos dois tipos de proteína, podem-se formular dietas com níveis de proteína bruta mais baixos mas que satisfazem, do mesmo modo, as necessidades dos animais em proteína metabolizável (PM). Consequentemente, os teores de azoto dos excrementos também poderão ser consideravelmente diminuídos.

ESTUDO DE CASO

UTILIZAÇÃO DE PROTEÍNAS

NA PRÁTICA...

- Em vacas leiteiras, a diferenciação das necessidades em proteína degradável no rúmen e em proteína *by-pass*, permitiu diminuir a excreção total de azoto. Sabendo-se que as necessidades em proteína degradável no rúmen para vacas em lactação representam cerca de 35 a 38 % da PB total, num trabalho com estes animais foi possível, sem comprometer a produção de leite, reduzir a excreção de azoto de 118 kg/vaca/ano para 101 kg/vaca/ano.
- Em novilhos (tabela 2.14), sem comprometer a sua performance, a formulação com base nas necessidades em proteína degradável no rúmen e em proteína *by-pass* permitiu reduzir a excreção individual de azoto em cerca de 20% (de 29,5 para 23,4 kg).

PERFORMANCE	DIETA CONTROLO	DIETA EXPERIMENTAL
Ganho médio diário (kg)	1,81	1,85
Índice de conversão	2,87	2,73
Azoto		
Ingerido (kg)	33,1	27,0
Retido (kg)	3,6	3,6
Excretado (kg)	29,5	23,4

Tabela 2.14 • Resultados produtivos e balanço azotado obtidos em novilhos alimentados com uma dieta controlada (formulada com base nas necessidades em proteína bruta) e com uma dieta experimental (formulada com base nas necessidades em proteína metabolizável) (adaptado de Erikson e Milton, 2002)

Como se depreende do que foi exposto, a formulação de dietas com base na proteína metabolizável implica o conhecimento, para cada alimento, das proporções relativas de proteína degradável e não degradável no rúmen.

No intuito de limitar as perdas de azoto logo ao nível do rúmen e sem comprometer as necessidades dos microrganismos, assumem particular importância as forragens com teores de proteína *by-pass* mais elevados. Muitas destas forragens podem mesmo ser produzidas nas próprias explorações: casos do lótus (*Lotus corniculatus*), sanfeno (*Onobrychis viciaefolia*) e trevo violeta (*Trifolium pratense*). Enquanto nas duas primeiras, a restrição da degradação ruminal se deve aos seus teores em taninos, no caso do trevo violeta é a presença de polifenoloxidasas que produz esse efeito.

Quer os taninos, quer as polifenoloxidasas, formam complexos estáveis com as proteínas em ambiente de pH neutro, como é o caso do rúmen; a degradação dessas proteínas ligadas aos taninos e às polifenoloxidasas ocorre posteriormente no abomaso (estômago verdadeiro dos ruminantes) onde o pH é bastante ácido.

ESTUDO DE CASO



SILAGEM DE LÓTUS



NA PRÁTICA...

Em vacas leiteiras, a utilização de silagem de lótus revelou elevada eficiência de utilização da proteína, com reduções nas concentrações de amoníaco no rúmen de cerca de 27% e um aumento da absorção de aminoácidos essenciais no intestino delgado de cerca de 50%.

EXCREÇÃO DE FÓSFORO

Da quantidade total de fósforo existente nos alimentos, apenas uma parte está disponível directamente para o metabolismo dos animais, uma vez que a restante se apresenta na forma de fitatos (sais de ácido fítico). Por exemplo no milho, 90% do fósforo está presente na forma de fitatos, enquanto que na soja estes compostos podem representar 75% daquele elemento.

A razão para aquela indisponibilidade deve-se ao facto de, quer os animais monogástricos, quer os ruminantes, não produzirem enzimas digestivas (fitases) capazes de decompor os fitatos. No entanto, enquanto que os microrganismos presentes no rúmen dos animais poligástricos conseguem produzir as enzimas que tornam disponível o fósforo fítico dos alimentos,

nos monogástricos tal não sucede, e a maioria do fósforo ingerido acaba por ser excretado nas fezes.

É assim que, para satisfazer as necessidades dos monogástricos neste elemento, é adicionado fósforo inorgânico às dietas, por exemplo na forma de fosfato dicálcico, rico em fósforo altamente disponível.

O fósforo encontra-se nos excrementos dos animais, quer sob a forma orgânica, quer inorgânica. Uma vez no solo, o fósforo orgânico antes de poder ser utilizado pelas plantas, tem de ser mineralizado após o que se torna relativamente estável e imóvel, sendo apenas transportável por acção física, nomeadamente através da erosão.

É deste modo que o fósforo de origem animal surge nas águas superficiais, causando a sua eutrofização, fenómeno que reduz o uso da água e afecta a sobrevivência dos peixes que nela vivem.

Neste sentido, todas as técnicas que possam ser adoptadas para minimizar a excreção de fósforo contribuem para a minimização do risco ambiental para a qualidade das águas.

ADEQUAÇÃO DOS FORNECIMENTOS DE FÓSFORO ÀS REAIS NECESSIDADES DOS ANIMAIS (MONOGÁSTRICOS E RUMINANTES)

Tal como sucede com todos os outros nutrientes, a primeira preocupação para minimizar as quantidades excretadas, deve ser a adequação dos fornecimentos às efectivas necessidades dos animais.

Apesar desta evidência, no caso do fósforo, talvez devido à sua grande indisponibilidade nos alimentos, ocorre frequentemente a sua sobredosagem nas dietas.

Em ruminantes, particularmente no caso das vacas leiteiras, é usual alguns produtores associarem o aumento da produção de leite ao aumento do nível de fósforo fornecido nas dietas.

! **Todo o fósforo administrado em excesso é excretado nas fezes.**

No entanto, sendo as necessidades de fósforo para vacas leiteiras de cerca de 0,40% da matéria seca (NRC, 2001), alguns estudos mostraram que a limitação na produção de leite ocorre apenas quando o nível de fósforo baixa aquém dos 0,24% da matéria seca. Nestes trabalhos verificou-se ainda que, a quantidade de leite produzido não aumentou quando se adicionavam quantidades sucessivas de fósforo para além das necessidades recomendadas.

Para além da administração de fósforo em excesso não se traduzir em aumento da produção de leite, ocorrem maiores excreções desse nutriente, com as consequências negativas que daí advêm.

ESTUDO DE CASO



UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO



NA PRÁTICA...

- Em vacas leiteiras, o aumento do teor de fósforo [de 0,35 para 0,48% da matéria seca (MS)] na dieta, aumentou a excreção de fósforo de 13,8 kg para 20,8 kg/vaca/ano.
- Em vacas leiteiras com uma produção média diária de leite de 34 l (aproximadamente 10 400 l em 305 dias), o aumento da percentagem de fósforo numa dieta de 22,7 kg de MS/dia teve implicações na quantidade de fósforo presente no estrume (tabela 2.15).

FÓSFORO NA DIETA (%)	INGESTÃO DE FÓSFORO (g/dia)	FÓSFORO NO ESTRUME	
		%	g/dia
0,35	81,7	0,62	45,4
0,38	86,3	0,69	49,9
0,40	90,8	0,74	54,5
0,42	95,3	0,78	54,5
0,45	104,4	0,85	63,6
0,48	109,0	0,93	68,1

Tabela 2.15 • Influência do aumento do teor de fósforo presente na dieta nos resíduos deste elemento no estrume (adaptado de Grant e Telega, 2002)

Também nos monogástricos parece haver tendência para a sobredosagem em relação ao fósforo.

ESTUDO DE CASO



SOBREDOSAGEM DE FÓSFORO



NA PRÁTICA...

Em suínos, a análise de amostras de alimentos comerciais, nos EUA, mostrou que, em relação ao fósforo bem como a outros minerais, existiam exemplos de claro exagero nas quantidades fornecidas (tabela 2.16).

Constituindo o fósforo um elemento com implicações ambientais crescentes, é muito provável que, no futuro, as próprias aplicações de estrume no solo sejam feitas tendo, também, em consideração as concentrações deste elemento, como já acontece com o azoto.

MINERAL	ALIMENTOS PARA PORCAS		ALIMENTOS PARA CRESCIMENTO	
	Necessidades	Varição	Necessidades	Varição
Fósforo (%)	0,60	0,45 - 1,17	0,40	0,45 - 0,78
Cálcio (%)	0,75	0,62 - 2,01	0,50	0,57 - 1,38
Cobre (ppm)	5	12 - 222	3	9 - 281
Zinco (ppm)	50	79 - 497	50	103 - 205

Tabela 2.16 • Necessidades dos animais em alguns minerais, segundo as recomendações do NRC, e respectivas concentrações em alimentos compostos para porcas reprodutoras e porcos em crescimento (adaptado de NRC, 1998)

Este é um aspecto que, cada vez mais, se deve ter em conta e será ao nível das empresas de produção de alimentos compostos que a sensibilização mais se justifica. Aos produtores, porque são eles os agentes que lidam com o problema dos resíduos e, por isso, são alvo de observações cada vez mais frequentes, caberá o papel de exigirem a adequação dos níveis de fósforo dos alimentos às necessidades dos animais.

UTILIZAÇÃO DE FITASES (MONOGÁSTRICOS)

Como foi referido, enquanto que o fósforo sob a forma de fitatos, acaba por estar disponível para os ruminantes através das enzimas produzidas pelos microrganismos do rúmen, nos monogástricos tal não sucede e há necessidade de adicionar às dietas fósforo inorgânico altamente disponível. Isto implica, necessariamente, o excesso de fósforo total nas dietas e, conseqüentemente, elevadas concentrações de fósforo nos excrementos dos monogástricos.

A introdução, como aditivo, de fitases (enzimas que decompõem os fitatos) nas dietas de monogástricos inicia uma nova era na batalha da redução da excreção de nutrientes. Para além de decomporem a maioria dos fitatos libertando fósforo, as fitases libertam também outros nutrientes contidos nelas, tais como zinco e aminoácidos.

ESTUDO DE CASO



UTILIZAÇÃO DE FITASES



NA PRÁTICA...

Em suínos, a redução de 20% do fósforo da dieta e a adição simultânea de fitases permitiu uma redução na excreção de fósforo (tabela 2.17).

Com a adição de fitases pode-se reduzir a adição de fosfato dicálcico, ou seja, reduzir a quantidade total de fósforo fornecida, ao mesmo tempo que se consegue diminuir a excreção total de fósforo.

DIETA	FÓSFORO NA DIETA (%)	EXCREÇÃO DE FÓSFORO (kg/ano)	ÁREA NECESSÁRIA PARA APLICAÇÃO DO FÓSFORO NO SOLO (hectares)
Normal	0,525	5902	103,9
Redução teor fósforo + fitases	0,425	4041	71,6

Tabela 2.17 • Efeito da redução do nível de fósforo na dieta e da adição de fitases na excreção total de fósforo e na correspondente área necessária para aplicação de estrume no solo, numa suinicultura de 1000 suínos em acabamento (adaptado de Kempe e Heugten, 2002)

Sem comprometer os resultados produtivos, verificou-se uma redução de 1861 kg/ano de fósforo nos excrementos, equivalente à necessidade de menos 32,3 ha de solo para fazer a sua aplicação.

EMISSÃO DE AMONÍACO

A emissão de amoníaco é um problema ambiental devido às suas propriedades nitrificantes e acidificadoras do solo e ao seu potencial para afectar a saúde do Homem e dos animais.

A Agricultura é a principal fonte de emissão de amoníaco para a atmosfera, sendo responsável por cerca de 80% das emissões totais deste gás. De entre as suas origens, os bovinos e as aves são as espécies que mais contribuem para essas emissões que provêm, sobretudo, das instalações pecuárias.

A produção de amoníaco está maioritariamente associada ao azoto ingerido nos alimentos e que é excretado nas fezes (azoto fecal) e na urina (azoto urinário). Do total de azoto fecal, parte é eliminado sob a forma de amoníaco, em resultado da actividade microbiana ocorrida no intestino grosso. Relativamente ao azoto urinário, ele é maioritariamente excretado como ureia, nos ruminantes e suínos, e como ácido úrico, nas aves.

Após a excreção, as fezes e as urinas, normalmente, misturam-se contendo ambas níveis relativamente reduzidos de amoníaco. No entanto, a mistura dos dois componentes dos excrementos potencia a produção de amoníaco. Para além de continuarem a degradação dos compostos azotados presentes nas fezes, as bactérias fecais, nomeadamente as ureolíticas, têm a capacidade de metabolizar a ureia presente na urina, com a consequente produção de amoníaco.

As estratégias alimentares para a minimização da produção de amoníaco deverão incidir, assim, sobre a diminuição do azoto existente nos excrementos e, também, sobre a actuação das bactérias responsáveis pela produção de amoníaco.

REDUÇÃO DA QUANTIDADE TOTAL DE AZOTO EXCRETADO (MONOGÁSTRICOS E RUMINANTES)

Todas as técnicas atrás indicadas para minimizar a excreção de azoto, têm uma influência directa na redução da emissão de amoníaco a partir dos excrementos.

ESTUDO DE CASO

REDUÇÃO DO AZOTO EXCRETADO

NA PRÁTICA...

- Em suínos, foi demonstrado que a redução do nível de proteína fornecida na dieta em um ponto percentual, reduziu a emissão de amoníaco em cerca de 10%.
- Em novilhas leiteiras entre os 260 kg e os 490 kg de peso vivo, a redução do teor de PB da dieta de 11% para 9,6%, permitiu reduções importantes na quantidade de azoto excretado e conseqüente produção de amoníaco (tabela 2.18).

FORMAS DE AZOTO	% DE REDUÇÃO
Azoto total excretado	19,8 %
Azoto excretado na urina	7,4 %
Produção de amoníaco a partir dos excrementos	28,1 %

Tabela 2.18 • Reduções verificadas na quantidade de azoto total excretado, azoto presente na urina e produção de amoníaco a partir dos excrementos, quando se reduziu a Proteína Bruta da dieta de novilhas leiteiras de 11,0 para 9,6 % (adaptado de Grant e Telega, 2002)

UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS QUE CONDUZEM À ACIDIFICAÇÃO DA URINA (MONOGÁSTRICOS)

Uma vez que a produção de amoníaco resulta da actuação das bactérias ureolíticas, a existência de um meio mais adverso à sua actuação resulta numa menor emissão de azoto amoniacal. Assim, a acidificação da urina (que

contém a ureia sobre a qual as bactérias ureolíticas actuam) permitirá diminuir a produção de amoníaco.

Trata-se, na maioria dos casos, de fazer substituir determinados suplementos minerais das dietas, por outros cujas reacções no organismo animal conduzem à acidificação da urina.

ESTUDO DE CASO



ACIDIFICAÇÃO DE URINA



NA PRÁTICA...

- Em suínos, a substituição de carbonato de cálcio na dieta por sulfato de cálcio e cloreto de cálcio, implicou a diminuição do pH da urina em 1,3 pontos percentuais e a consequente redução na emissão de amoníaco em 33%.

UTILIZAÇÃO DE PROBIÓTICOS (MONOGÁSTRICOS)

Outra forma de limitar a actuação das bactérias ureolíticas é a adição de probióticos nas dietas.

Os probióticos são microrganismos vivos, tais como *Lactobacillus*, *Bacillus subtilis* ou algumas espécies de *Streptococcus*, que modificam a microflora intestinal em desfavor de bactérias coliformes, como a *E. coli* e a *Salmonella*. Deste modo, para além de benefícios na utilização de nutrientes, consegue-se reduzir a actividade bacteriana ureolítica e os níveis de amoníaco no intestino dos animais.

EMISSÃO DE METANO

Dos gases que contribuem para o efeito estufa, e consequentemente para o aquecimento global, o metano (CH_4) é, a seguir ao dióxido de carbono (CO_2), o que mais contribui para aquele efeito. As actividades do metano e do dióxido de carbono não reflectem as suas concentrações na atmosfera. De facto, apesar de existir em concentrações bastante mais baixas, o metano tem uma capacidade 20 a 30 vezes superior à do dióxido de carbono para absorver os raios infra-vermelhos responsáveis pelo aquecimento global.

A agricultura, em particular a produção animal, é a principal fonte de produção de metano, sendo responsável por cerca de 40% do total das emissões na Europa.

A produção de metano pelos animais tem origem digestiva e é inerente à degradação, em anaerobiose, dos alimentos pelos microrganismos do rúmen (no caso dos ruminantes) e no intestino grosso, quer em monogástricos, quer em ruminantes. De entre os animais de interesse zootécnico, as espécies ruminantes são as que mais contribuem para a produção de metano, podendo perder 4 a 10 % da energia ingerida na forma daquele gás.

A produção de metano está directamente relacionada com a proporção de fibra dos alimentos ingeridos, ou seja, alimentos de menor qualidade (com maior quantidade de hidratos de carbono estruturais) induzem o aumento da produção de metano.



Em todo o mundo, os ruminantes são responsabilizados pela produção de cerca de 80 milhões de toneladas de metano anualmente.

As estratégias alimentares para a redução da produção de metano incidem sobre o aumento da produtividade dos ruminantes e sobre a maximização da eficiência ruminal, no que se refere à degradação da fibra dos alimentos.

Relativamente ao aumento da produtividade dos animais, o sucesso na redução da emissão de metano pressupõe sempre, a manutenção dos níveis de produção de determinada exploração, região ou país. Pretende-se, assim, que com um menor número de animais mais produtivos, seja possível diminuir as respectivas emissões de metano, sem comprometer a quantidade de produtos obtidos.



Estudos realizados mostraram que se consegue uma redução de 5% na emissão de metano por cada 10% de aumento da produtividade animal.

No que diz respeito ao aumento da eficiência ruminal, trata-se de otimizar as fermentações, para o que é indispensável conhecer as necessidades e a fisiologia da população microbiana face às dietas dos animais. Neste domínio, poderão ser adoptados procedimentos que visem, por um lado, a diminuição dos microrganismos produtores de metano (metanogénicos) e, por outro lado, a diminuição do hidrogénio presente no rúmen, indispensável para a síntese do metano.

Dado o carácter experimental de muitas das tecnologias que poderão vir a ser adoptadas como forma de diminuir a produção de metano, optou-se na tabela 2.19 por fazer apenas a sua apresentação e uma breve descrição dos seus efeitos.

TECNOLOGIA A ADOPTAR	EFEITOS
<ul style="list-style-type: none"> • Usar alimentos de elevada digestibilidade, tais como cereais, pastagens e forragens de elevada qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição dos microrganismos metanogénicos • Diminuição do tempo de permanência dos alimentos no rúmen
<ul style="list-style-type: none"> • Proceder à trituração de alimentos forrageiros 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição dos microrganismos metanogénicos • Diminuição do tempo de permanência dos alimentos no rúmen
<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar o nível de alimentos concentrados nas dietas 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da população de protozoários ruminais • Redução da relação da produção de acetato/propionato • Crescimentos unitários mais elevados, com a consequente diminuição do tempo necessário até ao abate
<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a proporção de leguminosas nas pastagens e nas forragens 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução dos teores de fibra da dieta • Redução da população de protozoários ruminais
<ul style="list-style-type: none"> • Incluir fontes de amido menos degradável no rúmen (ex.: cevada) 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição da fermentação ruminal • Diminuição da relação acetato/ propionato
<ul style="list-style-type: none"> • Incluir nas dietas alimentos com taninos (lótus) ou saponinas (luzerna) 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da população de protozoários ruminais
<ul style="list-style-type: none"> • Introduzir, como suplementos alimentares, microrganismos acetogénicos nas dietas dos animais 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição dos teores de CO₂ e do hidrogénio necessários à formação do metano
<ul style="list-style-type: none"> • Introduzir, como suplementos alimentares, precursores do ácido propiónico (ex.: fumarato e malato) 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição de hidrogénio no rúmen
<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a quantidade de gorduras nas dietas 	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrogenação dos ácidos gordos insaturados, com redução do hidrogénio ruminal
<ul style="list-style-type: none"> • Vacinar os animais com anticorpos capazes de anular os agentes metanogénicos do rúmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição dos microrganismos metanogénicos

Tabela 2.19 • Tecnologias susceptíveis de serem adoptadas para a redução de emissão de metano decorrente da alimentação animal, seus efeitos principais e respectiva quantificação

EMIÇÃO DE ODORES

A melhoria da digestibilidade dos alimentos permite reduzir a emissão de odores, na medida em que diminui, por um lado, a matéria orgânica excretada com origem alimentar e, por outro lado, as perdas de tecidos endógenos que são sempre superiores quando se exige maior esforço metabólico aos animais.

ESTUDO DE CASO



EMISSÃO DE ODORES



NA PRÁTICA...

Em toda a Europa, à medida que a produção animal se torna mais intensiva e as explorações aumentam de tamanho, o problema dos odores assume maior relevância, principalmente para as populações que habitam nas imediações dessas explorações; de entre as espécies pecuárias, os problemas causados pelos suínos são em maior grau.

Os principais odores produzidos nas explorações pecuárias têm origem, por ordem crescente, nas estruturas de armazenamento dos excrementos, nas instalações pecuárias e, finalmente, na distribuição dos estrumes no solo.

Em qualquer dos casos, os odores são produzidos devido à fermentação da matéria orgânica, por microrganismos. Dessa ação resulta a produção de ácidos gordos voláteis como o ácido butírico, fenóis, mercaptanos e aminas.

Ao nível alimentar, reduzir a emissão de odores consiste em diminuir os substratos de actuação das bactérias, ou seja, a quantidade de matéria orgânica presente nos excrementos dos animais.

ESTUDO DE CASO



DIGESTIBILIDADE



NA PRÁTICA...

Em vacas leiteiras, consegue-se uma redução na emissão de odores de 20 a 50%, quando se aumenta a digestibilidade da dieta de 55 para 70%.

Como foi referido anteriormente, a minimização do teor de proteína das dietas, não só reduz substancialmente a excreção de azoto, como também reduz os compostos odoríferos nos estrumes, ao implicar menor quantidade de substrato para actuação das bactérias.

ESTUDO DE CASO



REDUÇÃO DE ODORES I



NA PRÁTICA...

- Em vacas leiteiras, a alimentação com níveis de proteína bruta mais próximos das necessidades dos animais consegue reduzir os odores em 20 a 50%.
- Em suínos, a redução do teor de proteína bruta de 18,9% para 14%, formulada ao mínimo custo mas sem comprometer o crescimento dos animais, permitiu diminuir em 43% a concentração de p-cresol, o principal agente causador de maus cheiros nos estrumes desta espécie.

Por outro lado, é sabido que os odores se acumulam muito na sujidade associada às explorações pecuárias. Assim, tudo o que contribua para a minimização da sujidade, nomeadamente de poeiras resultantes da alimentação dos animais, contribuirá para a redução dos odores.

Na diminuição de poeiras com origem na alimentação, poderão ser considerados os seguintes aspectos:

- Fornecer alimentos granulados, em detrimento de alimentos farinados;
- Adicionar gordura aos alimentos, de forma a evitar a maior dispersão das partículas que mais facilmente entram em suspensão;
- Manusear cuidadosamente os alimentos, evitando que sejam colocados nos comedouros a partir de uma grande altura;
- Em suínos, optar por dietas em que se faça a apresentação dos alimentos na forma húmida ou, em alternativa, utilizar comedouros com pipetas integradas.

ESTUDO DE CASO



REDUÇÃO DE ODORES II



NA PRÁTICA...

Em suínos, quando se conseguiu reduzir o nível de poeiras das instalações entre os 45 e os 75%, a redução da emissão de odores foi de 50 a 90%.

Finalmente, o teor em enxofre da dieta é outro factor que pode afectar a emissão de odores, uma vez que é um elemento presente na formação de mercaptanos, compostos que são muito mal cheirosos mesmo quando em baixas concentrações.

O enxofre encontra-se na composição de aminoácidos como a cisteína e metionina, sendo que a formulação de dietas com base nas efectivas necessidades de aminoácidos (assunto anteriormente abordado) pode contribuir para a diminuição da sua excreção.

Outro meio de reduzir a excreção de enxofre é através da substituição dos sais de enxofre que são uma forma corrente de adicionar minerais às dietas, como é o caso do cálcio, do sódio e do magnésio.

ESTUDO DE CASO



REDUÇÃO DE ODORES III



NA PRÁTICA...

- Em suínos, um estudo mostrou que é possível reduzir os odores até 40 % quando se alimentam os animais com dietas com baixos teores de enxofre.
- Em suínos, verificou-se uma redução no mau cheiro de 2,7 vezes substituindo a suplementação de cálcio com sulfato de cálcio por carbonato de cálcio.

ANEXO A

Legislação de suporte

- Lei 11/87, de 7 Abril – Lei de Bases da política de ambiente.
- Decreto-Lei n.º 284/94, de 11 de Novembro – o regime de homologação, autorização, lançamento no mercado, utilização, controlo e fiscalização de produtos fitofarmacêuticos apresentados na sua forma comercial e de autorização de substâncias activas.
- Decreto-Lei n.º 180/95, de 26 de Julho – métodos de protecção das culturas, em especial a luta química aconselhada e a protecção e produção integradas das culturas.
- Portaria n.º 39/97 de 14 de Janeiro (altera o anexo à Portaria n.º 1105/89 de 27 de Dezembro) – lista de produtos proteicos autorizados em alimentação animal.
- Portaria n.º 65/97, de 28 de Janeiro – Métodos de Protecção das Culturas.
- Decreto-Lei n.º 94/98, de 15 de Abril – normas técnicas de execução referentes à colocação dos produtos fitofarmacêuticos no mercado.
- Decreto-Lei n.º 341/98, de 4 de Novembro – princípios uniformes relativos à avaliação e autorização dos produtos fitofarmacêuticos para a sua colocação no mercado.
- Decreto-Lei n.º 68/99, de 11 de Março – relativo à protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola.
- Decreto-Lei n.º 289/99, de 29 de Julho – princípios relativos à aprovação, colocação em circulação e utilização de aditivos nos alimentos para animais.
- Decreto-Lei n.º 382/1999, de 22 de Setembro – critérios para a delimitação de perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público.
- Decreto-Lei n.º 147/2000, de 18 de Julho – novo regime de limites máximos de resíduos de produtos fitofarmacêuticos permitidos nos produtos agrícolas de origem vegetal.
- Portaria n.º 475/01, de 10 de Maio de 2001 – aprova o Regulamento de Aplicação da Intervenção Medidas Agro-Ambientais (RURIS).
- Regulamento (CE) n.º 666/03 da Comissão de 11 de Abril – autoriza provisoriamente a utilização de determinados microrganismos na alimentação dos animais.
- Regulamento (CE) n.º 668/03 da Comissão de 11 de Abril – autoriza provisoriamente novas utilizações de aditivos nos alimentos para animais (enzimas).
- Decreto-Lei n.º 142/2003, de 2 de Julho – medidas de protecção fitossanitária destinadas a evitar a introdução e a dispersão de organismos prejudiciais aos vegetais e produtos vegetais na Comunidade e reconhece Zonas Protegidas na Comunidade expostas a riscos fitossanitários específicos.
- Portaria n.º 1043/03 de 22 de Setembro – altera e republica o Regulamento de Aplicação da Acção n.º 7, «Valorização do Ambiente e do Património Rural», da medida AGRIS.
- Portaria n.º 1341/2003, de 5 de Dezembro – relação entre a área em protecção ou produção integradas a que a organização de agricultores presta assistência técnica e o número de técnicos acreditados pela DGPC.



Bibliografia

- AMARO, P. (2003), *A Proteção Integrada*. ISA/Press.
- AP DEWI, I. *et al.* (1994), *Pollution in livestock production systems*, CAB International, Wallingford.
- BELLOWS, B. (2001), *Nutrient cycling in pastures*, www.attra.ncat.org
- BOAS, P. V. (2001), *Armazenagem em Segurança de Produtos Fitofarmacêuticos*. DGPC, MADRP.
- BORIN, M., C. *et al.* (1997), Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy, *Soil and Tillage Research* 40 (3-4): 209-226.
- CAREY, B. e SILBURN, M. (2001), *Erosion control in grazing lands*, NRS, Queensland, www.nrs.pld.gov.au
- COMISSÃO EUROPEIA (1999), *Directions towards sustainable agriculture*, COM (1999) 22 final.
- CRANBERG, L. e McFARLANE, D. J. (1994), Can perennial pastures provide the basis for a sustainable farming system in southern Australia? *New Zealand Journal of Agricultural Research*, volume 37: 287-294.
- DORAN, J. W., ELIOTT, E. e PAUSTIAN, K. (1998), Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management, *Soil and Tillage Research* 49 (1-2): 3-18.
- ERICKSON, G. e MILTON, T. (2002), *Using dietary strategies to reduce the nutrient excretion of feedlot cattle*, www.lpes.org
- FAO (2002), *World Agriculture: towards 2015/2030. Summary report*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, www.fao.org/DOCREP.
- FAO (2003), *Development of a Framework for Good Agricultural Practices*, COAG/2003/6, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FREIBAUER, A. *et al.* (2004), *Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe*. Geoderma (para publicação, www.sciencedirect.com).
- GRANT, R. e TELEGA, S. (2002), *Feeding dairy cows to reduce nutrient excretion*, www.lpes.org
- HERMAWAN, B. e BOMKE, A. A. (1997), Effects of winter cover crops and successive spring tillage on soil aggregation, *Soil and Tillage Research* 44 (1-2): 109-120.
- IDRHa (2004), *Medidas Agro-Ambientais*, Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica, MADRP.
- KAUFMAN, Y. (s.d.), *The Carbon Cycle – The Human role*. <http://earthobservatory.nasa.gov>
- KEMPE, T. K. e HEUGTEN, E. (2002), *Reducing the nutrient excretion and odor of pigs through nutritional means*, www.lpes.org

- LOEHR, C. (1984), *Pollution control for agriculture*, 2.^a edição, Academic Press, Londres.
- MADRP (2000), *Conservação do solo e da água. Manual básico de práticas agrícolas*, MADRP.
- MARTÍNEZ, V. C. e SALDAÑA, J. L. S. (1998), *Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentacion de ruminantes*, Mundi-Prensa, Madrid.
- MCDONALD, P., EDWARD, R. e GREENHALGH, J. (1995), *Animal nutrition*, 5.^a edição, Longman, Essex.
- MONYEM, A. e VAN GERPEN, J. U. (2001), The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions, *Biomass and Bioenergy* 20 (4): 317-325.
- MOREIRA, N. (2002), *Agronomia das forragens e pastagens*, UTAD, Vila Real.
- NRC (1998), *Nutrient requirements of swine*, 10.^a edição revista, National Academy Press, Washington, D.C.
- NRC (2001), *Nutrient requirements of dairy cattle*, 7.^a edição revista, National Academy Press, Washington, D.C.
- OILB (1998), Integrated Production in Europe. 20 years after the declaration of Ovrannaz, *Bulletin OILB SROP*, 21 (1).
- OILB (2004), Guidelines for Integrated Production. Principles and Technical Guidelines, *Bulletin OILB SROP*, 27 (2).
- PARDO, M. e GARCIA, C. R. (1991), *Praderas y forrajes – producción y aprovechamiento*, 2.^a edição, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- PATTERSON, P. (2002), *Using dietary and management strategies to reduce the nutrient excretion of poultry*, www.lpes.org
- SAKA, S. e KUSDIANA, D. (2001), Biodiesel fuel from rapeseed oil as prepared in supercritical methanol, *Fuel* 80 (2): 225-231.
- SIMPSON, R. e CULVENOR, R. (1985), *Potosynthesis, carbon partitioning and herbage yield*, In *Temperate pastures – their production, use and management*, CSIRO, Austrália.
- SMITH, P. (2004), Carbon sequestration in cropland: the potential in Europe and the global context, *European Journal of Agronomy*, 20:229-236.
- STONE, R. e MOORE, N. *Control of soil erosion*. www.gov.on.ca
- TERRÓN, P. U. (2002), *Fitotecnia Ingeniería de la producción vegetal*, Mundi-Prensa, Madrid.
- UN (2003), *Agenda 21*, United Nations Department of Economic and Social Affairs.
- VARENNES, A. (2003), *Produtividade dos solos e ambiente*, Escolar Editora, Lisboa.
- WILLIS, S. (2004), *Phase feeding increase profit*, www.dpi.qld.gov.au
- WHEELER, J. L.; Pearson, C. J. e Robards, G. E. (1985), *Temperate pastures – their production, use and management*, CSIRO, Austrália.
- ZHANG, Y., M. A. *et al.* (2003), Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment, *Bioresource Technology* 89 (1): 1-16.



Agricultura biológica • Sistema global de produção agrícola que privilegia as práticas de gestão em relação ao recurso a factores de produção de origem externa.

Agricultura sustentável • Forma de desenvolver a agricultura, a silvicultura e as pescas que deve preservar a terra, a água e os recursos genéticos vegetais e animais, não degradar o ambiente e ser tecnicamente apropriada, economicamente viável e socialmente aceitável.



Efeito estufa • Aumento de temperatura provocado pela absorção e reemissão em sentido contrário da radiação infra-vermelha terrestre devido a nuvens e gases atmosféricos.

Enzima • Substância orgânica de natureza proteica que intervém como catalisadora em reacções químicas.

Eutrofização • Acumulação de nutrientes, sobretudo fósforo e azoto resultantes de poluição, que promovem o desenvolvimento excessivo de algas e outros seres vivos.



Gestão do solo • Utilização do solo mantendo as suas potencialidades de suporte para as culturas e vida selvagem sem poluir o ambiente, contribuindo para o desenvolvimento económico, social e cultural das comunidades rurais e permitindo às futuras gerações a continuação da actividade agrícola.



Inoculação • Junção de um organismo patogénico ou de uma substância a um hospedeiro.

Intervalo de reentrada • Período de tempo durante o qual os trabalhadores agrícolas, ou outras pessoas, não devem entrar nos campos tratados nem contactar com as folhas da cultura ou com o solo.

Intervalo de segurança • Período de tempo que deve decorrer entre a última aplicação de um pesticida e a colheita.



Limitação natural • Limitação do desenvolvimento dos inimigos das culturas por acção de inimigos naturais, parasitas e predadores, presentes no ecossistema.

Lixiviação • Migração descendente de sais solúveis e de bases que são eliminados do perfil do solo por arrastamento nas águas.



Margem de segurança • Distância entre a cultura a tratar e a margem da linha de água.

Metano • Gás produzido pela fermentação da matéria orgânica.

Mineralização • Transformação da matéria orgânica do solo em substâncias minerais.

Mobilização de conservação • Conjunto de práticas que permitem o manejo do solo agrícola com a menor alteração possível da sua composição, estrutura e biodiversidade natural.



Nitrato • Principal forma de absorção de azoto pelas plantas (NO_3^-); é um produto muito lixiviável em cuja composição entra o azoto na forma nítrica.

Nodulações • Saliências existentes nas raízes das leguminosas provocadas pela infecção por bactérias (ex. rizóbio) específicas para cada espécie ou grupo de espécies de plantas.



Organismos auxiliares • Organismos antagonistas, inimigos naturais dos inimigos das culturas.



Produção integrada • Sistema agrícola de produção de produtos alimentares e não alimentares de alta qualidade através da utilização dos recursos naturais e dos mecanismos de regulação natural em substituição dos factores de produção poluentes e de modo a assegurar uma agricultura sustentável.

Protecção integrada • Processo de luta contra os inimigos das culturas utilizando um conjunto de métodos que satisfaçam as exigências económicas, ecológicas e toxicológicas, dando carácter prioritário às acções fomentando a limitação natural, respeitando os níveis económicos de ataque e com os menores inconvenientes para o Homem e o ambiente.



Resíduo de pesticida • Substância ou substâncias presentes à superfície ou no interior dos produtos agrícolas resultantes da utilização de um pesticida, expressos em mg/kg.

Resistência aos pesticidas • Falta de eficácia de um pesticida sobre as populações de inimigos das culturas alvo, como resultado da sua aplicação repetida

Rizóbio • Nome genérico de várias bactérias que em simbiose com as raízes das leguminosas fixam o azoto atmosférico e o transformam em formas utilizáveis pelas plantas.



Seres autotróficos • Organismos capazes de elaborar substâncias orgânicas a partir de substâncias inorgânicas.

Set-a-side • Área de pousio obrigatório, reportada à área global de uma exploração.

Simbiose • Relação entre dois organismos vivos com benefícios mútuos.



Técnica das pancadas • Técnica de amostragem, para pragas e auxiliares, em que se procede à captura de artrópodos através de pancadas rápidas e seguidas, com recolha em dispositivo apropriado.



INTRODUÇÃO	5	CAPÍTULO 2	
CAPÍTULO 1		TECNOLOGIAS LIMPAS NA PRODUÇÃO	
TECNOLOGIAS LIMPAS NA PRODUÇÃO		ANIMAL	49
AGRÍCOLA	7	PASTAGENS: A BASE DE UMA PRODUÇÃO	
GESTÃO DO SOLO	8	ANIMAL AMIGA DO AMBIENTE	52
MOBILIZAÇÃO DO SOLO	9	AS PASTAGENS E A DIMINUIÇÃO DA	
Finalidades da mobilização do solo	10	CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS	
Sistemas de mobilização do solo	11	HÍDRICOS POR NITRATOS	55
GESTÃO DOS NUTRIENTES		Procedimentos a adoptar para maximizar	
NO SOLO	16	a utilização do azoto produzido	
Regras básicas para uma fertilização limpa	17	pela relação simbiótica	58
ROTAÇÕES	20	AS PASTAGENS E A DEFESA	
Justificação e Objectivos das rotações	20	DOS SOLOS CONTRA A EROSÃO	60
Inconvenientes da monocultura	21	AS PASTAGENS E O SEQUESTRO	
Nutrientes e Pesticidas	22	DO CARBONO	65
Estratégias para uma boa rotação	22	AS PASTAGENS E A VALORIZAÇÃO	
CONSOCIAÇÕES	23	DA PAISAGEM E A FIXAÇÃO DE	
Relações entre plantas consociadas	24	POPULAÇÕES NO MEIO RURAL	72
CONSUMOS ENERGÉTICOS E GESTÃO		ESTRATÉGIAS ALIMENTARES	
DE RESÍDUOS	24	ALTERNATIVAS OU	
COMO ESCOLHER UM TRACTOR	25	COMPLEMENTARES PARA A	
MECANIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES	26	REDUÇÃO DOS IMPACTOS	
UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS	26	AMBIENTAIS NEGATIVOS DA	
PRINCÍPIO DA PROXIMIDADE	27	PRODUÇÃO ANIMAL	74
PROTECÇÃO DAS CULTURAS	27	EXCREÇÃO DE AZOTO	75
UTILIZAÇÃO DE MEDIDAS		Utilização de alimentos de elevada	
INDIRECTAS DE LUTA	28	digestibilidade (monogástricos	
Luta legislativa	29	e ruminantes)	75
Luta genética	29	Alimentação por grupos (monogástricos	
Luta cultural, mecânica e limitação natural ...	30	e ruminantes)	80
AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE		Utilização de enzimas (monogástricos)	83
DE INTERVENÇÃO.		Formulação de dietas com base	
MONITORIZAÇÃO	31	nas necessidades em aminoácidos	
UTILIZAÇÃO DE MEDIDAS DIRECTAS		(monogástricos)	83
DE LUTA	35	Fornecimento do tipo adequado de proteína	
Luta física	36	(ruminantes)	85
Luta biológica	37	EXCREÇÃO DE FÓSFORO	87
Luta biotécnica	38	Adequação dos fornecimentos de fósforo	
Luta química	42	às reais necessidades dos animais	
		(monogástricos e ruminantes)	88
		Utilização de fitases (monogástricos)	90

EMISSÃO DE AMONÍACO	91	EMISSÃO DE METANO	93
Redução da quantidade total de azoto excretado (monogástricos e ruminantes)	92	EMISSÃO DE ODORES	95
Utilização de aditivos que conduzem à acidificação da urina (monogástricos)	92	Anexos	98
Utilização de probióticos (monogástricos) ...	93	Referências	99
		Glossário	101