

CAPÍTULO 6 - Rotação de culturas como sinergismo entre espécies para aumento da produtividade: aspectos teóricos e conceituais

Autores: R.A. Vidal, J. Portugal, N.D. Kruse

"Cultivarás a tua terra durante seis anos...
Mas no sétimo ano ...
não semearás o teu campo...
este será o repouso para a terra."
Levítico 25: 3-4

A rotação de culturas é uma prática agrícola de origem milenar e, em várias civilizações da antiguidade, objetivava, principalmente, aumentar a diversidade de produtos colhidos, quando comparado à monocultura (uma só cultura) continuamente. A rotação de culturas normalmente beneficia a espécie cultivada imediatamente na sequência a um cultivo favorável, como é o caso do aumento de produtividade obtido pelos cereais cultivados posteriormente às plantas leguminosas (da família botânica Fabaceae). Adicionalmente, diversos outros benefícios da rotação de culturas também se observam em longo prazo e alguns destes serão abordados nos Capítulos 6 e 7.

A **rotação de culturas** numa propriedade pode ser definida como o cultivo de plantas de famílias botânicas diferentes durante sucessivas estações e anos e **organizada em diversas folhas**. O **afolhamento da rotação de culturas** consiste em atribuir para cada gleba da propriedade a sequência de espécies que serão cultivadas no terreno no decorrer do tempo (Almeida, 2004; Barros & Calado, 2011). Portanto, cada uma das fases da rotação da cultura está presente numa propriedade (em uma das folhas) simultaneamente às demais. O termo **sucessão de culturas** será aplicado neste texto àquela sequência de culturas numa determinada folha da rotação (parcela de terreno).

Exemplificando o conceito de rotação de culturas, tem-se o esquema utilizado em algumas propriedades do centro-leste do estado do Paraná, onde as glebas da propriedade são organizadas com diversas folhas da rotação aveia-milho-aveia-soja-trigo-soja (Tabela 6.1). Assim, no verão do Ano 1, uma propriedade possui as culturas de soja (distribuídas em duas folhas ou parcelas de terreno) e milho em uma folha (outra parcela). Após as colheitas das culturas de verão, dá-se a semeadura das culturas de trigo e de aveia, como ilustrado na Tabela 6.1. Como as datas de semeadura e de colheita não são coincidentes para as culturas de verão e de inverno, fica evidente que o esquema apresentado favorece a distribuição de equipamento e de mão de obra no decorrer do ano, entre outros benefícios a serem desenvolvidos neste Capítulo.

Tabela 6.1. Exemplo ilustrativo de rotação de culturas e do conceito de folhas da rotação.

| Glebas da propriedade | Ano 1 | | Ano 2 | | Ano 3 | |
|-----------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
| | Verão | Inverno | Verão | Inverno | Verão | Inverno |
| Folha 1 | Soja | Trigo | Soja | Aveia | Milho | Aveia |
| Folha 2 | Soja | Aveia | Milho | Aveia | Soja | Trigo |
| Folha 3 | Milho | Aveia | Soja | Trigo | Soja | Aveia |

Em contraste, exemplificam-se algumas sucessões de culturas. No sul do Brasil, é comum encontrar regiões inteiras com a sucessão soja-azevém, onde o cultivo da soja sempre é seguido da cultura do azevém em todas as propriedades. Da mesma forma, no cerrado brasileiro, há regiões inteiras com fazendas integralmente dedicadas ao cultivo da sucessão das culturas soja-sorgo ou soja-milho, ou seja, há sempre a cultura da soja na primavera-verão e sempre o do sorgo-milho no outono. Assim, não empregam a técnica da rotação de culturas.

As culturas presentes nas rotações podem ser classificadas em três categorias: cabeça de rotação, melhoradoras e esgotantes (Barros & Calado, 2011). Entende-se por cabeça de rotação a cultura que gera maior rendimento entre as praticadas na rotação. Chama-se a atenção que a melhoria das condições potenciais para a cultura cabeça de rotação são diversas, devendo considerar-se nomeadamente: os efeitos no potencial produtivo do solo (aumento de nutrientes, de matéria orgânica, da macro e microporosidade, disponibilidade de água); o efeito no banco de sementes de plantas adventícias (número e diversidade de espécies presentes); e o efeito nas condições fitossanitárias na cultura seguinte. Esse último caso pode ser exemplificado pelo domínio das doenças do solo, proporcionando a interrupção do ciclo de vida dos patógenos (ou se pelo contrário são dadas condições para que estes prossigam e assim afetem a cultura seguinte).

De acordo com o exposto, pode dizer-se que não existe uma lista de culturas melhoradoras ou esgotantes, uma vez que a condição de ser classificada numa ou noutra depende não só da cultura cabeça de rotação, como também das características intrínsecas, das exigências da própria cultura e, principalmente, das técnicas culturais que são adotadas quando se fazem as culturas. Assim, uma espécie vegetal pode ser considerada melhoradora numa situação e ser esgotante noutra.

6.1 - Histórico da rotação de culturas

A rotação das culturas originou-se da observação dos agricultores de que o monocultivo de uma única espécie numa mesma parcela de terreno reduzia a produtividade (Lidman et al., 1965; Bruns, 2012). Os primeiros documentos escritos sobre a prática das rotações datam da Grécia e da Roma antiga. Ambas as civilizações adotaram esta técnica agronômica

primeiramente na região mediterrânica e, depois, difundiram-na para outras regiões dos seus impérios (Diehl, 1984).

Convém ressaltar que, na Roma, antiga foram encontradas as primeiras obras escritas que fazem referência aos agrônomos. Merece destaque a referência às rotações de culturas dos seguintes autores, por ordem cronológica, Catão (234 AC - 149 AC), que escreveu "Acerca de agricultura" (Dalby, A. 1998); Varrão (116 AC - 27 AC), que escreveu o "Tratado de Economia Rural"; e Vergílio (70 AC - 19 AC), que relata sobre as tarefas rurais nas célebres "Geórgicas". Finalmente, Columella (4 DC - 70 DC), o mais reputado de todos os Agrônomos Romanos, na obra "De Rustica", dividida em 12 volumes, deixa um relato precioso sobre a agricultura daquele período. É provável que esses autores fossem inspirados por informações provenientes da Grécia antiga, de Cártago, da Mesopotâmia e do antigo Egito (Caldas, 1998).

Durante o desenvolvimento da agricultura na China, no século V DC, também foi constatado o benefício da rotação de culturas, principalmente incluindo espécies leguminosas no sistema (Pieters, 1927). Na Europa central, durante o reinado de Carlos Magno (768-814 DC), a rotação de culturas sofre uma mudança importante. Ela deixa de ser feita em apenas duas folhas (uma parcela do terreno com uma cultura e a outra em pousio) e fica obrigatória a sua execução em três folhas (uma parcela com cereal semeado no outono, geralmente trigo ou centeio; outra semeada na primavera, que podia ser ervilha, lentilhas ou feijão; e outra parcela deixada em pousio). Isso aumentou a área cultivada e diversificou a alimentação de humanos e animais (Butt, 2002).

No século XII, durante o domínio árabe da península Ibérica, merece relevo um notável tratado de agricultura escrito por Ebne al Awam. A obra intitulada "Livro de agricultura" recomenda várias rotações de culturas e refere à importância do precedente cultural. Este autor, de ascendência árabe, mas nascido em Sevilha, cita 112 autores com origens tão diversas como o oriente-médio, a Grécia, a Roma e a Árabia (Banqueri, 1802).

As rotações de culturas com quatro folhas são descritas no século XVI, na região de Waasland (Holanda/Bélgica). Todavia, elas ganham especial importância no século XVIII na Grã-Bretanha, sendo consideradas fundamentais na revolução agrícola daquele território. O aristocrata-diplomata Charles Townshend divulgava os benefícios da rotação trigo-nabo-cevadatrevo. A introdução da cultura forrageira na rotação de culturas apresentava diversos benefícios: aumentava o valor nutritivo, em relação às gramíneas; permanecia no terreno por longo período; permitia a criação de animais durante todo o ano; aumentava a produtividade e a produção dos cereais; e melhorava a renda econômica da agricultura. Em parte, graças à adoção desta técnica, a Inglaterra, entre 1705 e 1765 multiplicou por nove as suas exportações de trigo (Bailey, 1907; Burchill et al., 2013).

Em 1679, o cientista Marcello Malpighi desenhou os "calombos" das raízes de leguminosas. Na época, ele atribuiu àquelas formações a presença de insetos (Hirsch, 2009). Mas, somente em 1886 foi que os cientistas Hellriegel e Wilfarth, na Alemanha, postularam que, nos nódulos das raízes das leguminosas, ocorria a transformação de N_2 em amônia. Finalmente se descobriu uma das causas do benefício das leguminosas nas rotações de culturas! Os primeiros isolamentos e crescimento em meio de culturas dos microorganismos que produziam os nódulos nas leguminosas foram realizados em 1888, por Beijerinck, na Holanda (Hirsch, 2009).

Em meados do século XIX, foram estabelecidos, no mundo, diversos experimentos de longa duração para pesquisa sobre a rotação de culturas. O primeiro e mais duradouro experimento de rotação de culturas foi estabelecido em 1843, na Estação Experimental de Rothamsted, na Inglaterra (Jenkinson, 1991). Nos EUA, foram iniciados dois experimentos de longa duração sobre rotação de culturas e que continuam em execução até os dias de hoje. Um dos experimentos (chamado Morow Plots) foi iniciado em 1876, na Universidade de Illinois, para avaliar os efeitos de diversas práticas agrícolas em condições mais temperadas na América do Norte. Em 1896, no estado de Alabama, EUA, iniciou-se o outro experimento para avaliar como leguminosas para adubação verde, cultivadas no inverno, impactavam a produtividade de cereais cultivados no verão. No final do século XIX, o monocultivo do algodão, no sul dos Estados Unidos, apresentava diversas consequências negativas, destacando-se a degradação do solo e os atritos sociais. Então, no início do século XX, George W. Carver procurou estimular a rotação na cultura do algodão com a introdução das culturas do amendoim, da soja e da batata doce (Anônimo, 2013). Na América do Sul, merece destaque o experimento de longa duração iniciado em 1963, na Estação Experimental INIA "La Estanzuela", no Uruguai (Morón, 2003).

No Brasil, tem mérito o pioneirismo da pesquisadora Johanna Dobreiner (1924-2000) na descoberta de que microorganismos rizosféricos fixam N_2 em espécies gramíneas. Bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico do gênero *Beijerinckia* foram encontradas na rizosfera de cana-de-açúcar (Dobreiner & Castro, 1955; Baldani & Baldani, 2005) (ver também Capítulo 9). Em termos agrícolas, o Brasil também se destacou pela adoção do sistema de semeadura direta a partir dos anos 1986. O incentivo à adoção desse sistema de produção agrícola foi feito de forma simultânea à adoção de rotação de culturas (Duarte Jr. & Coelho, 2010).

Atualmente, a importância da rotação de culturas está refletida no novo plano agrícola comum da União Européia (U.E.), que se inicia a partir de 2014. Ele estipula que, para se obter apoio financeiro (financiamento e subsídios) para explorações agrícolas, há necessidade de um plano de rotação de culturas para a propriedade (Santos, 2013).

6.2 - Fundamentação teórica à rotação de culturas

Tem havido imenso progresso no conhecimento a respeito dos mecanismos genéticos e ambientais que governam o crescimento, o desenvolvimento e a reprodução vegetal. Este avanço científico tem ocorrido devido à melhoria nos métodos de investigação e à elevação da capacidade em desvendar processos bioquímicos, moleculares e celulares. Toda esta evolução ocorre em condições controladas e em sistemas simples de laboratórios ou câmaras de crescimento; bem distintos da realidade que ocorre no campo. Assim, há uma ampliação da lacuna das informações entre as ciências puras e as aplicadas (Doré et al., 2011). Aqui não se pretende apresentar todas as ciências básicas que fundamentam as rotações de culturas, pois elas são ilimitadas. Mas, planeja-se sintetizar as principais disciplinas científicas responsáveis pela maioria dos benefícios das rotações de culturas. Elas incluem alguns princípios da ecologia e da física e são integrados aos aspectos agrônômicos para análise das rotações de culturas.

6.2.1 - Princípios ecológicos da rotação de culturas

O conceito de **sucessão ecológica** (não confundir com sucessão de culturas - ver introdução deste Capítulo) expressa o aspecto dinâmico do ecossistema. O termo **sucessão ecológica** descreve as mudanças que ocorrem nas diferentes comunidades de um ecossistema até que atingem um equilíbrio estável (Clements, 1916; Harper, 1977).

Por exemplo, um ambiente formado por dunas é muito instável e o vento modifica constantemente a sua forma. Com a instalação de espécies vegetais pioneiras (principalmente gramíneas) ocorre a fixação das dunas com as raízes e, paralelamente, há a formação de matéria orgânica e o enriquecimento nutritivo do substrato. Isso permite a colonização do ambiente por outras espécies vegetais. Com o decorrer do tempo, arbustos e árvores finalizam a ocupação do terreno, quando o novo ambiente (as dunas alteradas) perde suas características dinâmicas.

Convém apresentar, também, o conceito de níveis tróficos ou cadeia alimentar. Os vegetais formam a base da cadeia alimentar dos ecossistemas por serem organismos produtores. De fato, normalmente a flora domina a maior parte da estrutura e a sucessão das comunidades. A fauna (microorganismos e outros animais), por sua vez, são consumidores e estão organizados numa complexa teia de níveis tróficos. Desta forma, paralelamente à sucessão ecológica descrita para a flora, ocorre um processo de sucessão da fauna que acompanha àquela descrita para a dos vegetais.

Em resumo, a **sucessão ecológica** envolve mudanças de espécies (flora e fauna) no ecossistema, no decorrer do tempo, de forma a **diminuir a energia livre necessária para manter o sistema estável**.

6.2.2 - Rotação de culturas segundo a termodinâmica

As leis da termodinâmica (um dos ramos da física) são aplicáveis à agricultura. Assim, a primeira lei da termodinâmica estabelece formalmente que a energia pode ser convertida de uma forma em outra, mas não pode ser criada ou perdida. Ademais, a mudança de energia em qualquer sistema é igual ao calor absorvido do meio mais o trabalho realizado no sistema. A primeira lei da termodinâmica pode ser simplificada informalmente com a frase "é impossível ganhar ou perder, mas apenas empatar" (Adams, 2008). O fluxo de energia no agroecossistema ocorre de diversas maneiras (Tabela 6.2).

Tabela 6.2 – Principais tipos de fluxo de energia no agroecossistema. Adaptado de Miller, 1981.

Radiação solar.
Fotossíntese.
Ingestão e eliminação pela fauna.
Assimilação de energia química dos alimentos.
Transformações de energia química nos organismos.
Liberação de energia pela decomposição.
Energia armazenada na matéria orgânica.
Fluxo de calor do e para o ambiente.
Energia para condensação e evaporação.
Vento.

A segunda lei da termodinâmica estabelece que nem toda energia pode ser utilizada e que a desordem (entropia) tende a aumentar num sistema fechado. Em outras palavras, quando a energia é convertida de uma forma em outra, alguma energia fica indisponível para realizar trabalho. A segunda lei da termodinâmica pode ser simplificada informalmente com a frase "é impossível ganhar ou empatar, pois somente se perde" (Adams, 2008). Portanto, os processos que ocorrerem na natureza e na agricultura ocorrem com o aumento de entropia. Entropia é a quantidade de energia que já não realiza trabalho. Por exemplo, na decomposição da matéria orgânica do solo há liberação de energia. Parte desta energia é utilizada para a formação de macro e microorganismos (armazenamento de energia) e parte da energia não utilizada (entropia) pode ser convertida em calor (Svirezhev, 2000).

A terceira lei da termodinâmica não possui aplicações na agricultura (Adams, 2008). Mas, a "quarta lei da termodinâmica" possui várias aplicações na ecologia (Odum, 1995). Ela também é denominada "princípio de máxima potência" (*maximum power principle*) e permite explicar que o desenvolvimento de um sistema privilegia aquelas espécies que maximizam a captura e a transformação de energia e, assim, favorece a produção e a eficiência. Por exemplo, para a produção vegetal há utilização de luz solar, de nutrientes e de água pelas plantas. Parte da produção é exportada (como grãos, feno), parte é transformada (em matéria orgânica) e parte é decomposta. Hipotetiza-se que o

monocultivo aumenta a entropia do sistema agrícola; porque a redução do número de espécies vegetais decresce alguns dos processos do agroecossistema (ver sessão 6.4). Assim sendo, o monocultivo diminui o fluxo e o armazenamento de energia, reduzindo, portanto, a produtividade das lavouras (Jorgensen & Fath, 2004).

A rotação de culturas, todavia, diminui a entropia do sistema porque favorece o armazenamento de energia solar por incluir mais culturas no sistema produtivo e por favorecer a ampliação dos níveis tróficos do agroecossistema (Svirezhev, 2000). A redução da entropia ocorre devido a, pelo menos, duas regras de formação de comunidades: a) mais espécies operam em ambientes benignos e, quanto maior a diversidade de espécies (incluindo microorganismos), mais complexa é a teia de fluxo de energia e maior é a quantidade de energia e de informação armazenada; e b) numa comunidade com diversas espécies, será privilegiada aquelas que trouxerem mais ordem e que estiverem mais distanciadas do equilíbrio termodinâmico [que mais armazena energia capaz de realizar trabalho (a lavoura)] (Jorgensen & Fath, 2004).

Os princípios da termodinâmica, portanto, esclarecem que as rotações de culturas favorecem uma comunidade mais complexa. Em outras palavras, rotações de culturas criam um ambiente propício para o estabelecimento de mais espécies de macro e microorganismos (flora e fauna) benéficos e com muitos níveis tróficos. Essas leis da termodinâmica explicam a elevada circulação de nutrientes e de energia que ocorrem no agroecossistema.

6.2.3 – Fundamentos da rotação no contexto agrícola

Na classificação das interações entre organismos propostas por Burkholder (1952; Ver Capítulo 1), as rotações de culturas podem ser representadas pela simbologia +0. Ou seja, somente uma das culturas é beneficiada quando duas espécies estão "interagindo" (as duas culturas da sequência de culturas numa folha da rotação). Em contraste, nenhuma das culturas obtêm benefícios quando elas não estão interagindo (Radosevich et al., 2007).

Parte da pesquisa agrícola utiliza experimentos que avaliam o desempenho agrônomo das culturas rotacionadas em determinados ambientes. Um exemplo que merece destaque é o efeito positivo das espécies leguminosas sobre as de cereais. Os conhecimentos obtidos em vários desses experimentos foram sintetizados em fundamentos ou princípios de ampla aplicabilidade (Keddy, 2005), de forma que hoje se tem o preceito universal de que rotações leguminosas-gramíneas são promissoras, principalmente pelo aporte de nitrogênio à área cultivada.

Os progressos nos modelos matemáticos que alicerçam as rotações de culturas têm sido limitados. A proposição de que as rotações de culturas são um tipo de sinergismo entre plantas (Anderson, 2005, 2011) cria grandes

expectativas de avanços nos fundamentos matemáticos. De fato, os modelos teóricos são indispensáveis para sintetizar o conhecimento de determinada área e permitem encontrar as lacunas do conhecimento, de forma que possam ser investidos recursos humanos e financeiros para superá-las (Keddy, 2005). Assim, a classificação de rotação de culturas como sinergismo fornecerá novas abordagens matemáticas que possibilitarão acelerar a síntese do conhecimento empírico em fundamentos teóricos de ampla aplicação (Anderson, 2005, 2011).

6.3 - Cálculos matemáticos para demonstrar sinergismo das rotações de cultura

Sinergia pode ser definida como a interação de diferentes fatores que afetam um sistema de forma que o resultado final é superior ao esperado pelas ações de cada fator isolado (Kruse et al., 2006a, 2006b). Este tipo de fenômeno é muito distribuído na natureza, mas só é estudado em agricultura na interação de produtos químicos. Por exemplo, a associação dos herbicidas inibidores da síntese de carotenóides com inibidores do fluxo de elétrons no fotossistema II foi demonstrada ser sinérgica (Kruse et al., 2006a; 2006b).

Existem diversas formas para demonstrar estatisticamente o sinergismo. O método de Limpel-Colby (Kruse et al., 2006a) pode ser adequado para a análise de rotações de culturas. Mas, há necessidade de que o experimento contenha como tratamentos todas as folhas da rotação de culturas sob análise. Uma situação bem simples disso pode ser ilustrada com a rotação das culturas A e B (duas olerícolas, por exemplo), onde cada repetição do experimento contém quatro parcelas, de forma que o tratamento 3 esteja representado nas Folhas 1 (uma parcela com A precedido da cultura B) e Folha 2 (outra parcela com a cultura B precedida de A) (Tabela 6.3).

Tabela 6.3 - Tratamentos necessários para demonstrar o sinergismo utilizando-se o método de Limpel-Colby.

| Tratamento | Folha da rotação | Culturas |
|------------|------------------|--------------------------------------|
| 1 | - | Monocultivo da cultura A |
| 2 | - | Monocultivo da cultura B |
| 3 | Folha 1 | Rotação da cultura A precedida de B* |
| | Folha 2 | Rotação da cultura B precedida de A* |

* Neste exemplo, todas as culturas têm seu ciclo num determinado período do ano (por exemplo, primavera-verão).

Desta forma, em determinado ano do estudo, estão disponíveis produções de todas as culturas da rotação. Para poder realizar a análise de variância, há necessidade de comparar variáveis presentes em todos os tratamentos em estudo, tais como: renda líquida, densidade de infestantes,

incidência de insetos, etc. Na sequência, as variáveis nomeadas devem ser transformadas para valores percentuais.

A análise de variância deve incluir esses valores percentuais dos resultados dos tratamentos testados (monocultura A; monocultura B; rotação B-A; rotação A-B) e o valor estimado pela fórmula de Limpel-Colby (Kruse et al., 2006), expressa na Equação 6.1.

$$E = A + [B*(100-A)/100]$$

Equação 6.1

em que **E** representa o valor esperado da variável em estudo para a rotação das culturas A-B; e os valores de **A** e **B** correspondem àqueles obtidos em cada monocultura, para cada repetição.

O valor esperado, assim calculado, pode ser comparado com os resultados do tratamento com a rotação entre as culturas A e B, por comparação de dois tratamentos em amostras independentes quando $n_1 = n_2$ (teste *t*). Quando o valor estimado pela Equação 6.1 não diferir (significativamente) do resultado obtido para uma rotação de culturas, então a rotação terá efeito aditivo. Quando os resultados da rotação forem superiores ao valor estimado, a rotação terá efeito sinérgico. Contrariamente, a rotação será antagônica, quando o valor E, estimado pela Equação 6.1, for superior ao obtido experimentalmente (adaptado de Kruse et al., 2006a). Para ilustrar com valores numéricos o texto acima, apresenta-se a Tabela 6.4 com valores de renda líquida fictícios para o experimento sugerido anteriormente.

Tabela 6.4 - Tratamentos necessários para demonstrar o sinergismo utilizando-se o método de Limpel-Colby.

| Número | Tratamento* | Renda líquida (R\$/ha) | Valores percentuais em relação ao máximo |
|------------|------------------------|------------------------|------------------------------------------|
| 1 | Monocultura A | 400 | 77 |
| 2 | Monocultura B | 250 | 48 |
| 3- Folha 1 | Rotação A _B | 520 | 100 |
| 3- Folha 2 | Rotação B _A | 380 | 73 |

* Rotação A_B indica a cultura A antecedida pela cultura B e Rotação B_A indica a cultura B antecedida pela cultura A.

Uma explicação verbal do significado da Equação 6.1 pode ser: o valor esperado para a rotação das culturas A-B corresponde ao valor obtido na monocultura de A mais o valor proporcional da monocultura B na parte remanescente da monocultura A. Em outras palavras, pressupõe-se um efeito aditivo da interação, quando a monocultura B acrescentar sobre o efeito da monocultura A uma porção equivalente à A. Valores obtidos pela rotação superiores ao esperado negam o pressuposto de aditividade e apontam para

efeito sinérgico. O efeito antagônico ocorre quando os valores obtidos pela rotação, são inferiores ao esperado. Ou seja, deixam de acrescentar uma porção equivalente à monocultura A.

A Figura 6.1 ilustra graficamente o que pode ser obtido aplicando-se o modelo de Limpel-Colby (Kruše et al., 2006a) aos dados da Tabela 6.4. Com a renda líquida expressa em percentual do máximo obtido, calcula-se o valor esperado para o sistema de rotação, a partir dos monocultivos. Verifica-se que o sistema de rotação A/B atinge o máximo valor, superando de forma inequívoca o valor esperado, calculado pelo modelo. Daí depreende-se ser sinérgica a interação desse sistema de rotação. Já a rotação B/A produziu um percentual inferior ao esperado, o que demonstra que há nesse sistema uma interação antagônica, o que sugere uma alternância de cultivos desvantajosa em relação à rotação A/B.

O método apresentado até aqui pode ser utilizado para calcular o resultado esperado de uma rotação de duas espécies vegetais, como demonstrado. Este cálculo pode ser realizado com os dados de uma safra ou com os dados de renda líquida (ou bruta) de várias safras.

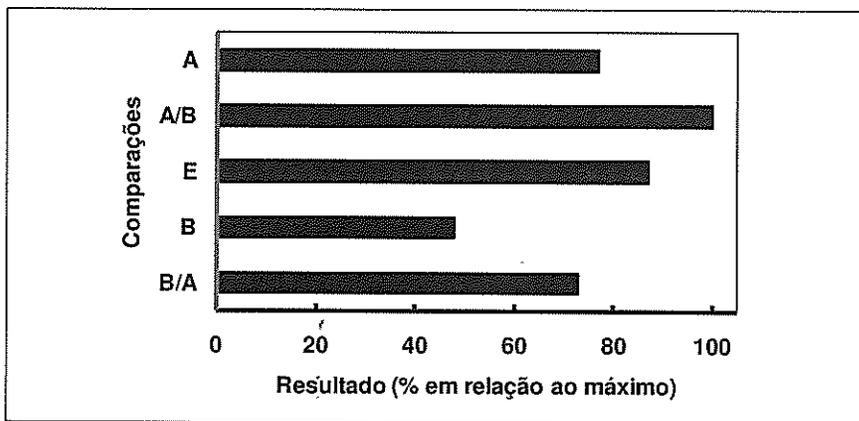


Figura 6.1 – Exemplo ilustrativo da comparação dos resultados do experimento de rotação de culturas com o valor E estimado pela fórmula de Limpel-Colby. Note que A/B deve ser comparada com a monocultura A e o valor E; e B/A deve ser comparada com a monocultura B e o valor E.

Para as situações onde três culturas estão envolvidas, poder-se-ia utilizar a Equação 6.2, adaptada de Colby (1967).

$$E = X+Y+Z-[(XY+XZ+YZ)/100]+[(XYZ)/10000] \quad \text{Equação 6.2,}$$

onde X, Y e Z representam a produtividade das monoculturas A, B e Z, respectivamente, expressos como valor percentual da produtividade máxima.

Para simplificar a Equação 6.2 e para reduzir o número de cálculos, Colby (1967) sugeriu expressar os valores de X como $X_1=100 - X$. De forma análoga, são determinados os valores de Y_1 e Z_1 . Assim, ao reescrever a Equação 6.2, ela fica da seguinte forma:

$$E_1 = (X_1Y_1Z_1) / 10000 \quad \text{Equação 6.3}$$

O resultado da Equação 6.3 expressa o valor esperado a ser comparado com os percentuais de produtividade das culturas em rotação, seguindo o mesmo raciocínio apresentado para as duas espécies ($E_1=100 - E$, para comparar com os valores percentuais originais).

Finalmente, é conveniente salientar que alguns daqueles métodos matemáticos para avaliar o efeito da consorciação de culturas (ver Capítulo 2) também podem ser utilizados para avaliar as rotações de culturas.

6.4 – Principais processos afetados pela rotação de culturas

As rotações de cultura afetam o nível de material orgânico presente no solo. O material orgânico apresenta uma variada gama de estágios de decomposição, que vão desde palha na superfície até a matéria orgânica do solo (MOS) (húmus e diversos colóides e ácidos orgânicos). A MOS armazena quase quatro vezes mais a quantidade de carbono (C) do que a encontrada em todos vegetais vivos (Aguilar et al. 2010). A MOS também contém todos nutrientes requeridos pelos organismos. Dentre os nutrientes, o nitrogênio (N) desempenha um papel chave no ecossistema, devido a sua limitada disponibilidade e a sua importância fundamental na composição de enzimas (que são os motores da bioquímica e da vida, pois catalisam todas as reações celulares).

Os ciclos do carbono e do nitrogênio no solo (Figura 6.2) controlam os níveis tróficos, principalmente pela interação/impacto das/nas comunidades microbianas. Finalmente, há um efeito de retro-controle das populações microbianas no desenvolvimento e na produtividade vegetal, pela melhoria (ou não) da qualidade do solo. Desta forma, o impacto da rotação de culturas nos ciclos do carbono e do nitrogênio provavelmente é a causa de todos os benefícios ou problemas que se pode observar nos agroecossistemas.

6.4.1 – Ciclo do carbono

A fotossíntese é a responsável pela incorporação de gás carbônico (CO_2) aos tecidos vegetais (Figura 6.2). Portanto, a fotossíntese é a base dos processos de entropia, onde moléculas mais simples são convertidas em moléculas mais complexas utilizando luz solar como fonte de energia. Na

agricultura, uma parte do material vegetal é removida na colheita e o restante permanece no solo como substrato ou alimento e como fonte de energia para os organismos dos demais níveis tróficos. A respiração dos vegetais, dos micro e dos macroorganismos é a responsável pela reciclagem de CO_2 atmosférico (Figura 6.2).

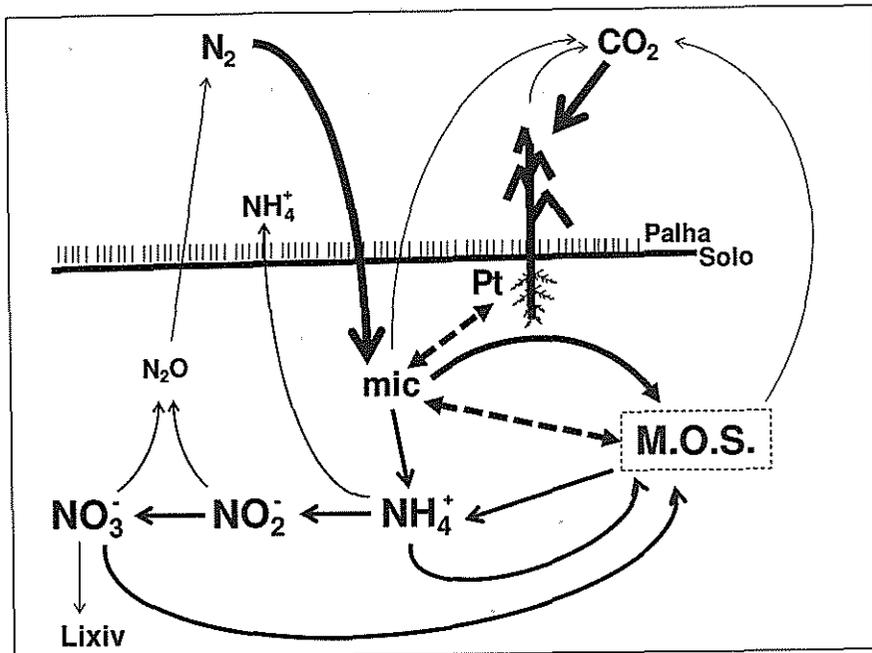


Figura 6.2 – Esquema simplificado dos ciclos do carbono e do nitrogênio. Pt = planta; mic = microorganismos; M.O.S. = matéria orgânica do solo; lixiv = lixiviação. As setas mais delgadas representam processos de perda; as setas mais espessas representam o processos de ganho de C e de N; as setas de espessura intermediária representam processos de transformação; e as setas pontilhadas indicam interações. Demais símbolos químicos estão explicados no texto. Adaptado de Paul & Clark, 1989. Desenho original de R.A. Vidal.

O teor de MOS varia com o tipo de vegetação, de solo, de clima, de ambiente, de drenagem e, principalmente, com a atividade e a diversidade dos microorganismos do solo. Em resumo, o teor de MOS é o resultado do balanço dos aportes de carbono (através do crescimento vegetal, dos tecidos vegetais mortos e dos exsudados radiculares) e das retiradas de C (pela decomposição e pela queima de resíduos ou pela erosão do solo).

Pesquisas recentes indicam que a exsudação de compostos carbônicos pelas raízes pode estimular a atividade microbiana e pode acelerar

a degradação da MOS (Bardgett, 2011). Assim, especula-se que o aquecimento global aliado ao elevado conteúdo de CO_2 deverão aumentar, num primeiro momento, a produtividade agrícola; mas, ao mesmo tempo, incrementarão a degradação da MOS, com consequências negativas posteriores (Davidson & Janssens, 2006). Mais importante, a rotação de culturas aliada à semeadura direta (plantio direto) tem o potencial de mitigar esse problema e de incrementar os níveis de MOS (Woodward et al., 2009; Bardgett, 2011).

Também foi desvendado um dos mecanismos envolvidos na elevação do conteúdo de MOS em solos sob agricultura (ver Capítulo 9.2.2). Todavia, resultados empíricos indicam que, em solo latossolo, em clima sub-temperado e manejado em plantio direto, há necessidade de que a rotação reponha anualmente o equivalente a 6 t/ha de material orgânico (palha), para que ocorram incrementos continuados do teor de MOS. Solos sob clima tropical necessitam de maior aporte de palha para aumento da MOS. Isso explica a necessidade da forrageira gramínea (*Urochloa* spp. ou a sinônimoia *Brachiaria* spp.) para o sucesso do sistema Santa Fé de rotação/consórcio de culturas, a exemplo de outros sistemas utilizados na região do Cerrado brasileiro (ver Capítulo 4).

6.4.2 – Ciclo do nitrogênio

O nitrogênio gasoso (N_2) é o gás mais abundante e ocupa 78% da atmosfera. Mas, nesta forma, ele não pode ser absorvido pelas plantas. Então, os aportes de nitrogênio para o solo provêm dos fertilizantes (uréia, nitrato, amônia, esterco, etc...) e da fixação biológica por microorganismos diazotróficos. A degradação de material orgânico por microorganismos decompositores disponibiliza N na solução do solo. Imobilização é o processo em que o N disponível no solo, principalmente na forma de nitrato ou amônia, é utilizado pelas plantas ou pelos microorganismos. Dessa forma, o N já não fica mais disponível na solução do solo. Porém, com a morte dos microorganismos, o N é eventualmente convertido em MOS. De fato, 99% do N no solo está armazenado como MOS. Assim, em cada 1% de MOS, há aproximadamente 1000 kg/ha de N.

Contudo, vale destacar que apenas uma pequena porção da MOS é mineralizada e fica disponível para as plantas. Mineralização é a produção de amônia (NH_4^+) a partir da degradação da MOS ou do material orgânico (Figura 6.2).

A amônia pode ser absorvida pelos vegetais ou pode ser oxidada a nitrito (NO_2^-) por alguns microorganismos (bactérias nitrificadoras). Posteriormente, nitrito é oxidado a nitrato (NO_3^-). Essas reações oxidativas são denominadas nitrificação, e as bactérias utilizam a energia liberada para seu metabolismo. Nitrato também é uma fonte de N para os vegetais (Figura 6.2).

As perdas de N do solo podem ocorrer por três processos. Primeiro, a denitrificação é a conversão de nitrito ou nitrato em óxido nitroso (N_2O) e em N atmosférico (N_2). Segundo, a perda por volatilização do amônio (NH_3), que ocorre principalmente sob elevadas temperaturas e pH básico. Finalmente, o terceiro processo de perda de N do solo é a lixiviação/erosão de nitrato junto com o movimento da água no solo (Figura 6.2). Aqui também merece destaque a importância das rotações de cultura, aliadas ao sistema de semeadura direta, para a minimização das perdas de N no solo.

6.4.2.1 – Impacto das bactérias no ciclo do N

As espécies bacterianas são muito diversas (ver Capítulo 9). Assim, a função exercida por certo grupo de bactérias é mais importante do que a exata determinação das espécies que colonizam um determinado solo. A nitrificação e a denitrificação estão entre as funções mais importantes no que diz respeito às funções das bactérias na mineralização da MOS.

6.4.2.1.a - Bactérias nitrificadoras e seus inibidores

As bactérias nitrificadoras são responsáveis pela oxidação de amônia até nitrato. Ambas as formas de nitrogênio são assimiláveis pelas plantas, mas ambas também podem ser perdidas do solo (amônia por volatilização, e nitrato por lixiviação/erosão).

As principais bactérias nitrificadoras são *Nitrosomonas* spp e *Nitrobacter* spp. Existem evidências de que determinadas espécies vegetais podem exsudar (liberar) ácidos orgânicos que inibem a atividade dessas bactérias nitrificadoras. Assim, rotações de culturas contendo estas espécies teriam elevado teor de amônia disponível para a assimilação pelas plantas e reduzida perda de N do solo por lixiviação (Subbarao et al., 2009a; Subbarao et al., 2012).

Por exemplo, as raízes da forrageira gramínea *Urochloa (Brachiaria) humidicola* exsuda o composto brachialactona, que inibe até 90% a atividade nitrificadora de *Nitrosomonas europaea* (Gopalakrishnan et al., 2009; Subbarao et al., 2009a). Curiosamente este inibidor natural da nitrificação apresenta propriedades muito superiores do que os inibidores sintéticos, pois atua em três enzimas diferentes (Subbarao et al., 2009a), o que reduz a probabilidade de seleção de bactérias nitrificadoras resistente ao mesmo. Outras espécies vegetais podem ser melhoradas geneticamente para aumentar a exudação de compostos inibidores da nitrificação, incluindo a cultura do arroz (Pariasca et al., 2010) e a do trigo (Subbarao et al., 2009b). Isso permitirá utilizar de cultivares em rotações de culturas para reduzir as perdas de N dos solos, para aumentar o teor de amônia disponível para a assimilação pelas plantas e, assim, aumentar a produtividade agrícola (Subbarao et al., 2009a; Subbarao et al., 2012).

6.4.2.1.b – Bactérias desnitrificantes

Bactérias desnitrificantes convertem nitrito ou nitrato em óxido nitroso e nitrogênio atmosférico, os quais são perdidos do solo para a atmosfera. Convém salientar que o óxido nitroso é um dos gases mais poderosos em causar o “efeito estufa”. Entre as principais bactérias que atuam nas reações de desnitrificação estão *Alcaligenes* spp., *Bacillus* spp. e *Pseudomonas* spp..

Desnitrificação ocorre principalmente quando o solo está saturado com água, pois as bactérias desnitrificantes são anaeróbicas (não utilizam oxigênio). O tipo de material vegetal (palha) influencia a atividade da comunidade bacteriana. Assim, a rotação de cultura tem papel fundamental na liberação de óxido nitroso. Por exemplo, resíduos vegetais com baixa relação C:N (como palha de leguminosas) favorecem a ação de bactérias desnitrificantes que liberam óxido nitroso. Mas, palha com elevada relação C:N (como a de gramíneas) beneficia a liberação de N_2 quando o solo está encharcado (Huang et al., 2004).

6.4.3 – Interações de organismos do solo com as plantas

O solo abriga diversas populações de organismos, os quais exercem diferentes funções (ver Capítulo 9). Algumas das funções desses organismos foram apresentadas brevemente nos itens anteriores desse Capítulo.

Outras comunidades de organismos possuem distintas funções positivas para a agricultura, tais como: a) a decomposição do material orgânico e a formação da matéria orgânica do solo; b) a fixação biológica de nitrogênio, responsável pela entrada de N no solo; c) a absorção de N e P pelas plantas micorrizas; e d) a capacidade promotora do crescimento vegetal proporcionada por determinadas bactérias. Os organismos que desempenham essas funções se relacionam com as plantas por outros tipos de interações que não o sinergismo. Portanto, o tipo de interação, as funções e uma breve descrição dos demais organismos serão apresentados no Capítulo 9.

6.4.4 - Eficiência do uso da água

A eficiência na utilização da água pela cultura (EUA_C) é a razão da produtividade de grãos por hectare (RG) pela evapotranspiração (EVT) ocorrida na área durante o ciclo da cultura, como representada na Equação 6.4.

$$EUA_C = RG / EVT$$

Equação 6.4,

Alternativamente, pode-se calcular a produtividade da água na produção de biomassa vegetal ao utilizar no numerador da Equação 6.4, o valor da massa seca/ha. Ao considerar que a EVT não está facilmente disponível, pode-se optar por analisar a eficiência da utilização da água aplicada (EUA_A), conforme a Equação 6.5.

$$EUA_A = RG / AUC$$

Equação 6.5,

onde, AUC representa a quantidade de água utilizada no campo. Muitos fatores afetam ambos indicadores da eficiência da utilização da água pelas culturas; porém, o objetivo deste texto não é explorar todos estes aspectos. Destaca-se aqui que um dos benefícios da rotação de culturas associada ao sistema de semeadura direta é a elevada eficiência na utilização da água pelos cultivos. Ou seja, para cada litro de água utilizado por uma cultura, maior é o rendimento de grãos quando numa rotação sinérgica, em comparação com aquele obtido em monocultura (ou rotação não sinérgica).

Por exemplo, em experimento realizado no estado americano do Colorado, para cada nível de água na cultura de trigo na rotação milho-pousio-trigo, o rendimento de grãos era 1000 kg/ha superior ao obtido pela cultura na rotação milho-pousio-trigo (Tabela 6.5). Essa região dos Estados Unidos apresenta clima quente e seco e a produção agrícola depende da irrigação das lavouras. Note-se que 300 mm de água utilizada na cultura de trigo possibilitam colher apenas 2937 kg/ha de grãos de trigo na rotação milho-pousio-trigo. Mas, a produtividade de grãos de trigo foi de 4023 kg/ha de grãos para a mesma quantidade de água, quando a rotação era milho-pousio-trigo. A eficiência de utilização da água aplicada foi de 9,8 e 13,4 kg/ha.mm, para a cultura de trigo nas respectivas rotações. Um estupendo incremento de 37% no EUA_A (e na produtividade da cultura), quando estava incluído na rotação de culturas (Tabela 6.5).

Resultados obtidos quando a cabeça da rotação era a cultura do milho, também obtidos no estado americano do Colorado, indicam que a cultura do milho na rotação também favoreceu a EUA_A (Tabela 6.5). De fato, a produtividade de grãos da cultura do milho incrementou-se em 15% quando o milho estava na rotação. Adicionalmente, a EUA_A do milho aumentou 12% quando a rotação incluía a cultura do milho (Tabela 6.5).

Experimento realizado no estado americano de Minnessota, em que se avaliou a rotação soja-milho comparada aos monocultivos de cada cultura, também aponta para 15-20% de incremento da produtividade de cada uma das culturas quando em rotação. Convém destacar que o estado de Minnessota fica localizado numa região fria e úmida dos Estados Unidos. Nesta condição ambiental, os mecanismos para beneficiar as duas culturas da rotação foram diferentes. Quando a cultura da soja antecedeu a do milho, as plantas de milho apresentaram elevado desenvolvimento da parte aérea e utilizaram mais água para aumentar a produtividade em relação à monocultura, de forma que a EUA_A não foi alterada (Crookston, 1995; Anderson, 2004).

Tabela 6.5 – Impacto de diferentes rotações de cultura e da água utilizada (mm) no rendimento de grãos (kg/ha) da cultura cabeça da rotação (assinaladas em negrito) e na eficiência no uso da água aplicada (EUA_A) (kg/ha.mm). Adaptado de Anderson 2002 e 2004. Ver texto para local e condições.

| Rotação de culturas | Rendimento da cabeça da rotação | Água utilizada | EUA_A |
|-------------------------------|---------------------------------|----------------|---------|
| | Trigo | | |
| Milho – Pousio – Trigo | 4023 | 300 | 13,4 |
| Milho – Pousio – Trigo | 2937 | 300 | 9,8 |
| | Milho | | |
| Trigo – Milho – Milho | 2320 | 250 | 9,3 |
| Trigo – Milho | 2020 | 270 | 7,5 |

As plantas de soja, porém, apresentaram maior EUA_A quando a cultura antecessora era o milho, em comparação com a monocultura. Isso ocorreu porque as plantas de soja, nas áreas sob rotação de culturas, não tiveram alteração do crescimento e utilizaram o mesmo volume de água do que sob monocultura. Assim, a melhor produtividade da soja sob rotação em relação à monocultura advém da melhor EUA_A (Crookston, 1995; Anderson, 2004).

6.4.5 – Considerações finais sobre os principais processos afetados pela rotação de culturas

A correta rotação de culturas, principalmente quando realizada no sistema de plantio direto, tem a capacidade de incrementar o teor de MOS e de efetivamente estabelecer toda uma complexa teia alimentar. As espécies de organismos que se interagem com o substrato produzem uma gama de compostos com diversas funções no agroecossistema. Apresentou-se aqui apenas o resumo de algumas das possíveis causas dos resultados positivos da rotação de culturas.

Pode-se concluir que o conjunto cultura-substrato-microorganismos forma um complexo sistema de espécies interdependentes. Cabe à ciência identificar, selecionar e potencializar as rotações de culturas que favoreçam a interação deste complexo de espécies, de forma que seja elevada a produtividade da agricultura.

6.5 – Tendências futuras

No planeta são praticados vários sistemas de agricultura (Capítulo 1) que sofreram alterações ao longo do tempo. As tecnologias, as infra-estruturas e o conhecimento disponíveis em cada momento foram os principais responsáveis por essa dinâmica (Taiz, 2013). Com o decorrer do tempo também estão sendo alteradas as expectativas da sociedade para a agricultura, passando de simples produção de alimentos, de energia e de fibra,

para missões adicionais como: sequestração de carbono (e redução do efeito estufa); o incremento da biodiversidade do planeta, a filtração da água, etc. Esta demanda de serviços da agricultura requer que novos sistemas de produção sejam desenvolvidos a partir dos fundamentos das ciências básicas e das práticas agrícolas existentes (Doré et al., 2011).

É bom recordar que até o início do século XX a agricultura, de uma forma geral, era uma atividade simples, em que se aplicavam poucos insumos. Entre os anos 50 e 70 do século passado, o modelo produtivo, a nível global, sofreu uma forte alteração (ver Capítulo 12). Nesse período, houve a introdução de variedades mais produtivas, com uma maior homogeneidade genética e que respondem positivamente ao aporte de fatores de produção, nomeadamente ao nível de fertilizantes, água e pesticidas. Todavia, para evitar o impacto ecológico e ambiental negativo desse sistema de produção, há necessidade da interação positiva entre plantas relatadas neste livro, aliada à práticas conservacionistas, principalmente o sistema de sementeira direta (plântio direto), entre outros.

Convém salientar que a **segurança alimentar** é a condição onde “todas as pessoas, em qualquer período, têm disponibilidade física e econômica de obter **alimentos nutritivos e saudáveis** em quantidade considerada suficiente para garantir a sobrevivência do indivíduo”. Em resumo, segurança alimentar envolve disponibilidade, acesso, utilização e estabilidade (FAO, 2011). Para elevado percentual da população dos países em desenvolvimento há um problema de acesso aos alimentos, pois a quota das despesas com a alimentação representa a fatia principal no total do orçamento doméstico. Com isso, atualmente há quase 900 milhões de pessoas subnutridas (ver Capítulo 12).

Paradoxalmente, em muitas sociedades urbanizadas, o percentual de renda familiar despendido na alimentação não ultrapassa os 20%, o que favorece, em parte, o desperdício de alimentos, que pode ser distinguido sob dois aspectos. Por um lado, há mais de 500 milhões de indivíduos obesos. Por outro lado, há o desperdício propriamente dito, em que o alimento produzido não é utilizado para consumo humano ou animal e é descartado. Estima-se que, mundialmente, quase dois (2) bilhões de toneladas de alimentos são descartados, gerando imenso impacto ambiental. O desperdício de alimentos pode ocorrer no campo (durante a colheita e o armazenamento), na distribuição (durante o processamento e a comercialização), ou com o consumidor (Gustavsson et al., 2011). De fato, em sociedades mais urbanizadas e industrializadas (leste da Ásia, América do norte, Oceania, Europa), cada consumidor desperdiça entre 80 e 110 kg de alimentos por ano (Figura 6.3). Em contraste, nos países menos desenvolvidos (América do sul, África, oeste e sul da Ásia), cada consumidor desperdiça entre 5 e 35 kg de alimentos por ano (Figura 6.3). Estes dados indicam que ainda há que se investir muito no processo educativo (talvez com tarifas) das pessoas, para

que compreendam a dificuldade de produzir e distribuir alimentos e que os alimentos provêm de recursos finitos do planeta.

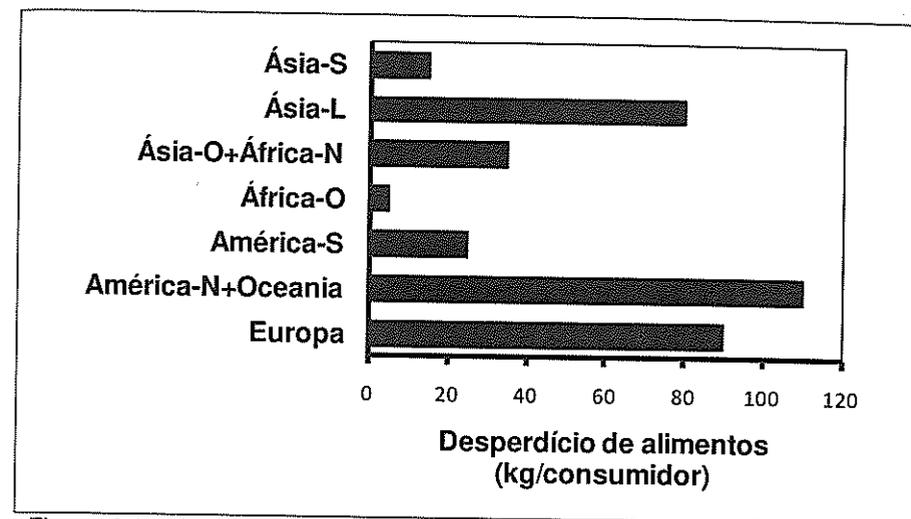


Figura 6.3 – Desperdício de alimentos pelos consumidores, na média anual por pessoa, conforme o local do mundo. N=norte, S=sul, L=leste, O=oeste. Adaptado de Gustavsson et al., 2011.

Existe, também, previsão de mudanças no sistema de produção dos alimentos. Por exemplo, na Europa se propõe a intensificação sustentada da agricultura (ISA) e, no Brasil, a Política Nacional de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (IPLF) (ver Capítulo 4). A ISA e a IPLF implicam em aumento da produtividade da agricultura numa determinada área, aumento da eficiência dos insumos utilizados, redução dos impactos negativos dos mesmos, elevada eficiência do uso dos recursos naturais e melhoria no fluxo de serviços ambientais prestados pela agricultura (Godfrayet et al., 2010; Doré et al., 2011; Fôresight, 2011; Moraes et al., 2012).

Quando bem planejados, os sistemas de produção agrícola que conservam os seus serviços ambientais terão resultados tão bons ou melhores do que os sistemas de monocultura intensiva (Badgley et al. 2007; Pretty, 2006; FAO, 2011). Entre os serviços ambientais destacam-se as práticas culturais; as culturas de coberturas; a rotação de culturas; a agricultura conservacionista (plântio direto); as mata ciliares; os quebra-ventos, entre outros.

A adoção destas tecnologias implica alteração das políticas aplicadas ao sector agrícola ao nível de cada país e no conjunto das nações. Ou seja, não basta apenas o conhecimento científico, os recursos tecnológicos e a boa

vontade dos agricultores. **Haverá a necessidade de políticas e apoio financeiro da sociedade.** Isto só será possível com o reconhecimento pela sociedade, em geral, da importância da agricultura, pecuária (e floresta) e, em particular, destes modelos de produção (ISA; ILPF), que visam simultaneamente aumentar a produção de alimentos, conservar os recursos naturais, a salvaguardar a biodiversidade e a viabilidade dos ecossistemas.

A reforma da Política Agrícola Comum (PAC) da UE, que irá entrar em vigor em 2014, incorpora os princípios enunciados para a adoção da ISA. Em termos práticos, o que a PAC fará é **condicionar que os agricultores só terão acesso aos subsídios financeiros** quando adotarem medidas consideradas benéficas do ponto de vista ambiental, da sustentabilidade dos recursos, em particular do solo e da água e, ao mesmo tempo, que garantirem que os alimentos sejam seguros. Estas medidas representarão cerca de 30% do orçamento anual da PAC, que ronda os 150 bilhões de reais (Santos, 2013). Entre as medidas condicionadoras, encontra-se a diversificação das culturas. Assim, explorações com mais de dez hectares para poderem ter acesso ao subsídio por hectare, deverão cumprir com alguns compromissos, como ter várias culturas e manter uma área de interesse ecológico (para garantir a biodiversidade) (Santos, 2013). No Brasil, essa mesma tendência está sendo desenvolvida com a criação da Política Nacional ILPF (ver Capítulo 4).

Sabe-se que quem escolhe as espécies vegetais para cultivar, em última análise, é sempre o agricultor. Este condiciona a sua escolha conforme os preços que são praticados no mercado. Sabendo-se que os preços dos produtos sofrem grande volatilidade, o agricultor terá tendência a fazer a(s) cultura(s) que seja(m) mais rentável(eis) naquele momento. Assim, é de prever que as rotações que implicam uma sequência fixa de culturas nas folhas da exploração (parcelas do terreno) apenas tenham lugar, tal como hoje, em explorações multifuncionais, onde a pecuária tem um grande peso. Nestas propriedades, as espécies forrageiras são importantes e deverão estar conjugadas com outras culturas, sejam elas: oleaginosas, cereais para grãos, ou outras.

Acreditamos que a valorização da agricultura nas sociedades urbanizadas e com elevado bem estar econômico necessitará de investimento educativo e cultural. Assim, fomentar-se-á a consciência de que os recursos do planeta são finitos e escassos e que deverão ser utilizados com sabedoria. De fato, não basta a produção dos alimentos de forma racional, eficiente e sustentável. O consumidor também deverá ser orientado (ou disciplinado) a ter um comportamento adequado, respeitoso com o ambiente e com a sociedade em geral, evitando o desperdício dos alimentos arduamente produzidos.