

Nº 31, Dezembro/2000, p.1-13

## **SISTEMA PLANTIO DIRETO: fundamentos conservacionistas e ecofisiológicos**

Odo Primavesi<sup>1</sup>

O sistema plantio direto (SPD) é uma prática boa? Serve para qualquer região do país? São perguntas que necessitam maiores esclarecimentos. Com a demanda por sustentabilidade da atividade agrícola, qualidade ambiental e competitividade no mercado globalizado, surgem os seguintes questionamentos: quais são os fatores limitantes para a produtividade de baixo custo e a qualidade de produtos vegetais, e quais são as causas do estado atual da degradação dos solos e do ambiente, em condições tropicais?

Considerando que os pacotes de “softwares” genéticos (as sementes) sejam excelentes para “rodar” em determinado ambiente, os elementos ambientais necessários para produzir as plantas e para permitir as colheitas, e que devem subsidiar as práticas agrícolas a serem empregadas, são (Tabela 1):

- 1- energia, com destaque para a solar, como sugerem os dados da Figura 1d, com especial atenção para a radiação vermelha ao nível de dossel (folhas), e térmica ao nível de dossel e raízes, de acordo com dados da Figura 1c,
- 2- ar, com destaque para o oxigênio ao nível de raízes, conforme sugerem os dados na Figura 1c, e o gás carbônico ao nível de dossel,
- 3- água, constituindo a umidade relativa ao nível de dossel e a água no solo,
- 4- nutrientes minerais (especialmente ao nível de sementes e raízes; eventualmente ao nível de dossel de plantas bem estabelecidas; estando aqui incluídas as associações com microrganismos),

Eng.Agr., pesquisador, Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, 13560-970, São Carlos, SP, Enderço eletrônico: <[odo@cppse.embrapa.br](mailto:odo@cppse.embrapa.br)>

Tabela 1. Necessidade geral das plantas por parte do ambiente.

| <b>Recurso</b>               | <b>Tipo</b>             | <b>Local</b>         | <b>Obs:</b>              |
|------------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------|
| Energia                      | Radiante                | dossel, <b>solo</b>  | folhas; sementes, gemas  |
|                              | Térmica                 | ar, <b>solo</b>      | parte aérea; raízes      |
| Ar                           | Gravitacional           |                      | dossel; raízes           |
|                              | CO <sub>2</sub>         | ar                   | folhas                   |
| Água                         | O <sub>2</sub>          | <b>solo</b>          | raízes                   |
|                              | H <sub>2</sub> O        | ar                   | umidade relativa         |
| Minerais                     |                         | <b>solo</b>          | raízes                   |
|                              | N,S,P,K,Ca,Mg           | <b>solo</b> ; foliar | raízes; folhas           |
| Substâncias orgânicas        | Zn,Cu,Fe,Mn,B,Mo,etc.   | <b>solo</b> ; foliar | raízes; folhas           |
|                              | Ác.húmico, antibióticos | <b>solo</b> ; foliar | raízes; folhas           |
| Liberdade de desenvolvimento | AA, hormônios,etc.      |                      |                          |
|                              | Física                  | <b>solo</b> ; dossel | compactação, ventos      |
|                              | Química                 | <b>solo</b> ; dossel | acidez, Al, Cd, Hg, etc. |
|                              | Biológica               | <b>solo</b> ; dossel | patógenos, parasitas     |

Obs: a disponibilidade destes itens varia em termos de: Intensidade, Proporção e Distribuição.

- 5- moléculas orgânicas diversificadas (especialmente ao nível de sementes e raízes; como as substâncias húmicas, conforme exemplificado em Tabela 2, reguladores de crescimento, antibióticos, enzimas, aminoácidos, açúcares e outras; considerando-se a associação com microrganismos e a presença de plantas “companheiras”, que também podem gerar essas moléculas),
- 6- ausência de impedimento físico (encrostamentos, camadas compactadas ou adensadas, encharcamento, sombra intensa, ventos constantes, etc.), químico (alumínio tóxico) e biológico (patógenos e parasitas) ao desenvolvimento de raízes e dossel.

Tabela 2. Produção máxima de matéria seca com diferentes níveis de ácido húmico.

| Cultura | Humato sódico  |   |        |        |
|---------|----------------|---|--------|--------|
|         | 4              | 6 | 12     | 24     |
|         | -----mg/L----- |   |        |        |
| Alface  | máxima         | - | -      | -      |
| Nabo    | -              | - | máxima | -      |
| Trigo   | máxima         | - | -      | -      |
| Milho   | -              | - | -      | máxima |

Fonte: Hernando et al. (1969).

Verifica-se que o solo permeável e seu manejo com vegetais diversificados permite o controle e a disponibilidade da maioria (Tabela 1) destes elementos ambientais, em especial da água residente disponível.

Considerando a suficiência de energia radiante nos trópicos, em certos casos gerando até excesso de energia térmica, e sabendo que a temperatura do solo adequada para as raízes não deve ultrapassar os 33°C (Figura 1c), na camada superficial, deparamos com o maior limitador de produtividade: a água residente disponível, lembrando a Lei de Liebig, que vincula a produtividade máxima ao elemento nutricional em deficiência mais intensa. A temperatura do solo é reduzida pela cobertura morta, conforme mostram os dados da Figura 2, o que possibilita à planta retirar água do solo retida a elevadas pressões negativas, mesmo no ponto de murcha permanente, como sugerem os dados da Tabela 3. A água é apontada como a maior responsável pela grande variabilidade temporal e também espacial da produção das culturas econômicas, o que é igualmente verificado nos trabalhos que procuram estabelecer critérios técnicos para a agricultura de precisão. E aqui entra um fato que deve ser lembrado: nos sistemas de produção, a irrigação deveria ser a prática agrícola a ser utilizada com máxima eficiência somente após acionar todas as outras práticas de conservação e aproveitamento racional da água pelas plantas, a fim de resultarem em sistemas de produção de baixo custo, sustentáveis e competitivos. Sem essa preocupação, a irrigação poderá tornar-se antieconômica.

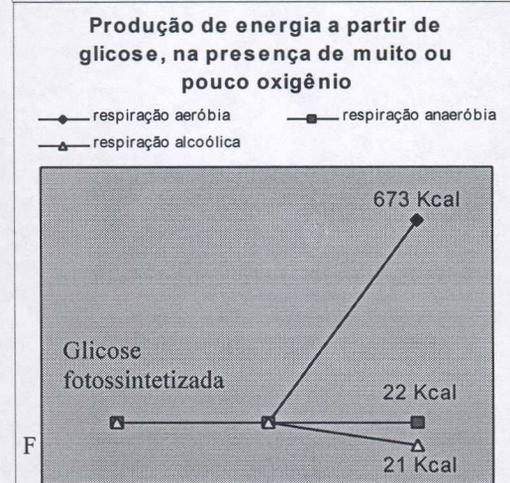
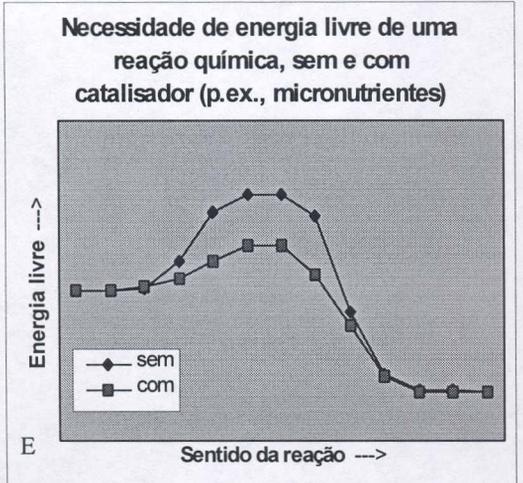
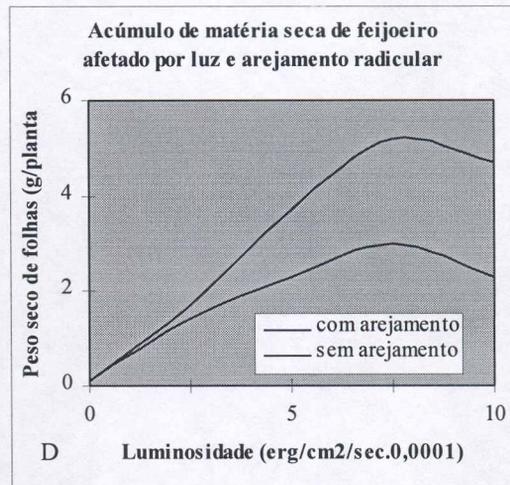
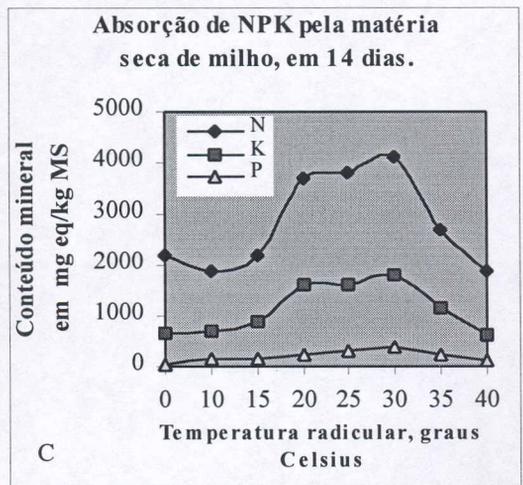
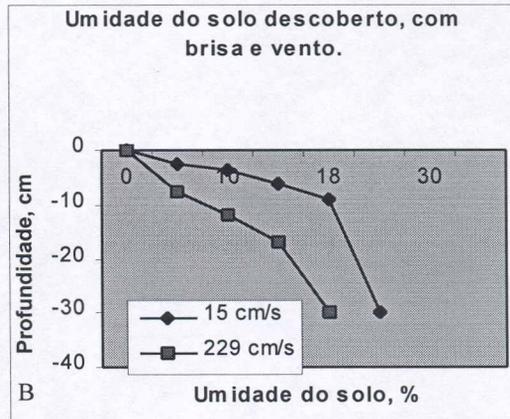
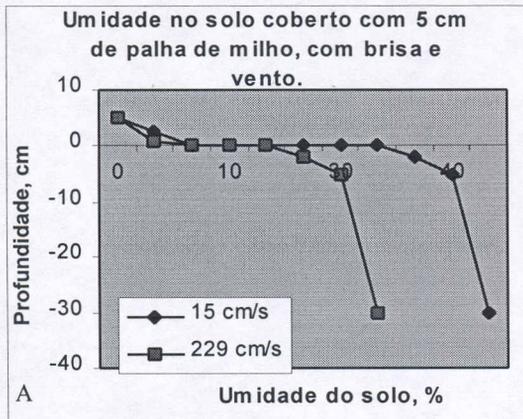


Figura 1. Características ambientais que afetam a produção vegetal. Fontes: Benoit & Kirkham (1963; 1a,b), Grobbelaar (1963, em Arnon, 1975; 1c), Brower (1963, em Hook & Crawford, 1978; 1d), Lehninger (1976; 1e).

Tabela 3. Efeito de diferentes tensões de umidade do solo, com e sem cobertura morta, na produção de alho.

| Tensão de umidade<br>(em atmosferas) | -----Produção (em kg/ha)----- |                     | Diferença %  |
|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------|
|                                      | sem cobertura morta           | com cobertura morta |              |
| 0,5                                  | 11.909                        | 14.556              | 22,2         |
| 1,0                                  | 10.029                        | 13.973              | 39,3         |
| 2,0                                  | 8.181                         | 9.872               | 20,7         |
| 15,0                                 | 3.255                         | 7.483               | <b>129,9</b> |
| Redução para, em %                   | <b>27,3</b>                   | <b>51,4</b>         |              |

Obs: 15 atmosferas = ponto de murcha permanente. Fonte: Leopoldo & Conceição (1975).

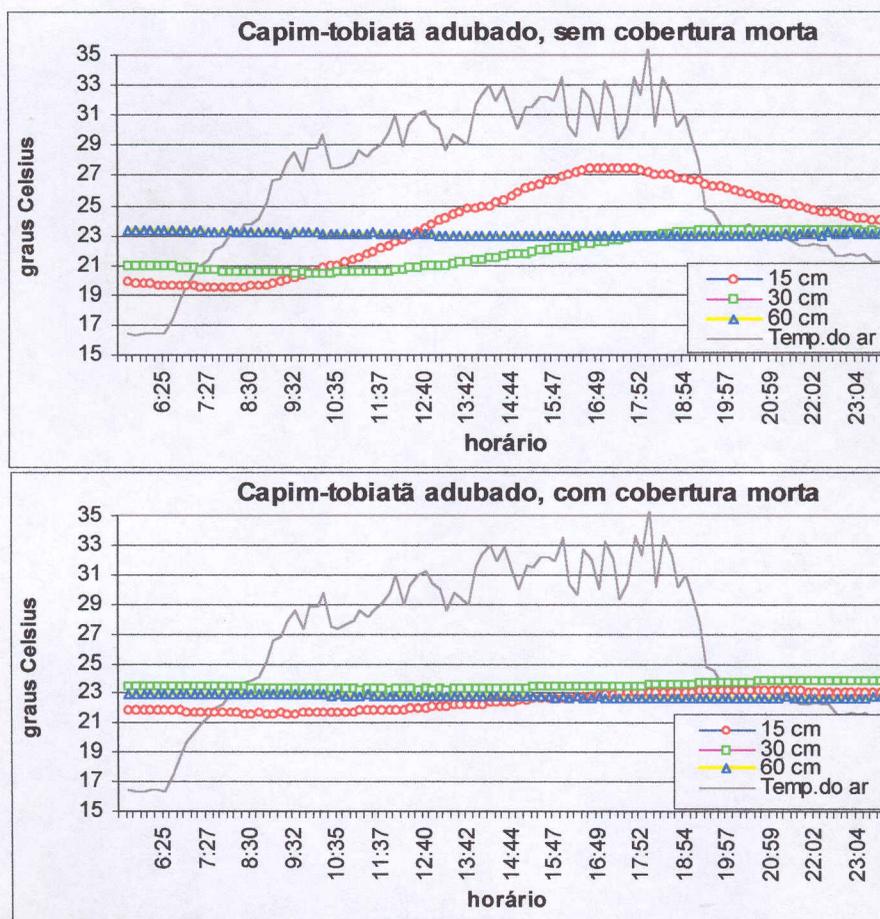


Figura 2. Variação da temperatura em três profundidades de Latossolo Vermelho-Amarelo, na fazenda Canchim, ocupado por vegetação de capim-tobiatã (*Panicum maximum*), com diferentes graus de cobertura de solo, em 20/11/1997. Fonte: André Torres (1997; Embrapa Instrumentação Agropecuária; não publicado).

Estas práticas são:

- A) Reduzir perdas, por meio de manutenção de cobertura permanente do solo, via reposição contínua de vegetação ou restos culturais abundantes:
- 1) estabelecendo quebra-ventos arbustivos e arbóreos, pois brisas e ventos podem carrear até o equivalente a 700 mm água/ano, além de afetar as plantas mecanicamente, conforme mostram os dados da Tabela 4;
  - 2) aumentando a capacidade de retenção de água pelo solo, por meio do aumento do retorno de material orgânico ao solo, como cobertura morta, conforme mostrado em Tabela 5 e Figuras 1a e 1b;
  - 3) aumentando a capacidade de armazenamento de água no ecossistema pela biomassa da vegetação permanente estrategicamente localizada, como as reservas legais, as matas ciliares, bosques, etc., conforme esquematizado na Figura 3;
  - 4) estabelecendo barreiras mecânicas de escoamento superficial, tais como curvas de nível, terraços, barragens, bacias de captação de água na margem das estradas, etc.
- B) Melhorar a reposição dos lençóis freáticos, por meio da manutenção da permeabilidade do solo, possibilitado por:
- 1) densa e permanente cobertura vegetal do solo, como esquematizado na Figura 3;
  - 2) diversificação de culturas, por meio de consórcio, rotação, intercalação, culturas em faixa, etc., conforme esquematizado na Figura 3;
  - 3) retorno de material orgânico, de preferência mais persistente, ainda não biologicamente estabilizado à superfície do solo, na quantidade mínima de 6 t/ha/ano.

Comunicado Técnico – Embrapa Pecuária Sudeste, 31 dez/2000, p. 7-13

Tabela 4. Efeito do vento (3,5 m/s) e umidade do solo sobre o desenvolvimento de *Robinia pseudoacacia*.

| Características        | -----Umidade do solo----- |      |                 |            | Redução de<br>80-40 umidade<br>sem-com vento<br>% |
|------------------------|---------------------------|------|-----------------|------------|---|
|                        | -----80%-----             |      | -----40%-----   |            |   |
|                        | -----vento-----           |      | -----vento----- |            |   |
|                        | sem                       | com  | sem             | com        |   |
| Peso parte aérea, em g | <b>688</b>                | 368  | 358             | <b>118</b> | 83  |
| Peso raízes, em g      | <b>111</b>                | 69   | 67              | <b>23</b>  | 79  |
| Altura, em cm          | <b>25,8</b>               | 14,4 | 15,6            | <b>4,3</b> | 83  |

Fonte: Satoo (1948; em Grace, 1977).

Tabela 5. Relação de perdas de solo e água, por meio de chuvas simuladas, em Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, com 10% de declividade, em diversos tipos de preparo de solo.

| Tipo de preparo         | -----Perdas----- |             | -----Valor relativo----- |             |
|-------------------------|------------------|-------------|--------------------------|-------------|
|                         | Solo<br>(kg/ha)  | Água<br>(%) | Solo<br>(%)              | Água<br>(%) |
| <b>Sem movimentar +</b> |                  |             |                          |             |
| cobertura morta         | 808              | 10,0        | 22                       | 105         |
| Aração                  | 1.999            | 4,0         | 53                       | 42          |
| Aração + 2 gradagens    | 3.746            | 9,5         | 100                      | 100         |
| 2 gradagens             | 4.294            | 6,0         | 115                      | 63          |
| 4 gradagens             | 5.913            | 5,0         | 158                      | 53          |
| <b>Sem movimentar</b>   | 15.118           | 46,0        | 404                      | 483         |
| Aração + 4 gradagens    | 16.041           | 10,5        | 428                      | 10          |

Fonte: Biscaia (1978).

C) Aumentar a eficiência de aproveitamento da água pelas plantas:

- 1) permitindo que suas raízes atinjam maior profundidade, com a introdução de cálcio em profundidade, por meio do uso de calcário e de fontes nitrogenadas sintéticas ou orgânicas, ou do suprimento da cultura com boro, etc.;

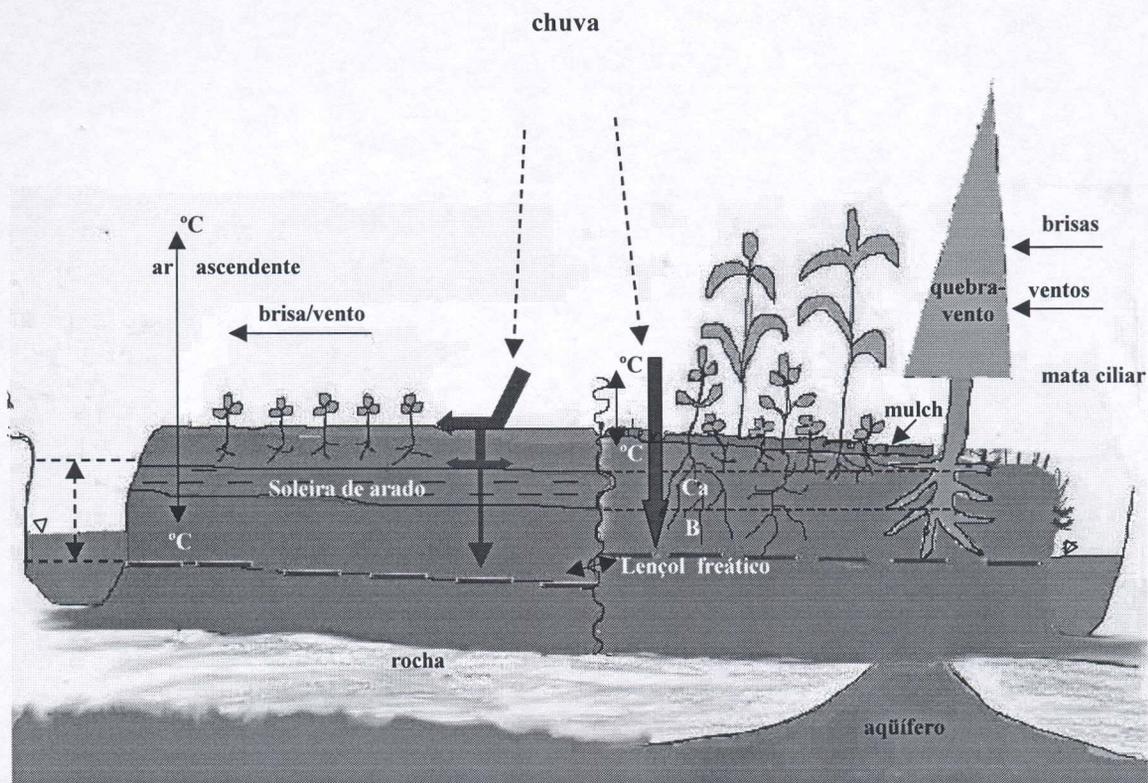


Figura 3 - Ambiente agrícola atual e desejável.

- 2) evitando que suas raízes superficiais não sofram temperatura de solo acima de 33°C, quando praticamente cessa a absorção de água e nutrientes, utilizando cobertura viva e/ou morta, como sugerem os dados da Tabela 3 e Figura 1c;
- 3) selecionando variedades mais adequadas para as condições ambientais criadas, pois ocorrem diferenças na temperatura e na umidade do solo, ao nível de colo das plantas, entre o plantio convencional e o SPD;
- 4) nutrindo-as mais adequadamente, se possível de acordo com as exigências varietais das espécies comerciais, podendo assim gerar mais matéria seca por litro de água transpirada, devido ao seu metabolismo mais eficiente no uso de água, em especial em regiões com restrição de água disponível.

- D) Proteger a superfície do solo contra aquecimento exagerado, alcançada pela produção de biomassa abundante, sendo que a adubação mineral e/ou orgânica exerce papel importante, conforme sugerem os dados na Tabela 3 e Figura 1c.
- E) Aumentar a entrada de água pluvial no sistema de produção, o que poderia ser alcançado com o estabelecimento de bosques estrategicamente localizados, aproveitando as reservas legais e as matas ciliares. Estes bosques agiriam como termostatos ambientais, pois podem reduzir a temperatura ambiental em até 9°C, por meio da transpiração de água subsuperficial e subterrânea, a qual as culturas anuais normalmente não alcançam, para a atmosfera, permitindo assim reduzir a demanda evapotranspirativa das culturas anuais, com a elevação da umidade relativa do ar, bem como permitiriam a descarga mais fácil de água das nuvens (chuvas convectivas mais leves e freqüentes). Estes bosques poderiam também fornecer sombra para o gado ou para a própria cultura principal (quando necessário). Realizado isso, certamente a necessidade da irrigação será minimizada, pois aumenta-se a produção de água residente disponível e o uso eficiente pelas plantas, bem como serão reduzidas suas perdas, o que favorecerá sobremaneira o produtor rural frente à legislação florestal (Lei nº 4.771 de 1965, alterada pela Lei nº 8.171 de 1991), de proteção, produção e qualidade dos recursos hídricos (Lei nº 9.433 de 1997) e de conservação dos solos e de sua fertilidade (Lei nº 6.255 de 1975 e Decreto nº 77.775 de 1976).

Com o estímulo à produção de biomassa, garantido com energia solar, água e nutrientes minerais, entra a necessidade de se garantir o aporte suficiente de oxigênio ao sistema radicular, como sugerido pela Figura 1d, para que possam ocorrer os processos de respiração, em que ocorre a liberação de energia química, como ilustrado na Figura 1f, aos processos vitais da planta e seus associados, p.ex., as bactérias simbióticas, de forma eficiente; além de evitar que o material orgânico enterrado no solo produza substâncias tóxicas às plantas, como gás metano, ácidos, álcoois, etc., como representado na Figura 4, em sua decomposição anaeróbica, que ocorre em solo encharcado, encrostado ou compactado.

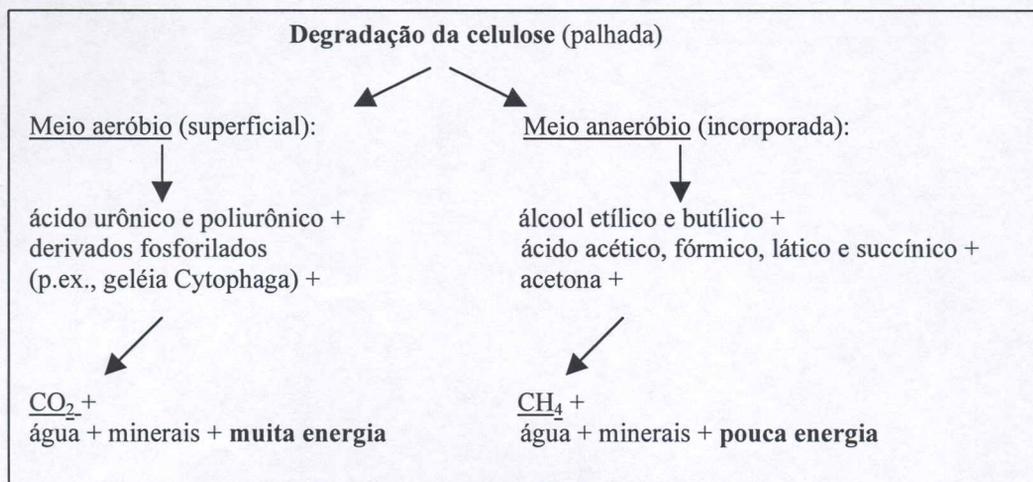


Figura 4. O oxigênio do solo e os produtos de degradação da celulose. Fonte: adaptado de Reese (1968).

A respiração das plantas e portanto o aumento no gasto de reservas de energia fotossintetizada e de oxigênio é ampliada, em consequência de 1) aumentos na condutividade elétrica no solo (salinidade), resultantes do aporte intenso de fertilizantes, especialmente em áreas em que a evaporação é maior do que a precipitação pluvial ou a lixiviação, 2) aquecimento do solo, 3) brisas e ventos constantes, 4) aplicação de insumos agrícolas sobre o dossel (agrotóxicos), 5) danos físicos por implementos agrícolas ou herbivoria (ataque de parasitas e patógenos; ou pastejo animal), 6) estímulo nutricional intenso ao desenvolvimento (adubação pesada) e 7) outros estresses. Com a menor disponibilidade de oxigênio, resultante da maior densidade do solo (compactação e/ou adensamento), encrostamento ou encharcamento, a glicose fotossintetizada chega a fornecer somente 1/30 (22 Kcal) das calorias geradas na presença de oxigênio (673 Kcal).

Quando considerarmos que na falta de micronutrientes, muitos dos quais constituintes de enzimas catalizadoras ou otimizadoras de reações de síntese e catálise, o consumo de energia é muito maior, conforme ilustra a Figura 1e, entende-se porque em nossa agricultura, em média, são explorados somente 18 a 22% do potencial genético de produção de nossos materiais genéticos (sementes) comerciais, de acordo com dados por nós compilados, comparando a média de produtividade das regiões Sul e Sudeste e o máximo potencial de produção obtido em campos

## Comunicado Técnico – Embrapa Pecuária Sudeste, 31 dez/2000, p. 11-13

experimentais ou de competição regional de produtividade! Pouco adianta colocar mais insumos químicos ou água de irrigação! Em muitos casos pode até piorar, muitas vezes denegrindo a imagem de excelentes produtos e tecnologias, quando aplicados sobre plantas subdesenvolvidas por causa de sérias restrições impostas pelo solo degradado ou mal manejado, ou o microclima seriamente danificado e alterado (mais quente, seco e varrido por brisas e ventos).

Em regiões tropicais, em relação à temperatura e à umidade do solo, observa-se que muitas das práticas necessárias para atender a fisiologia das plantas, em especial daquelas com metabolismo fotossintético C<sub>3</sub>, mas também das C<sub>4</sub>, exigem biomassa abundante acima (dossel vegetal diversificado, cobertura viva, espécies e variedades adaptadas), sobre (resíduos vegetais, cobertura morta, "mulch", serapilheira) e na camada superficial (atividade radicular diversificada) do solo. Portanto, o tripé **ÁGUA-SOLO-VEGETAÇÃO PERMANENTE** é inseparável para a agricultura tropical sustentável. Acabando com a vegetação permanente, logo se acaba com o solo ("nascendo" pedras nos terrenos mais inclinados), pois este fica exposto à ação das chuvas tropicais, mais intensas sobre solos desnudos e quentes, e com o desaparecimento de ambos também desaparece a água residente disponível, elemento vital para a vida.

O SPD é um conjunto de atividades que poderá viabilizar estas demandas conservacionistas e ecofisiológicas da agricultura tropical. Mas, será que o SPD, como atualmente colocado, considera todos estes elementos ambientais, não somente máquinas especiais, herbicidas e seleção de culturas a serem rotacionadas? Ele foi desenvolvido na região Sul, sob efeito de clima subtropical a temperado, em que a distribuição de chuvas é melhor, o que permite o desenvolvimento de biomassa vegetal ao longo do ano todo e maior persistência da cobertura morta, vital para qualquer SPD bem sucedido. Mas, necessita ser adaptado e enriquecido para as regiões com longos períodos secos, como no Sudeste e no Centro-Oeste e no Nordeste, bem como nas regiões com terras localizadas acima de 700 m, onde brisas e ventos podem ser intensos carreadores de água, aumentando as demandas evapotranspirativas.

Na região Norte úmida, a manutenção do componente florestal, no mínimo em 50% a 75%, é vital para amenizar o impacto das chuvas torrenciais e abundantes,

normalmente geradas em até 50% por um ciclo hidrológico local, a partir de água residente, que lamentavelmente desaparece com o desmatamento.

Na região tropical o COMPONENTE FLORESTAL bem como a maior diversidade vegetal deverão certamente fazer parte do sucesso do SPD, e da agricultura tropical. Como? Devem ser reavaliadas as condições oferecidas para as culturas e o que deve ser realizado para amenizar extremos ambientais. A partir daí, poderão ser montados pacotes regionais para SPDs de altas produtividades. Certamente o pacote para a região tropical é muito mais complexo do que para a região Sul, mas, é realizável, sustentável e competitivo no mercado globalizado. Assim, terá condições de se expandir mais rapidamente, ampliando o conceito do SPD, confirmando o Brasil como o país com o maior projeto de conservação e preservação ambiental realizado nos trópicos, em termos de extensão em agroecossistemas, se agregarmos as atividades de preservação dos ecossistemas naturais.

E qual o peso dos herbicidas, das máquinas, da agricultura de precisão? Estes terão muito maior efeito e maior retorno econômico quando as premissas ecofisiológicas das culturas forem atendidas; nunca o contrário!

### Referências bibliográficas

ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Berna: Intern.Potash Inst., 1975. 452p.

BENOIT, G. R.,; KIRKHAM, D. The effect of soilsurface conditions on evaporation of soil water. **Soil Science Society Proceeding**, v.27 n.5, p.495-498, 1963.

BISCAIA, R.C.M. Perdas de solo em diferentes tipos de preparo para a sucessão trigo-soja, sob chuvas naturais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA DE CONSERVAÇÃO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo : Embrapa Trigo, 1978. p.237-246.

GRACE, J. **Plant response to wind**. London: Academic Press, 1977. 204p.

HERNANDO, F.V., SANCHEZ, C. P., ORTEGA, B. C. Acción del ácido húmico sobre la planta de maiz cultivada en solución nutritiva equilibrada, de concentración superior a la normal. **Ann.Edaf.y.Agrobiol.**, Madrid, v.28, n.11-12, p. 835-846, 1969.

Comunicado Técnico – Embrapa Pecuária Sudeste, 31 dez/2000, p. 13-13

HOOK, D. D., CRAWFORD, R. M. M. **Plant life in anaerobic environments**. Ann Arbor Science, USA, 1978. 342p.

LEHNINGER, A.L. **Bioquímica**: Componentes moleculares das células. São Paulo: Edgard Bluecher, 1976. 129p.

LEOPOLDO, P.R., CONCEIÇÃO, F.A.D. Efeitos de diferentes tensões de umidade do solo, com e sem cobertura morta, na produção de alho (*Allium sativum* cv. Lavina). **Revista Olericultura**, v.15, p.441, 1975.

REESE, E.T. Microbial transformation of soil polysaccharides. **Scientia Varia**, v.32, p. 654-699, 1968.

**GOVERNO  
FEDERAL**

Apoio:

**SEBRAE**  
**SP**  
Agência São Carlos

**TORTUGA**

**sansuy**

**ParqTec**  
SÃO CARLOS  
FUNDAÇÃO PARQUE DE ALTA TECNOLOGIA