

MANEJO DO SOLO E PLANTAS VISANDO À ECONOMIA DE ÁGUA NA AGRICULTURA E A MINIMIZAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Elmar Luiz Floss¹

1 Introdução

As freqüentes estiagens no Sul do Brasil, de diferentes intensidades dependendo do ano e da região, preocupam a todos aqueles envolvidos com o agronegócio, pois a chuva é a principal fonte de água para as culturas.

A região Sul do Brasil caracteriza-se pela instabilidade climática, determinando a alternância de períodos com disponibilidade adequada de água, de deficiência e de excessos. A maior freqüência de deficiência hídrica ocorre no período de verão, afetando as culturas mais importantes quanto a área cultivada e produção, como soja e milho. Segundo Metcalfe e Elkins (1987), o rendimento se relaciona mais a precipitação temporária do que com a anual. Sempre que o regime pluviométrico não atender as exigências das culturas, pode ser utilizada a irrigação para suprir a deficiência de água.

A água é o fator ambiental mais importante para o desenvolvimento das plantas, sendo a sua disponibilidade relacionada às culturas fortemente influenciado pelas condições do ambiente, como o solo e o ar atmosférico.

As plantas são constituídas basicamente de água, variando o seu conteúdo de 70 a 90 % da massa verde, dependendo do estágio de desenvolvimento, da espécie vegetal, do tipo de tecido e das condições ambientais (solo e clima). A água é indispensável à planta para diversas funções: a) como solvente e meio para reações bioquímicas (síntese e degradação); b) no transporte de solutos orgânicos (fotoassimilados) no floema e solutos inorgânicos (água + nutrientes) no xilema; c) na manutenção da turgescência de células; d) na hidratação e neutralização de cargas de moléculas coloidais; e) como matéria-prima para fotossíntese, processos hidrolíticos e outras reações bioquímicas na planta; e, f) resfriamento de superfícies da planta através da transpiração.

A água é absorvida pelas raízes a partir da solução do solo e transportada passivamente para a parte aérea através do fluxo de massa no xilema (movimento apoplástico). Mais de 90% desta água absorvida é perdida pela planta através da transpiração que ocorre nas folhas, principalmente, através dos estômatos.

O rendimento das culturas depende da intensidade da fotossíntese, mediante a absorção do gás carbônico da atmosfera através dos estômatos e da água absorvida pelas raízes. No entanto, sempre que o potencial de água no ar atmosférico for menor do que o potencial de água na câmara sub-estomática da folha haverá perda de água. A redução da disponibilidade de água no solo ou a intensidade excessiva da transpiração são as causas da deficiência hídrica nas plantas.

Para evitar danos por déficit hídrico na parte aérea há a absorção permanente de água a partir do solo. Por esta razão, é de fundamental importância o manejo adequado dos solos para promovendo aumento da disponibilidade de água para as culturas.

Considera-se como um manejo adequado do solo quando resulta na melhoria da estrutura física, química e biológica do solo, aumentando a eficiência de absorção de água e nutrientes pelas culturas.

Além do manejo do solo visando o aumento da eficiência de uso de água pelas culturas, devem ser escolhidas culturas ou cultivares com maior tolerância ao déficit hídrico.

¹ Engenheiro agrônomo e Licenciado em Ciências, Doutor, Professor titular da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, RS, Caixa Postal: 271, CEP:99070-970, E.mail: floss@upf.br

2 Manejo do solo e economia de água

Um solo bem manejado é aquele em que ocorre uma maior infiltração da água da chuva e menor escoamento, que além da perda de água representa a perda de solo e nutrientes por erosão. Para aumentar a infiltração é necessário que haja menor velocidade de escoamento da mesma e a não compactação do solo (superficial ou sub-superficial). A melhoria dessa condição física do solo depende basicamente da utilização adequada das máquinas agrícolas e da cobertura vegetal do solo.

2.1 Cuidado de máquinas

O movimento de máquinas, especialmente em condições de umidade elevada dos solos é a principal causa, hoje observada da compactação dos solos.

De outro lado, as mobilizações excessivas do solo, no sistema de cultivo convencional, foi as principais responsáveis pela desestruturação do solo, responsável pelo aumento da densidade, que implica na redução da macroporosidade e microporosidade. Um solo bem estruturado deve apresentar aproximadamente 50% de seu volume constituído pelos poros.

Os macroporos tem a função de armazenar ar no solo, indispensável ao metabolismo das raízes, cuja eficiência depende da disponibilidade de oxigênio. Os microporos são responsáveis pela retenção da água disponível às plantas.

Com a utilização do sistema de semeadura direta (SSD), as mobilizações do solo são realizadas somente no leito de semeadura, representando um extraordinário avanço na melhoria do ambiente solo.

2.2 Pisoteio de animais

Na região é crescente a implantação de sistemas de produção nas propriedades agrícolas da integração da lavoura com a pecuária, especialmente a leiteira. Objetiva-se, principalmente, a utilização dos solos no inverno, com o cultivo de forrageiras, ocupando parte das enormes áreas que ficam em pousio nessa época do ano. No verão, estas mesmas áreas são integralmente cultivadas com as culturas da soja, milho, sorgo e outras.

Um inadequado manejo do pastejo é um dos fatores determinante do aumento da compactação do solo. Isto deve-se, principalmente, devido a utilização do sistema de pastejo contínuo ao invés do rotacionado. No contínuo há maior caminamento do animal, gerando maior compactação superficial.

Outro aspecto negativo é a colocação dos animais na lavoura quando os solos estão muito úmidos.

Quando as forrageiras são colhidas na forma de feno ou silagem, os solos ficam descobertos, gerando uma compactação superficial devido ao impacto direto da gota de chuva. Para minimizar esses efeitos negativos, deve haver um rodízio das áreas destinadas a ensilagem e a fenação, preferencialmente, ocupando apenas 20% da área com essa finalidade.

Finalmente, a estabilidade do SSD necessita que os animais sejam retirados com uma antecedência mínima de 3 semanas para que haja o rebrote das plantas forrageiras. Desta forma, além da produção de biomassa (mínimo de 1,5 a 2 t.ha⁻¹), visando a cobertura do solo, a renovação do crescimento radicular reduz a compactação superficial causado pelo pisoteio animal.

2.3 Cobertura do solo

Os resíduos de culturas (restevras) não devem ser confundidos com a matéria orgânica estabilizada (Favarin & Fancelli, 1987). Segundo estes autores, citando Drosdoff (1975), a resteva pode atuar no solo das seguintes formas: a) como cobertura protetora da superfície, impedindo a deterioração de sua estrutura resultante dos efeitos das chuvas; b) como proteção contra as mudanças bruscas de temperatura na superfície; c) como fornecedora e reguladora das necessidades de substâncias nutritivas.

A cobertura dos solos pelas plantas verdes ou pelos resíduos após o manejo, protege o solo contra a ação direta da chuva sobre a superfície, evitando a desagregação das partículas de solo e a

formação de uma camada superficial compactada, permitindo que maior quantidade de água infiltre, reduzindo a enxurrada e a erosão. Por essa razão, a sustentabilidade do sistema de semeadura direta é dependente de palhadas resistentes a decomposição, como de cereais como o milho, trigo, aveia, dentre outras.

Quando o sistema de semeadura direta já está estabilizado, especialmente, quanto ao controle da erosão e a melhoria das propriedades físicas dos solos, a prioridade de manejo passa ser a eficiência na nutrição das culturas. Significa a adoção de um sistema de rotação de culturas, em que as gramíneas sejam antecedidas por leguminosas. Por exemplo, a cultura antecessora do milho deve ser preferencialmente uma leguminosa como a ervilhaca comum, ervilhaca peluda, ervilha forrageira, serradela, chicharo, cornichão, trevos e outras. A escolha da leguminosa depende da sua adaptabilidade às condições de clima de cada região, da fertilidade do solo e da disponibilidade e custo da semente.

Pelas mesmas razões, em sistemas de SSD estabilizados, os cereais de inverno (trigo, cevada, aveia, triticale e centeio) devem ser cultivados preferencialmente depois da soja.

Estimas-se que nas condições de clima da região, a estabilização do SSD necessita uma produção média de 9 a 12 toneladas por há/ano de biomassa seca (Ruedel, 1997). Além da quantidade de biomassa é de fundamental importância a natureza dessa biomassa. Estudos experimentais tem demonstrado que a velocidade de degradação da biomassa vegetal depende principalmente da relação C/N. Conforme Igue et al. (1984), quando a relação C/N é superior a 24 a decomposição é lenta e quando é menor que 24, é rápida.

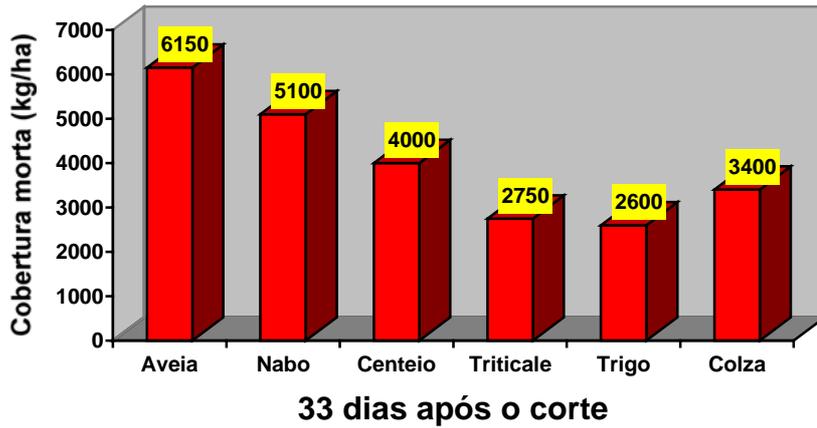
As palhadas de gramíneas caracterizam-se por apresentar uma larga relação C/N, portanto de lenta decomposição. Por esta razão, a palha de gramíneas tem maior importância como condicionadoras da estrutura física dos solos. Já a biomassa vegetal de leguminosas, apresenta relação C/N estreita, de rápida decomposição, sendo sua importância maior na reciclagem de nutrientes e a adição de nitrogênio nos sistema como resultado da fixação biológica do mesmo.

A relação C/N das culturas aumenta com o estágio de desenvolvimento. Na aveia a relação C/N pode variar de 17-20 no estágio vegetativo, 41-50 na floração plena e superior a 70 na colheita. Mesmo entre gramíneas há diferença na relação C/N para as diversas espécies, o que explica as diferentes velocidades de decomposição das mesmas. As leguminosas apresentam uma relação C/N menor que 30, o que significa uma rápida decomposição e a liberação deste N para o milho cultivado em sucessão.

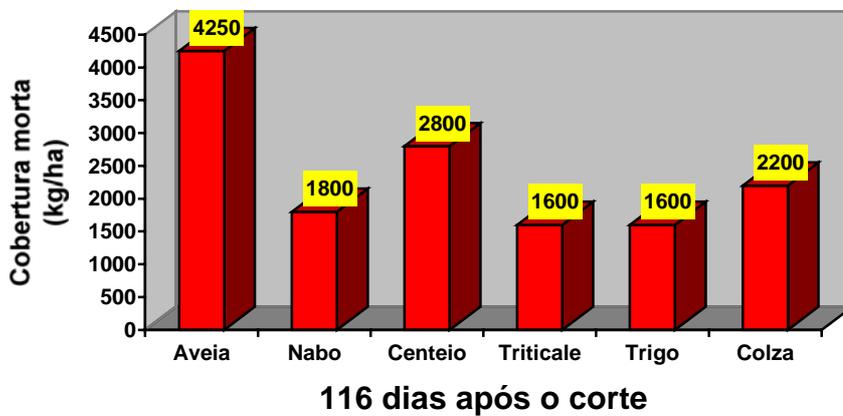
Após a colheita, Almeida et al. (1985), demonstraram que ocorrem variações da relação C/N das coberturas mortas, durante a decomposição (Figura 1). Segundo o autor, esta diferença de comportamento deve-se à facilidade dos microrganismos em digerir glicídios e a dificuldade de decompor a lignina e outros compostos complexos. Nos materiais mais lignificados os microrganismos atacam mais rapidamente os tecidos ricos em nitrogênio, reduzindo o teor deste elemento, enquanto que o teor de carbono é pouco modificado. Em consequência, a relação C/N aumenta e só se reduz quando finalmente a lignina e compostos relacionados (fenóis) começam a ser decompostos.

Com a cobertura do solo, também diminui a intensidade de radiação solar que incide sobre o mesmo e em consequência, diminui a temperatura do solo. As menores amplitudes de variação térmica em solos protegidos por cobertura vegetal, se traduzem por menor evaporação e maior conteúdo de água, favorecendo o aproveitamento mais eficiente dos nutrientes disponíveis pelas culturas sucessoras (Muzzili, 1986), beneficiando também as culturas quando sujeitas a curtas estiagens.

a)



b)



c)

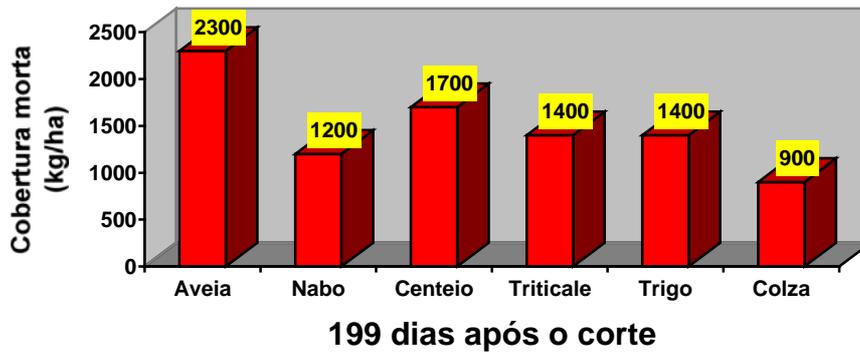


Figura 1 - Velocidade de decomposição das coberturas mortas, representada pela perda de peso ao longo dos tempos 33 (a), 116 (b) e 199 (c) dias após o corte (Almeida, 1985).

3 Estrutura física do solo e disponibilidade de água

A formação de agregados melhora a estrutura do solo, reduz a densidade e como conseqüência promove o aumento da porosidade e o conseqüente aumento da aeração e dos teores de água. A diminuição do volume de escoamento de água, é responsável também pela redução das perdas de solo e água por erosão.

Outro efeito da cobertura do solo é a diminuição do impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, diminuindo a erosão hídrica. Wunsche & Denardin (1978) verificaram grande eficiência no controle da erosão pela manutenção da palha na lavoura, pois ocorreu uma redução nas perdas do solo preparado, convencionalmente da ordem de 5 toneladas de solo por hectare/ano apenas pela incorporação da palha. Quando a palha foi conservada na superfície do solo, esta redução foi de 7 toneladas/ha/ano.

O aumento da disponibilidade de palhas na superfície do solo, tem efeitos evidentes sobre a formação de agregados. A formação e estabilização de agregados no solo, melhorando as condições de aeração e infiltração de água, é uma das funções importantes da matéria orgânica. Os compostos húmicos tem a propriedade de formar complexos com as argilas, possibilitando a formação de agregados. Diversos estudos realizados, demonstram que os microrganismos exercem papel importante neste processo pela produção de substâncias mucilaginosas (polissacarídios) que promovem a maior aderência entre partículas (Igue, 1984).

A estabilidade dos agregados depende das condições e tipo de material orgânico utilizado, atividade microbiana, processo de umedecimento e secagem do solo, tipo de cultivo, pH do solo, temperatura e outros. As gramíneas, devido a relação C/N mais larga, tem sido indicadas como mais eficazes na formação de agregados, pela ação direta das raízes. A superfície total de contato é relativamente grande, provocando mudanças constantes na zona da rizosfera.

Materiais orgânicos com relação C/N estreita (é o caso das leguminosas) tem um efeito relativamente curto sobre a estabilidade dos agregados do solo, ocorrendo, praticamente, apenas enquanto dura a decomposição do material incorporado (Muzzili, 1986). Biomassas com relação C/N mais ampla (gramíneas) permitirão maior efeito agregante, devido a decomposição mais lenta e formação de compostos intermediários, sendo assim, uma alternativa eficiente de aumento do teor de MO no solo (Muzilli, 1986).

Pesquisas realizadas por Sidiras e Roth (1984), mostraram que o menor escoamento superficial (13,7% do escoamento sob pousio) e, conseqüentemente, a maior taxa de infiltração foi medida sob cobertura de biomassa de aveia-preta, onde 89% do solo estava coberto com resíduos vegetais (Figura 2).

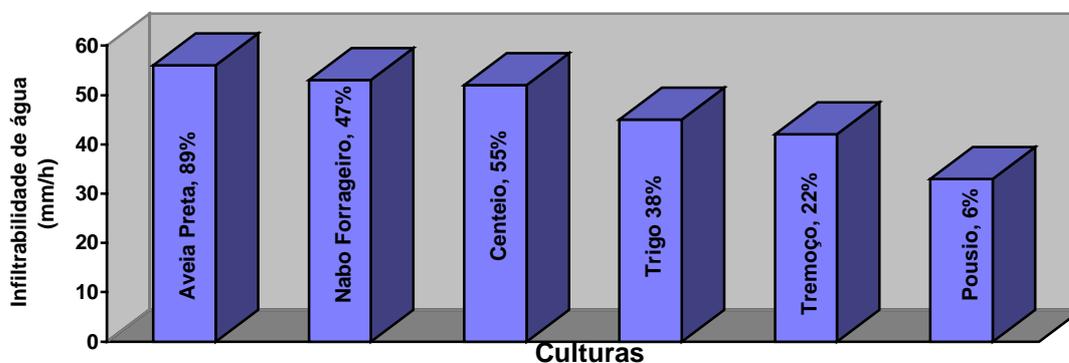


Figura 2 - Efeitos das coberturas mortas de algumas culturas de inverno na infiltrabilidade da água, determinada pelo método da chuva simulada (60mm/h), após 6h de chuva (Sidiras & Roth, 1984).

Derpsch (1985), em Latossolo Roxo distrófico, demonstrou que a elevada capacidade de cobertura morta de aveia-preta na manutenção da umidade do solo e a redução das perdas de água durante o verão. Nesse trabalho foi verificado que a elevada oscilação térmica na camada superficial do solo, ocorrida principalmente em área sem cobertura morta pode ser amenizada com a cobertura morta de aveia preta. Esse aspecto é importante em função dos efeitos marcantes que a temperatura do solo exerce na atividade biológica, na germinação de sementes, no crescimento radical e na absorção de nutrientes (Walker, 1969, Hatfield & Egli, 1974, apud Derpsch et al., 1991) e água.

Trabalhos conduzidos por Derpsch, 1985, em Latossolo Roxo distrófico, demonstraram que a elevada capacidade da cobertura morta de aveia-preta na manutenção da umidade do solo reduz as perdas de água durante o verão. Nesse trabalho foi verificado que a elevada oscilação térmica na camada superficial do solo, ocorrida principalmente em área sem cobertura morta pode ser amenizada com a cobertura morta de aveia preta. Pela Figura 3, verifica-se que nas horas mais quentes do dia, a temperatura do solo descoberto, a 3 cm de profundidade, atingiu mais de 45° C, enquanto onde havia cobertura morta de aveia-preta, a temperatura não ultrapassou os 30° C.

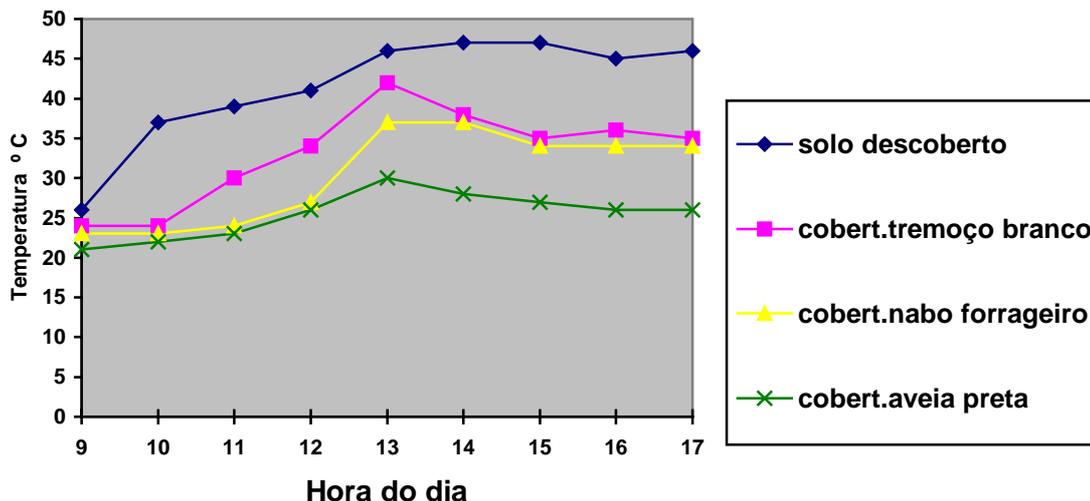


Figura 3 - Variação da temperatura do solo a 3 cm de profundidade sob vários tipos de cobertura (Derpsch et al., 1985).

A maior ou menor oscilação térmica do solo afeta o desenvolvimento das culturas. A presença do material orgânico no solo é determinante na atividade dos microrganismos, bem como no seu montante populacional, uma vez que a matéria orgânica é, antes de mais nada, fonte de energia para os organismos do solo (Derpsch et al., 1991). Não há dúvidas de com menor volume de cobertura, maiores serão as oscilações de temperatura e umidade no solo (Voss & Sidiras, 1984).

4 Manejo de plantas e economia de água

4.1 Eficiência do uso da água pelas culturas

A eficiência do uso de água (EUA), é por definição, "a relação entre o rendimento econômico das culturas sobre o total de água evapo-transpirada (ET)" (Eastin e Sullivan 1984; Gardner et al., 1985).

$$\text{EUA} = \frac{\text{Rendimento}}{\text{Evapo-transpiração}}$$

O resultado pode ser expresso em g de matéria seca produzida/kg de água, ou kgMS/ha.mm-1 de água. Em trabalho realizado por Tannez e Beevers (1990), apud Mohr e Schopfer (1995), foi verificado que uma planta jovem de milho, em cultivo hidropônico, absorveu cerca de 4 L de água em 4 semanas. Menos de 10% desta água foi retida na planta, tanto a água dos vacúolos, simplasto e paredes celulares ou foi consumida na fotossíntese ou metabolismo intermediário. O restante foi perdida na forma líquida (gutação) e como vapor de água (transpiração).

O requerimento de água (RA) pela cultura pode ser expresso pela quantidade de água evaporada e o rendimento ou total de matéria seca produzida (Gardner et al., 1985).

$$\text{RA} = \frac{\text{Evapotranspiração}}{\text{Produção de MS}}$$

Tabela 1 - Eficiência do uso de água (g MS/kgH₂O) para espécies C3 e C4 (adaptado de Gardner et al., 1985)

Espécies	Liliopsidas	Magnoliopsidas
	----- g . kg ⁻¹ -----	
C3	1,49	1,59
C4	3,14	3,44

Outra forma de determinar a eficiência de utilização da água pelas culturas é expressá-la pela relação entre a absorção líquida de CO₂ sobre a unidade de água transpirada. Normalmente, as plantas C₄ (milho, sorgo, cana-de-açúcar, colônia, etc), apresentam uma eficiência de utilização de água superior às plantas C₃ (aveia, trigo, algodão, etc) (Eastin e Sullivan, 1984; Gardner et al., 1985).

Há inúmeros programas de melhoramento de plantas, visando aumentar a eficiência quanto a utilização de água pelas mesmas (Metcalf e Elkins, 1987). Na Tabela 2 é apresentado o requerimento de água para algumas culturas de interesse agrícola. Observa-se que as plantas com mecanismo fotossintético tipo C₄ (ex. milho e sorgo) apresentam uma necessidade de água significativamente inferior em relação às plantas tipo C₃ (ex. soja, trigo, etc.).

Para regiões de maior risco por estiagens, devem ser escolhidos cultivares com maior sistema radicular. Culturas com maior volume de raízes em contato com o volume de solo, bem como raízes mais profundas toleram melhor pequenos veranicos.

Tabela 2 - Necessidade de água para as culturas (mm/ciclo), segundo Briggs e Shantz, apud Metcalfe, 1987

Culturas	Necessidade de água (mm/ciclo)
Plantas tipo C4	
Linho	905
Alfafa	831
Trevos	797
Chicharo	788
Feijão	736
Centeio	685
Batata	636
Aveia	597
Cevada	534
Trigo	513
Plantas tipo C4	
Milho	368
Sorgo	322

4.2 Práticas culturais

a) Diversificação de culturas/cultivares

Considerando as diferenças genéticas existentes entre culturas e cultivares dentro da mesma espécie, os riscos por fatores climáticos podem ser minimizados mediante a diversificação de culturas, bem como de cultivares de cada espécie.

b) Diversificação de épocas de semeadura

A partir das informações meteorológicas existentes, estudar os períodos de maior probabilidade de estiagens na região. Quanto maior a série histórica disponível mais precisa torna-se a informação. A ênfase deve ser dada a determinação da probabilidade de estiagem em relação a época de floração das culturas (Dourado Neto & Fancelli, 2000). Assim, diversificar as épocas de semeadura, implantando a maior área na época de menor probabilidade de estiagem.

c) Armazenamento de água da chuva

Considerando a alternância de períodos de abundante e deficiente precipitação, deve-se incrementar a açudagem, armazenando maior quantidade de água na propriedade, para fins de irrigação. A construção de açudes deve ser precedida de estudo técnico a atender a legislação ambiental em vigor.

Referências bibliográficas

- ALMEIDA, F. S. de. Influência da cobertura morta do plantio direto na biologia do solo. In: **ATUALIZAÇÃO EM PLANTIO DIRETO**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 102-44.
- ALMEIDA, F.S.de; OLIVEIRA, V.F.;RODRIGUES, B.N. Influência da cobertura morta na intensidade e composição do complexo florístico que se desenvolve nas culturas de verão. In: **Resultados de pesquisa da área de herbologia: safra 1983-84**. Londrina: IAPAR, 1985. p.8-32.
- DERPSCH, R. Rotação de culturas: plantio direto e convencional. Londrina: IAPAR/Ciba-Geigy, 1984. s.p.
- DERPSCH, R. **Guia de plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1985. 96p (IAPAR, Documentos, 9).
- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, M.; KÖPKE, V. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista**. Eschborn, 1991 (IAPAR, GTZ), p.117 - 164.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. Estratégias para redução do efeito do estresse hídrico na cultura do milho. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DO MILHO, 2000. **Resumo de palestras**. Passo Fundo: Aldeia Norte editora, 2000. p. 72-85.
- EASTIN, J.D.; SULLIVAN, C.Y. Environmental stress influences on plant, persistence, physiology and production. In: **Physiological basis of crop growth and development**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1984. p. 201-236.
- FAVARIN, J.L.; FANCELLI, A.L. Alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas de solos cultivados. In: ENCONTRO PAULISTA DE PLANTIO DIRETO, I. Piracicaba, FEALQ, 04 a 07 de agosto de 1987. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1987. p.21-31.
- GARDNER, F.L.; PEARCE, R.B.; MITCHEL, R.L. **Physiology of crop plants**. Ames: Iowa State University Press, 1985. 327p.
- IGUE, K. **Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.232-67.
- IGUE, K.; ALCOVER, M.; DERPSCH, R.; PAVAN, M.A ; MELLA, S.C.; MEDEIROSS, G.B. **Adubação orgânica**. Londrina: IAPAR, 1984. 33p. (IAPAR. Circular 59).
- METCALFE, D.S.; ELKINS, D.M. **Uso del agua los cultivos**. In: *Produccion de cosechas: fundamentos y prácticos*. México: Editorial Limusa, 1987. p. 171-188.
- MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. The suply and use of water. In: **An introduction to crop physiology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. p. 34-58.
- MOHR, H. & SCHOPFER, P. *Plant physiology*. New York: Springer – Verlag, 1995. 629 p.
- MUZILLI, O. **A adubação verde como alternativa para a melhoria da fertilidade do solo e racionalização do uso de fertilizantes**. Londrina: IAPAR, 1986. 14p. (IAPAR. Circular, 68).
- VOSS, M; SIDIRAS, N. **O plantio diretor e a nodulação de soja**. In: PLANTIO DIRETO (Jornal). Ponta Grossa: Embrapa/Cooperativa Central de Laticínios do Paraná Ltda., 1993. p.5.
- WUNSCH, W. A.; DENARDIN, J. E. Erodibilidade de latossolo escuro alíco (unidade de mapeamento Passo Fundo). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2. Passo Fundo, 1987. **Anais**. Passo Fundo, Embrapa/CNPT, 1978. p. 26.